

Effizienzhaus Plus
Begleitforschung und Querauswertung von Modellvorhaben
(Phase 3)

Abschlussbericht Teil 1: Wohngebäude

Forschungsprogramm

Zukunft Bau, ein Forschungsprogramm des
Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat

Projektlaufzeit

13. Juli 2015 bis 30. Juni 2020

Aktenzeichen

10.08.17.7-15.44

im Auftrag

des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im
Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)

bearbeitet von

Hans Erhorn, Antje Bergmann, Heike Erhorn-Kluttig, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

Forschung, Entwicklung,
Demonstration und Beratung auf
den Gebieten der Bauphysik

Zulassung neuer Baustoffe,
Bauteile und Bauarten

Bauaufsichtlich anerkannte Stelle für
Prüfung, Überwachung und Zertifizierung

Institutsleitung

Prof. Dr. Philip Leistner

Prof. Dr. Klaus Peter Sedlbauer

IBP-Bericht WB 209/2020

Effizienzhaus Plus – Begleitforschung und Querauswertung von Modellvorhaben (Phase 3) Abschlussbericht Teil 1: Wohngebäude


Auszugsweise Veröffentlichung nur mit
schriftlicher Genehmigung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik gestattet.

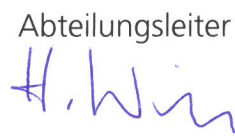
Durchgeführt im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-,
Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für
Bauwesen und Raumordnung (BBR)

Der Bericht umfasst
79 Seiten Text
6 Tabellen
53 Abbildungen

Hans Erhorn
Antje Bergmann
Heike Erhorn-Kluttig

Stuttgart, 16. September 2020

Institutsleiter

Univ.-Prof. Dr.-Ing.
Philip Leistner

Abteilungsleiter

Dr.
Harald Will

Projektleiterin

Dipl.-Ing.
Heike Erhorn-Kluttig

Inhalt

1	Kurzfassung	3
2	Summary	5
3	Hintergrund und Aufgabenstellung	7
4	Definition und Bewertungsmethode	10
4.1	Rechenhilfe	11
4.2	Leitfaden für das Monitoring	13
5	Querauswertung	16
5.1	Eingesetzte Technologien	19
5.2	Ergebnisse des Monitorings	27
5.3	Validierung des Effizienzhaus Plus Ansatzes	49
5.4	Stromlastprofile von Effizienzhäusern Plus	54
5.5	Warmwassernutzwärme von Effizienzhäusern Plus	58
5.6	CO ₂ -Minderungspotentiale von Effizienzhäusern Plus	59
5.7	Anlagenperformance	61
5.8	Problemstellungen während des Monitorings	68
5.9	Kosten und Wirtschaftlichkeit	69
5.10	Potentiale und Empfehlungen	71
6	Quartier	73
7	Öffentlichkeitsarbeit, Ergebnisverbreitung und Verwertung	74
8	Zusammenfassung und Ausblick	76
9	Literaturverzeichnis	79
	Anhänge	80

1 Kurzfassung

Das Bundesbauministerium hat im Jahr 2011 eine Förderinitiative mit einem Förderprogramm für Modellhäuser aufgelegt, die den »Effizienzhaus Plus-Standard« erfüllen. Mit diesem Programm wurden Bauherren unterstützt, die Gebäude errichteten, die über das Jahr bilanziert selbst mehr Energie aus erneuerbaren Energiequellen produzieren als sie für ihren Betrieb benötigen. Die Gebäude wurden nach der Fertigstellung in einer 24-monatigen Messphase einzeln evaluiert und gemeinsam in einer vergleichenden Darstellung quer ausgewertet.

Die Initiative des Bundes startete, wie Bild 1 zeigt, mit der Errichtung eines Pilotgebäudes in Berlin und der Initialisierung eines Netzwerkes. Im Laufe der folgenden Jahre wurden bundesweit 37 Modellvorhaben im Wohnungsbau, von denen bereits 30 Projekte in einer früheren Projektphase das Monitoring abgeschlossen haben, errichtet. Darüber hinaus wurden sowohl ein Wohngebäudequartier mit 19 untereinander vernetzten Einfamilienhäusern als auch 7 Bildungsbauten im Effizienzhaus Plus-Standard während der Projektlaufzeit initiiert. In der in diesem Bericht dokumentierten dritten Projektphase werden die Erkenntnisse von sieben bisher messtechnisch noch nicht abgeschlossenen Wohngebäudeprojekten ergänzt und die Querauswertung vervollständigt. Hierbei handelt es sich vorrangig um Mehrfamilienhäuser, die sowohl als Neubauten als auch als Bestandssanierungen realisiert wurden. Die Ergebnisse der Begleitforschung zu den sieben Bildungsgebäuden werden in einem zweiten Bericht dokumentiert.



Bild 1: Entwicklung des Effizienzhaus Plus-Gebäudestandards vom Prototyp bis zum Quartier im Rahmen der Forschungsinitiative »Effizienzhaus Plus« des Bundes.

Nach Abschluss der zweijährigen Monitoringphase aller Wohnungsbauprojekte haben über 75 % der Gebäude den Effizienzhaus Plus-Standard auch im Betrieb eingehalten, einige haben den Zielwert knapp verpasst, andere deutlicher. Es zeigten sich bei mehreren Vorhaben sowohl Mehrverbräuche im Bereich der

Anlagentechnik und des Nutzerstroms als auch vereinzelt Mindererträge aus den Photovoltaikanlagen. Eine qualitativ hochwertige Planung, Ausführung und Einregulierung der Haustechnik in Kombination mit einer guten Kommunikation aller an den Prozessen Beteiligten sind für die Sicherstellung des Effizienzhaus Plus-Standards in der Praxis essentiell. Zur Unterstützung dieser Prozesse bietet die Installation eines Mindestmonitoringsystems eine gute Hilfe. Eine etwa 20-prozentige Überdimensionierung der Energieproduktion aus selbst generierten erneuerbaren Energiegewinnsystemen kann einem nicht ganz energetisch optimalen Gebäude- und / oder Nutzerverhalten entgegenwirken. Die Anwendung elektrischer Speicher führte zu einer Erhöhung der Eigennutzung und Deckung von erneuerbaren Energien, wegen der Speicherverluste gleichzeitig aber auch des Gesamtstromverbrauchs. Mit der Weiterentwicklung der Speicher sowie der auf die übrigen haustechnischen Komponenten abgestimmten Regelmechanismen kann die Eigennutzung der selbstgenerierten erneuerbaren Energien weiter erhöht werden, was zur Entlastung der öffentlichen Netze beitragen kann.

Die Bilanzierung nach der DIN V 18599 unter Zugrundelegung der Randbedingungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) und dem ergänzenden Ansatz eines Nutzerstrombedarfs von 20 kWh/m²a für Wohngebäude hat sich als Bewertungsmethode bewährt, um eine geeignete Vorhersage zur Gesamtpformance eines Effizienzhauses Plus vorzunehmen. Eine dynamische Gebäudesimulation ist zur Gebäudebewertung nicht erforderlich.

Der Effizienzhaus Plus-Standard hat seine Marktreife erreicht. Im Hinblick auf die Erreichung der Klimaschutzziele in Deutschland bedarf es gesetzgeberischer Randbedingungen, die diesen klimaneutralen Gebäudestandard unterstützen, fördern und festschreiben. Da sich Gebäude im Effizienzhaus Plus-Standard zu energieerzeugenden Gebäuden wandeln, sind ergänzende Rahmenbedingungen zu schaffen, die die Nutzung und Weitergabe überschüssiger Energien sowohl auf dem Strom- als auch Wärmesektor am Gebäude und im Quartier vereinfachen.

2 Summary

In 2011 the German Federal Ministry of Building launched a funding program for model houses that achieve the Efficiency House Plus standard. This project supported builders who raise houses that produce more energy from renewables than they require for their operation over the course of one year. After completion, each model project was individually evaluated during a monitoring period of 24 months. In a research accompanying program, an additional comparative analysis of all houses was conducted (cross-evaluation).

As shown in the figure below, the initiative of the Federal Government started with the construction of a pilot building in Berlin and the launch of a network of related industry and research partners and planners. The network Efficiency House Plus includes now 37 model projects in the residential building sector. For 30 of these houses, the measuring program was completed earlier on in a previous phase of the project. In the third phase of the study and documented in this report, the measured data from seven projects has been included (the monitoring of which was completed only at a later date); furthermore, the analysis across all projects has now been finalized. The additional seven projects are mainly multi-family houses, both new-built and renovated. The results of the accompanying research regarding seven educational buildings will be documented in a second report.



Bild 2:

Development of the Efficiency House Plus building standard from prototype to city quarter within the framework of the research initiative »Effizienzhaus Plus« of the German federal government.

After the two-year measuring period including all residential buildings, more than 75% of the buildings achieved the Efficiency House Plus standard during operation. Higher energy consumption occurred both in the fields of technical building systems and residential devices; in some cases though, the yields from photovoltaic systems fell short of the yields predicted. For reaching the Efficiency House Plus standard it is essential to ensure high-quality standards in

planning, building and adjusting technical devices. Equally important is maintaining good communication with all persons involved in the processes. A convenient instrument to support the process is a minimum monitoring program. When designing the photovoltaic system, 20 % over dimensioning should be considered to compensate for suboptimal building performance. The use of electric energy storage systems raised both the ratio of self-use and self-sufficiency of PV-generated electricity but on the other hand also the total electricity consumption. By advancing electrical storage systems and coordinated regulation methods for all technical devices, the ratio of self-use of the generated renewable energy can be further increased, which in turn will contribute to relieving the public grid.

In conjunction with the German Energy Saving Ordinance (EnEV) and the additional approach assuming an energy need of 20 kW/m²a for household appliances in residential buildings, the evaluation method specified in German standard DIN V 18599 proved to be a suitable method for predicting the performance of an Efficiency House Plus. A dynamic building simulation is not necessary for assessing the building energy performance.

The Efficiency House Plus standard is ready for the market. In accordance with the aims of climate protection, legislative boundary conditions are necessary to maintain, support and define this climate-neutral building standard. As Efficiency Houses Plus transform into energy-producing buildings, general requirements need to be specified that simplify the use and transfer of surplus energy in the sectors of electric and thermal energy at building and district level.

3 Hintergrund und Aufgabenstellung

Die Bundesregierung hat im Energiekonzept vom 28. September 2010 beschlossen, die Treibhausgasemissionen in Deutschland bis zum Jahr 2020 um 40 % und bis zum Jahr 2050 um 80 – 95 % unter das Niveau von 1990 zu senken. Um diese Ziele zu erreichen, müssen in den nächsten Jahren alle gesellschaftlichen Akteure mobilisiert werden, einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Nur so kann es gelingen, innerhalb von 40 Jahren ein Treibhausgasemissionsniveau nahe Null zu erreichen.

Der Bausektor steht mit seinem hohen Energiebedarf (rund 40 % des Energieverbrauchs entfallen auf Gebäude) im Fokus des Interesses. Während Häuser bisher fast ausschließlich als Energieverbraucher in Erscheinung treten, können sie unter Nutzung moderner Energiegewinnungstechnologien bereits heute zu Energieerzeugern werden. Durch den gezielten Einsatz von regenerativen Energiequellen im und am Gebäude – wie z. B. die Nutzbarmachung von Sonnenenergie oder Erdwärme – werden Häuser zu Plusenergiehäusern und damit zu Kleinkraftwerken. In der Jahressumme erzeugen sie mindestens die für die Wohnnutzung inklusive des Betriebs von Haushaltsgeräten benötigte Energie und darüber hinaus ein »Plus«, d. h. einen Energieüberschuss, der für andere Zwecke bereitgestellt werden kann. Der Nachweis, dass dies technisch generell möglich ist, wurde an verschiedenen Modellen geführt. Bisher mangelt es an überzeugenden gebauten Beispielen mit Vorbildcharakter und dem notwendigen Markteinstieg. Ferner werden Erkenntnisse über die Leistungsfähigkeit, die Dauerhaftigkeit, die Nachhaltigkeit, die Effizienz und die Wirtschaftlichkeit von passiven und aktiven Technologien für die Energieeffizienz und die Energiegewinnung am Gebäude benötigt.

Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) hat im Jahr 2011 ein Förderprogramm für Modellhäuser aufgelegt, die den »Effizienzhaus Plus-Standard« erfüllen. Mit dem Programm wurden Bauherren unterstützt, die Gebäude errichten, die deutlich mehr Energie produzieren als für den Betrieb notwendig. Diese Energie sollte insbesondere für die Elektromobilität zur Verfügung stehen. Die Modellhäuser wurden einzeln evaluiert und zusätzlich im Rahmen eines wissenschaftlichen Begleitprogramms ausgewertet, wobei für jedes Projekt über einen Zeitraum von 24 Monaten nach Fertigstellung stündliche Daten zum Energieverbrauch und zur Energieerzeugung erfasst wurden. Mit den gewonnenen Forschungsergebnissen können das Energiemanagement moderner Gebäude verbessert und die notwendigen Komponenten für die effiziente Gebäudehülle und die Nutzung erneuerbarer Energien weiterentwickelt werden. Neben dem vom Bund eigens errichteten Projekt (Effizienzhaus Plus mit Elektromobilität) in der Fasanenstraße 87a in Berlin bilden die 37 Modellprojekte im Wohnungsbau ein eigens für das Förderprogramm entwickeltes Netzwerk. Mit Einführung der Förderrichtlinie »Bildungsbauten im Effizienzhaus Plus-Standard« durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) im Jahr 2015 wurde die Gruppe der

geförderten Modellprojekte um eine neue Gebäudekategorie mit sieben Vorhaben erweitert. Ergänzt wird das Netzwerk durch ein smartes Quartier mit 19 untereinander vernetzten Effizienzhäusern Plus. Neben dem Fördermittelgeber und den Fördermittelnehmern sowie den begleitenden Architekten, Ingenieuren und Forschungsinstituten der Modellvorhaben besteht das Netzwerk mittlerweile aus weit über 150 Partnern aus der bau- und anlagentechnischen Industrie, die diese Gebäudekonzepte erfolgreich am Markt multiplizieren. Die Standorte der Modellvorhaben, gekennzeichnet nach den Kategorien

- Ein- und Zweifamilienhäuser (EFH, 28 Stück),
- Mehrfamilienhäuser (MFH 9 Stück),
- Bestandsanierung (4 Stück: 2 EFH und 2 MFH),
- Bildungsbau (7 Stück),
- Quartier (1 Stück),

sind, wie Bild 3 zeigt, über ganz Deutschland verteilt.



Bild 3: Standorte der Modellvorhaben der Forschungsinitiative »Effizienzhaus Plus« des Bundes.

Für die Auswertung und den Vergleich aller Vorhaben wurde ein Begleitforschungsvorhaben zur wissenschaftlichen Unterstützung des BMUB (im Projektverlauf übergegangen in das Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI)) und des Bundesinstituts für Bau-, Stadt-, und Raumforschung (BBSR) eingerichtet. Das Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP wurde mit der Durchführung des Vorhabens beauftragt. Die durchzuführenden Arbeiten in der dritten Phase (2015 bis 2019) des seit 2011 laufenden Forschungsprojekts können in folgende Themenfelder eingeteilt werden:

- Zusammenfassende projektübergreifende Auswertung der im Programm geförderten Vorhaben,
Zuarbeit zum Internetportal der Forschungsinitiative www.bmvi.de/DE/EffizienzhausPlus, während der Projektlaufzeit geändert in www.forschungsinitiative.de/effizienzhaus-plus,
- Durchführung von Workshops des Netzwerks Effizienzhaus Plus,
- Durchführung von Aktivitäten zur Verbreitung und Umsetzung der Ergebnisse bei Projektpartnern, in der Berufspraxis und in Planungsbüros,
- regelmäßige Abstimmungsgespräche mit BBSR/BMI.

Bestandteil dieses Berichts ist die zusammenfassende, projektübergreifende Auswertung der in der Forschungsinitiative geförderten Wohngebäude in Form einer Querauswertung. Die Arbeiten bauen auf den Ergebnissen der Phasen 1 und 2 auf, die in [1] und [2] veröffentlicht wurden.

4 Definition und Bewertungsmethode

Per Definition des Bundesbauministeriums ist das Effizienzhaus Plus-Niveau erreicht, wenn sowohl ein negativer Jahres-Primärenergiebedarf ($\sum Q_p < 0 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) als auch ein negativer Jahres-Endenergiebedarf ($\sum Q_e < 0 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) für das betrachtete Gebäude vorliegen. Alle sonstigen Bedingungen der Energieeinsparverordnung (EnEV), wie z. B. die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz, sind darüber hinaus einzuhalten.

Bewertungsmethode: erweiterter EnEV-Nachweis nach DIN V 18599

Die Nachweise sind in Anlehnung an die gültige Energieeinsparverordnung (EnEV) nach der DIN V 18599 Ausgabe 2011 zu führen. Für die Nachweisführung ist der mittlere Standort nach EnEV anzusetzen. Allerdings müssen in Ergänzung zur Nachweisprozedur der EnEV die End- und Primärenergiebedarfswerte für Wohnungsbeleuchtung und Haushaltsgeräte und -prozesse in der Berechnung mitberücksichtigt werden. Dabei ist, wie Tabelle 1 zeigt, ein pauschaler Endenergiebedarf von $20 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (davon Beleuchtung: $3 \text{ kWh/m}^2\text{a}$; Haushaltsgeräte: $10 \text{ kWh/m}^2\text{a}$; Kochen: $3 \text{ kWh/m}^2\text{a}$; Sonstiges: $4 \text{ kWh/m}^2\text{a}$), jedoch maximal 2500 kWh/a je Wohneinheit anzunehmen. Die Messergebnisse der Modellvorhaben im Wohnungsbau haben gezeigt, dass der wohnflächenbezogene Wert (beheizte Nettogrundfläche ($\text{m}^2_{\text{beh. NGF}}$)) im Mittel gut eingehalten wird. Daher sollte künftig auf den wohneinheitsbezogenen Wert als Grenzgröße verzichtet werden (Ausführliche Validierung siehe Kapitel 5.6).

Tabelle 1:

Anzusetzender pauschaler Endenergiebedarf für Beleuchtung, Haushaltsgeräte, Kochen und Sonstiges nach Effizienzhaus Plus-Standard. Alternativ können auch für die Summe von Haushaltsgeräten, Kochen und Sonstiges $17 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ angesetzt werden. Die Begrenzung durch das Maximum je Wohneinheit ist ab 2018 entfallen.

Effizienzhaus Plus-Standard	Pauschal [kWh/m ² a]	Maximum je Wohneinheit [kWh/a]
Beleuchtung	3	-
Haushaltsgeräte	10	-
Kochen	3	-
Sonstiges	4	-
Summe	20	2500

Für Bildungsbauten wird der Nutzerstrom (elektrische Geräte und -prozesse) mit einem pauschalen Endenergiebedarf von $10 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ angesetzt. Sofern nicht sichergestellt werden kann, dass das zu fördernde Gebäude durchgängig mit Geräten des höchsten Energieeffizienzlabels (in der Regel A++ oder besser) ausgestattet ist, ist der pauschale Endenergiebedarf für den Nutzerstrom bei Bildungsbauten auf $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ zu erhöhen.

Bilanzgrenze: Grundstücksgrenze

Als Bilanzgrenze (auch im Sinne der Einbeziehung der Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien) ist das Grundstück, auf dem das Gebäude errichtet wird, anzusetzen. Im Einklang mit dem Bilanzraum der EnEV (unmittelbarer räumlicher Zusammenhang mit dem Gebäude) ist die Summe der auf dem Grundstück des zu bewertenden Gebäudes generierten Energie aus erneuerbaren Energiequellen anrechenbar («on-site Generation»). Die Grundstücksgrenze ist durch die dem Gebäude zugeordnete Gemarkungsgrenze im Grundbuch begrenzt. Sofern mehrere Gebäude auf einem Grundstück stehen, sind die »on-site« generierten erneuerbaren Energiemengen nutzflächenanteilig den einzelnen Gebäuden zuzuordnen.

Auszuweisende Zusatzinformation: Eigennutzungsgrad der generierten erneuerbaren Energien

Ergänzend zu den Einzahlkennwerten »Jahres-Primärenergiebedarf und Jahres-Endenergiebedarf« ist das Verhältnis von selbstgenutzter zu generierter, erneuerbarer Energie innerhalb der Bilanzgrenze auszuweisen.

4.1 Rechenhilfe

Zur standardisierten Berechnung eines Effizienzhauses Plus wurde im Projekt eine Bewertungssoftware entwickelt, die im Internet zur kostenfreien Nutzung zur Verfügung steht (www.effizienzhaus-plus-rechner.de). Neben dem Ergebnisausdruck liefert das Rechentool auch ein Zusatzinformationsblatt für den Energieausweis gemäß § 17 EnEV für Effizienzhäuser Plus. Wie Bild 4 zeigt, werden im oberen rechten Teil der Grafik der End- und Primärenergiebedarf des Gebäudes nach EnEV dargestellt. Der linke Teil der Grafik stellt den End- und Primärenergieüberschuss des Effizienzhauses Plus dar, der im Laufe eines Jahres unter Berücksichtigung der innerhalb der Bilanzgrenzen erzeugten regenerativen Energieüberschüsse produziert wird. Ferner wird die Endenergie im unteren Teil unterteilt in die einzelnen Prozessenergien für Heizung, Warmwasser, Hilfsenergie, Beleuchtung und Haushaltsgeräte aufgeführt. Bild 4 zeigt das Informationsblatt nach der derzeit gültigen EnEV 2014/2016 für Wohngebäude.

ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude

zusätzliche Informationen gemäß §17, Absatz 4 der Energieeinsparverordnung (EnEV)

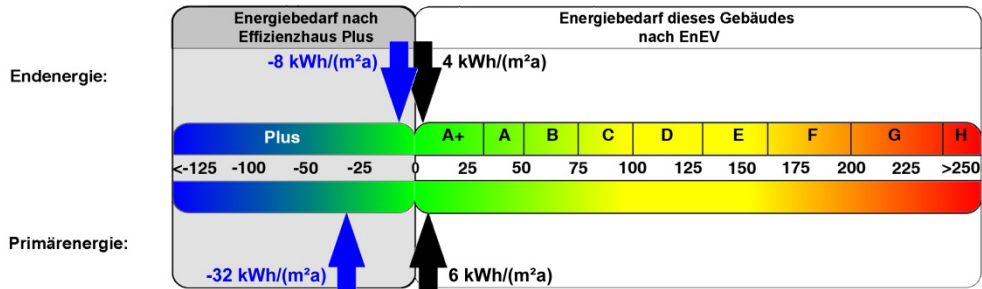
Berechneter Energiebedarf des Gebäudes

Registriernummer ¹ **123**

(oder: "Registriernummer wurde beantragt am ...")

2

Energiebedarf nach Effizienzhaus Plus und EnEV



Für Energiebedarfsberechnungen verwendetes Verfahren:

Nach Effizienzhaus Plus Bewertung (BMUB)

Energiebedarf nach Effizienzhaus Plus Bewertung

Endenergie: **-8** kWh/(m²a)

Primärenergie: **-32** kWh/(m²a)

Anforderungen gemäß EnEV ²

Primärenergiebedarf

Ist-Wert **6** kWh/(m²a) Anforderungswert **45** kWh/(m²a)

Energetische Qualität der Gebäudehülle H_t:

Ist-Wert **0,23** W/(m²K) Anforderungswert **0,40** W/(m²K)

Sommerlicher Wärmeschutz (bei Neubau) eingehalten

Endenergiebedarf nach Effizienzhaus Plus

Energieträger	Jährlicher Endenergiebedarf in kWh/(m ² a) für					Eigennutzungsgrad [%]
	Gebäudetechnik nach DIN V 18599	Nutzerstrom ³	Netzbezug	Netzeinspeisung	Bedarf nach Effizienzhaus Plus	
Strom	3,8	6,0	9,9	-17,7	-7,8	
Summe	3,8	6,0	9,9	-17,7	-7,8	53,2

Endenergiebedarf nach Effizienzhaus Plus **-7,8 kWh/(m²a)**

Primärenergiebedarf nach Effizienzhaus Plus **-31,8 kWh/(m²a)**



PLUS EffizienzHaus

Fraunhofer IBP

Erläuterungen zum Berechnungsverfahren

Definition:

Das Effizienzhaus-Plus Niveau ist erreicht, wenn sowohl ein negativer Jahres-Primärenergiebedarf ($\Sigma Q_p < 0 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$) als auch ein negativer Jahres-Endenergiebedarf ($\Sigma Q_e < 0 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$) vorliegen. Alle sonstigen Bedingungen der aktuell gültigen Energieeinsparverordnung (EnEV) wie z.B. die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz sind einzuhalten.

Bewertungsmethode:

Die Nachweise sind in Anlehnung an die aktuell gültige Energieeinsparverordnung (EnEV) nach der DIN V 18599 zu führen. Allerdings müssen in Ergänzung zur Nachweisprozedur der EnEV die End- und Primärenergiebedarfswerte für die Wohnungsbeleuchtung und für die Haushaltsgeräte und -prozesse in der Berechnung mitberücksichtigt werden. Für Wohngebäude ist dabei ein pauschaler Endenergiewert von 20 kWh/m²a (davon Kochen: 3 kWh/m²a) anzunehmen.

Als Bilanzgrenze (auch im Sinne der Einbeziehung der Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien) ist das Grundstück, auf dem das Haus errichtet wird, anzusetzen. In Erweiterung zum Bilanzraum der EnEV (unmittelbarer räumlicher Zusammenhang mit dem Gebäude) ist die Summe der auf dem Grundstück des zu bewertenden Gebäudes generierten Energie aus erneuerbaren Energiequellen anrechenbar („on-site Generation“).

¹ siehe Fußnote 2 auf Seite 1 des Energieausweises

² nur bei Neubau sowie bei Modernisierung im Fall des §16 Absatz 1 Satz 3 EnEV

³ Nutzerstrom (Elektrische Geräte und -prozesse)

Bild 4:

Zusatzinformationsblatt zum Energieausweis für Effizienzhäuser Plus-Wohngebäude gemäß § 17 der EnEV 2014/2016.

4.2 Leitfaden für das Monitoring

Neben der rechnerischen Bilanzierung ist zur Evaluierung des Effizienzhaus Plus-Standards der geförderten Modellvorhaben die Durchführung eines zweijährigen Monitorings erforderlich. Mit Hilfe des Monitorings soll im bewohnten Zustand überprüft werden, ob die Anforderungen auch in der Praxis erfüllt werden. Um die Bewertung vornehmen zu können, ist es notwendig, die dem Gebäude zugeführten Energiemengen getrennt nach Energieträgern (Strom, Gas, Öl, etc.) und die vom Gebäude in das öffentliche Strom-/Wärmenetz eingespeisten Energiemengen kontinuierlich zu erfassen. Ferner sind zur tieferen Analyse der Verbrauchsstruktur wesentliche Bilanzanteile, die auch bei der rechnerischen Bewertung ermittelt werden, aufzuzeichnen. Dazu gehören die äußeren und inneren Klimabedingungen und die nutzerspezifischen Verbräuche.

Der Energiefluss in einem Gebäude beginnt, wie in Bild 5 gezeigt, mit der Zufuhr von Endenergie. Über die Prozesse Erzeugung, Speicherung, Verteilung und Übergabe werden die nachgefragten Dienstleistungen (Nutzenergie) erbracht.

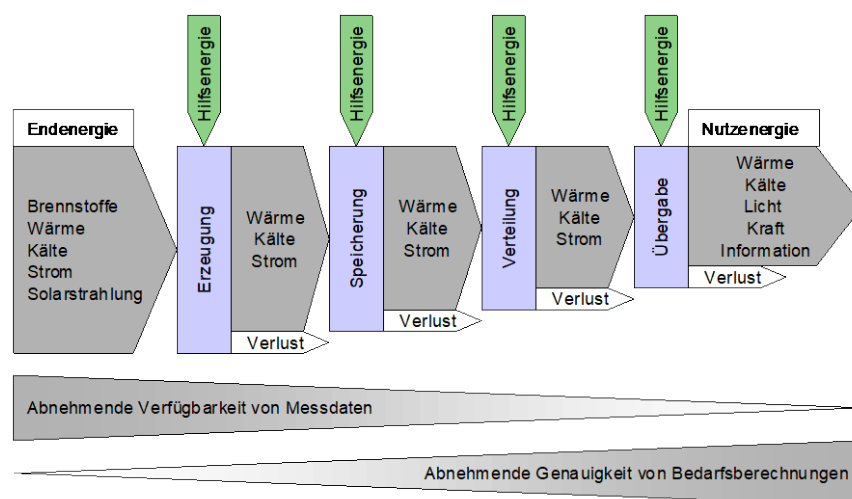


Bild 5: Vereinfachtes Schema der Energieflüsse in einem Gebäude, angelehnt an die DIN V 15899.

Für die Positionierung der Messzähler im Rahmen des Monitorings ergeben sich folgende Regeln:

- Aufnahme der Gesamt-Endenergiezufuhr je Energieträger,
- Aufnahme des von PV-Modulen erzeugten Stromes bei Erzeugung, Übergabe an Gebäude und Netzeinspeisung,
- Aufnahme weiterer Energieträger, die in das öffentliche Netz einspeisen,
- Aufnahme Endenergiebezug jedes Erzeugers,
- Aufnahme Energieabgabe nach jedem Erzeuger, getrennt nach angeforderter Dienstleistung,

- für Speicherverluste Erfassung der Energieströme vor und nach dem Speicher,
- für Brauchwasserspeicher mit Zirkulationsleitung Erfassung der Anteile Brauchwasser-Nutzwärme Speicher und Nutzwärme Zirkulation.

Neben der grundlegenden Überprüfung der Energiebilanz, die das zentrale Thema des Monitorings darstellt, sind mit der Positionierung der Verbrauchszähler weitere anlagentechnische Kennwerte direkt bestimmbar.

Zu jedem Projekt wurde seitens des begleitenden Forschungsteams ein Messkonzept für das Monitoring der Gebäude entwickelt, das in die Bereiche Verbrauchserfassung, Erfassung der Klimadaten und Erfassung des Nutzerverhaltens eingeteilt werden kann. Ein Beispiel für ein Messkonzept für die Elektroversorgung am Beispiel des Effizienzhauses Plus in Berlin zeigt Bild 6 und eines für die Wärmeversorgung Bild 7.

Der Leitfaden für das Monitoring ist unter dem Link <https://www.zukunftsbau.de/effizienzhaus-plus/foerderprogramm/foerderrichtlinie-bildungsbauten-2015/> veröffentlicht.

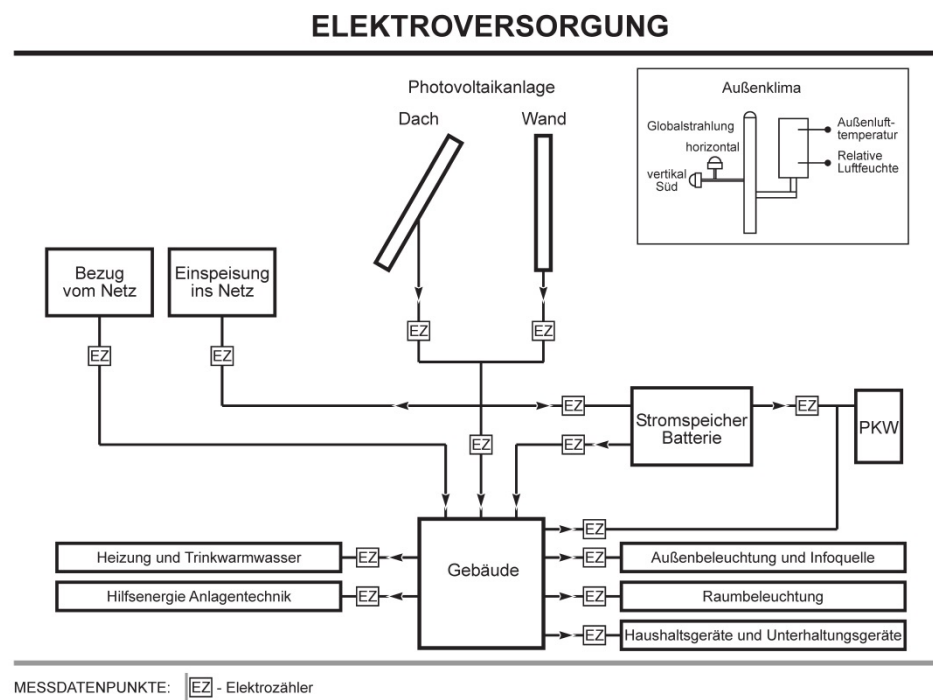


Bild 6:
Messkonzept für die Elektroversorgung am Beispiel Effizienzhaus Plus in Berlin.

WÄRMEVERSORGUNG

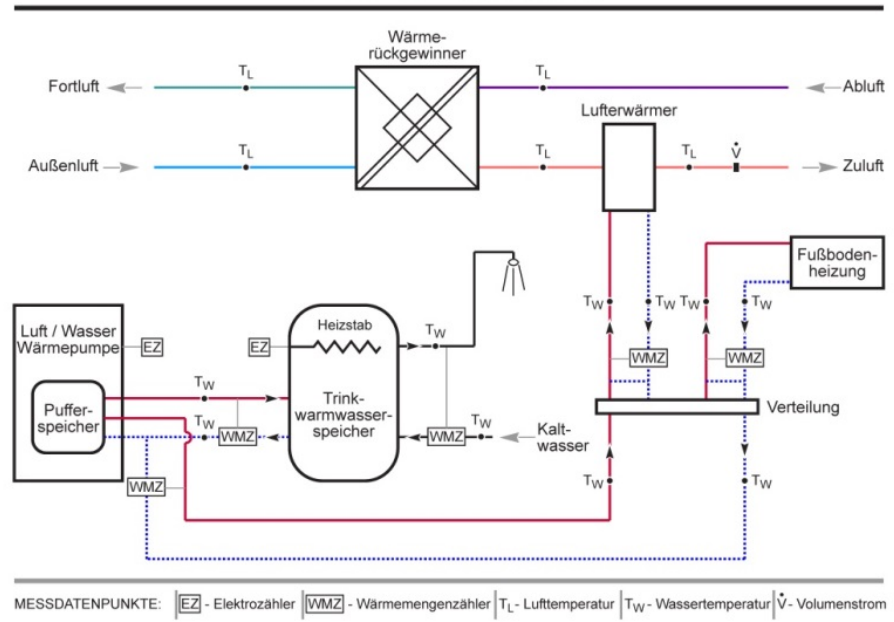


Bild 7:
Messkonzept für die Wärmeversorgung am Beispiel Effizienzhaus Plus in Berlin.

5 Querauswertung

Den überwiegenden Teil der Demonstrationsgebäude des Förderprogramms bilden Ein- und Zweifamilienhäuser. Diese werden entweder wie in der FertighausWelt in Köln-Frechen und in Bremen als Musterhäuser genutzt, wie in Berlin, Brieselang, Deggendorf, Burghausen und Hamburg für eine bestimmte Zeit von Testfamilien oder wie in allen übrigen Gebäuden auf Dauer von Familien mit zwei bis fünf Mitgliedern bewohnt.

In einer weiteren Phase wurde die Übertragbarkeit der Bauweise auf Mehrfamilienhäuser erprobt. Hierzu entstanden in Berlin und Frankfurt größere Wohnanlagen als Effizienzhäuser Plus. Im Vergleich zum Einfamilienhaus verschiebt sich hier das Verhältnis der Dachfläche zur Fassadenfläche. Daher müssen Fassadenflächen verstärkt zur regenerativen Energieerzeugung herangezogen werden.

Eine große Herausforderung der Energiewende ist der Gebäudebestand. Erprobt und bewertet wurden in der Forschungsinitiative zwei sanierte Mehrfamilien-Wohnzeilen in Neu-Ulm sowie zwei sanierte Einfamilienhäuser in Hamburg und Darmstadt. Durch geeignete planerische und bauliche Maßnahmen im Bereich der Grundrissgestaltung, der Ertüchtigung der Gebäudehülle und der haustechnischen Anlagen lassen sich auch für diese Gebäudekategorie der Effizienzhaus Plus-Standard und ein hoher Wohnkomfort umsetzen.

Alle Modellvorhaben sind auf der Internetseite des Innovationsprogramms Zukunft Bau unter dem Link <https://www.zukunftbau.de/effizienzhaus-plus/modellvorhaben/> mit einem Steckbrief dargestellt. Dieser beinhaltet eine Beschreibung der Architektur, Baukonstruktion und Anlagentechnik des Objekts mit unterstützender Einbindung von Fotos, Grundrisszeichnungen und Technikschnitten. Ferner werden Kostenangaben nach DIN 276 der Baukonstruktion (Kostengruppe 300) und der Anlagentechnik (Kostengruppe 400) gegeben. Am Ende des Steckbriefs werden der nach der Energieeinsparverordnung (EnEV) und der Nutzerstromanwendung auf der Grundlage der DIN V 18599 benötigte Endenergiebedarf und die geplante Endenergiedeckung sowie die erwirtschaftete Überschussenergie bilanziert und abschließend die Messergebnisse der beiden Messperioden dargestellt. Alle Steckbriefe sind im Anhang 4 dieses Berichts angefügt.

Die geometrischen, baulichen und anlagentechnischen Kennwerte der Gebäude wurden bereits als Ergebnisse der Begleitforschung der Phasen 1 und 2 in [1] und [2] veröffentlicht. Zusammenfassend wurde festgestellt, dass der bauliche Wärmeschutz der Gebäude etwa 40 % besser ausgeführt wurde, als es das EnEV-Referenzgebäude, wie in Bild 8 dargestellt, vorsieht.

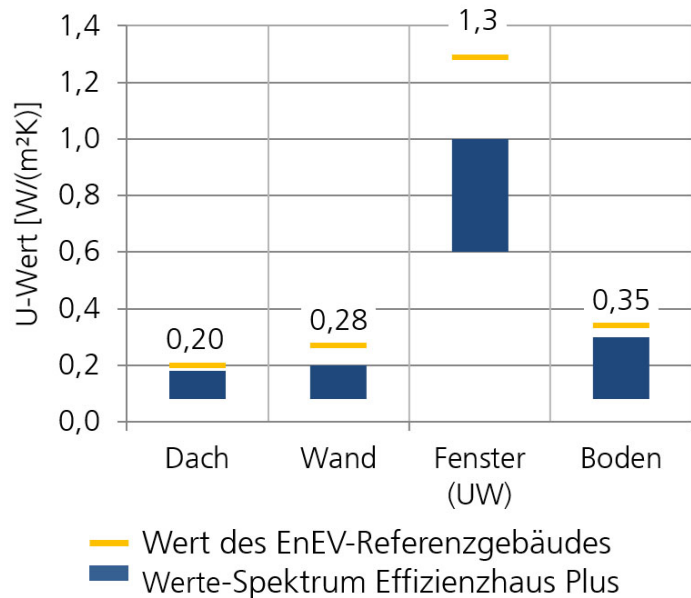


Bild 8:
 Bandbreite der Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) einzelner Bauteile der Effizienzhäuser Plus des Netzwerks (blauer Bereich) im Vergleich zu den Vorgabewerten des Referenzgebäudes der Energieeinsparverordnung (gelber Strich).

Aufgrund der wärmetechnisch hochwertigen Hüllflächenbauteile bewegen sich die Transmissionswärmeverluste H_T aller Objekte, wie in Bild 9 gezeigt, zwischen $0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ und $0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$. Sie unterschreiten die Anforderung der EnEV für Gebäude mit $A_N \leq 350 \text{ m}^2$ um 18 bis 68 % (im Mittel 45 %) und für Gebäude mit $A_N > 350 \text{ m}^2$ um 20 bis 72 % (im Mittel 46 %). Damit bewegt sich die mittlere energetische Qualität der Gebäudehülle ausgedrückt in den derzeit aktuellen KfW-Förderstufen in Richtung KfW-Effizienzhaus 55. Darin enthalten sind auch die Bestandsanierungen in Darmstadt, Hamburg und Neu-Ulm, die über einen guten baulichen Wärmeschutz verfügen und die Werte des EnEV-Referenzgebäudes um 20 bis 25 % unterschreiten.

Planungshinweis: Die energetische Qualität der Bauteile eines Effizienzhauses Plus sollte etwa 25 bis 40 % unter dem energetischen Niveau des Referenzgebäudes der EnEV liegen.

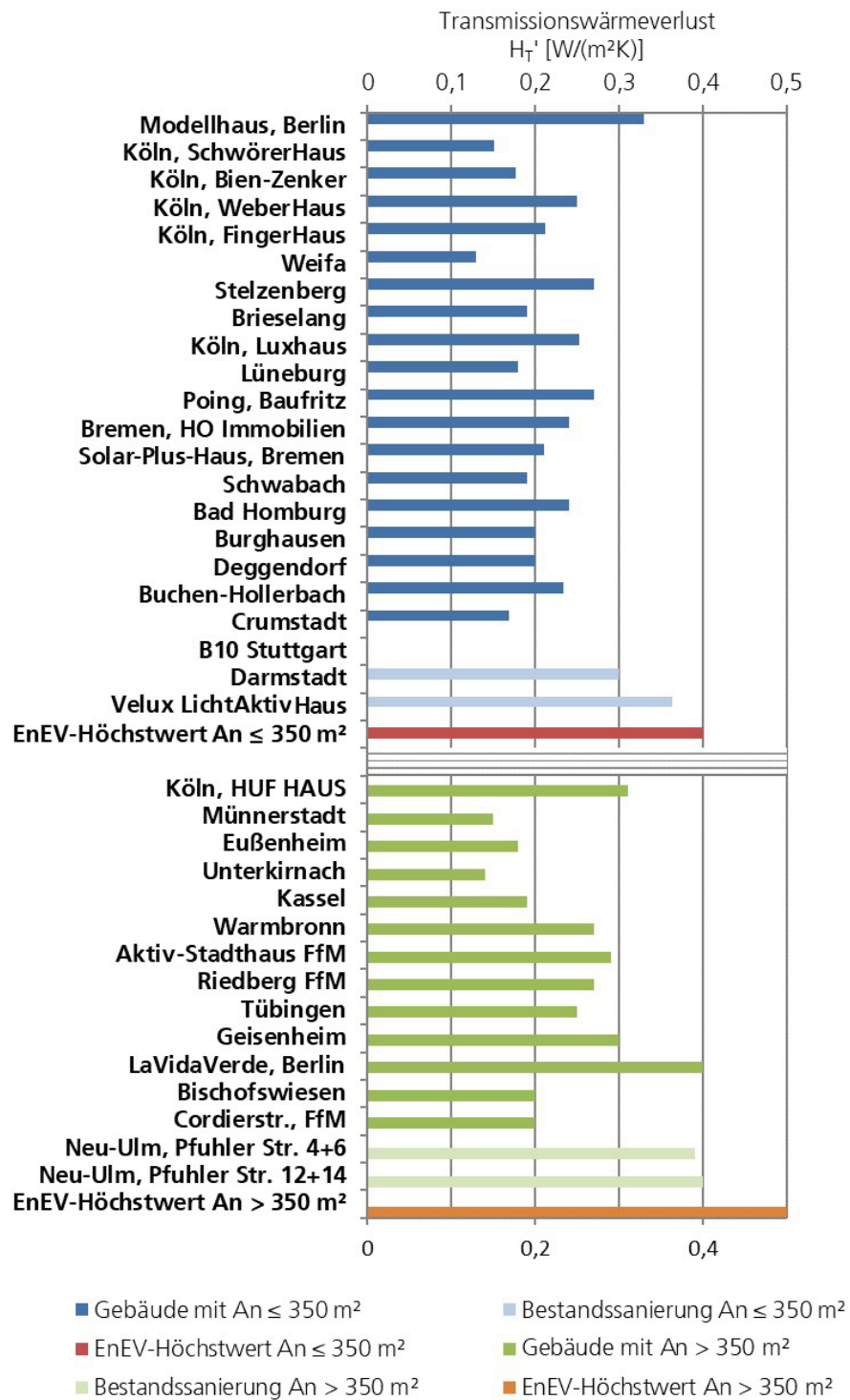
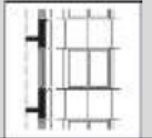


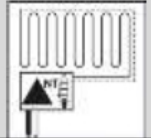


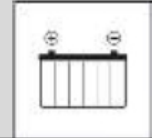
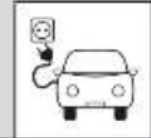











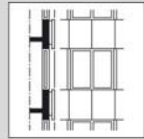


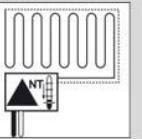
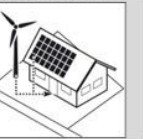
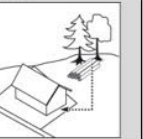
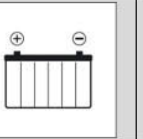
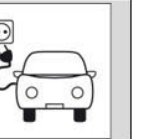









Bild 9:
Transmissionswärmeverlust der Ein- und Zweifamilienhäuser und Mehrfamilienhäuser im Effizienzhaus Plus-Standard aufgeteilt in Projekte mit $A_n \leq 350 \text{ m}^2$ und $A_n > 350 \text{ m}^2$.




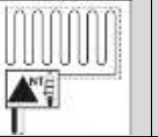
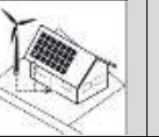

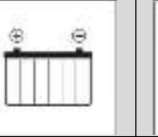










5.1 Eingesetzte Technologien

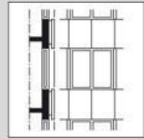


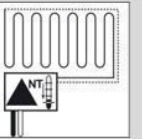
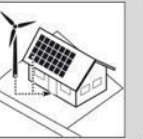
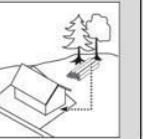
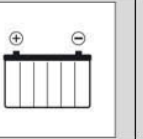
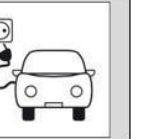










Neben konventionellen technischen Anlagen zur Wärmebereitung und Frischluftversorgung der Gebäude wurden in den Modellvorhaben weitere innovative Technologien im Bereich der Prozesse Energieerzeugung, -verteilung, -übergabe und -speicherung eingesetzt, die in Tabelle 2 aufgeführt sind. Sechs Projekte (Berlin, Bien-Zenker, Weifa, Aktiv-Stadthaus FfM, Riedberg FfM und Cordierstraße FfM) werden von innovativen Fassaden mit integrierten oder vorge-setzten Photovoltaikmodulen gekennzeichnet. In zwei Modellvorhaben sind an der Außenwand Solarthermie-Kollektoren angeordnet, in Geisenheim als Solar-Luft-Hybridkollektoren und in Deggendorf als Flachkollektoren.

Tabelle 2:
Übersichtsmatrix mit eingesetzten innovativen Technologien der Effizienzhäuser Plus.

		Technologien								
		Innovative Fassade	Hocheffiziente Beleuchtung	Energiemanagement	Niedertemperatur-Heizsystem	Erneuerbare Energien am Standort	Biomasse extern zugeführt	Elektrizitätsspeicher	Elektromobilität	
										
(0)	Modellhaus, Berlin		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
(1)	Köln HUF HAUS		-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	-
(2)	Köln SchwörerHaus		-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-	-	<input checked="" type="checkbox"/>
(3)	Köln Bien-Zenker		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
(4)	Köln WeberHaus		-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
(5)	Köln FingerHaus		-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-	-	-
(6)	Münnerstadt		-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
(7)	Weifa		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
(8)	Stelzenberg		-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-	-	-

		Technologien							
		Innovative Fassade	Hocheffiziente Beleuchtung	Energiemanagement	Niedertemperatur-Heizsystem	Erneuerbare Energien am Standort	Biomasse extern zugeführt	Elektrizitätsspeicher	Elektromobilität
									
(9)	Eußenheim 	-	☑	☑	☑	☑	-	-	☑
(10)	Brieselang 	-	☑	☑	☑	☑	-	☑	☑
(11)	Unterkirnach 	-	☑	☑	☑	☑	-	☑	-
(12)	Köln LuxHaus 	-	☑	☑	☑	☑	-	-	-
(13)	Lüneburg 	-	☑	-	-	☑	-	-	-
(14)	Alpenchic Baufritz 	-	☑	☑	☑	☑	-	☑	☑
(15)	Bremen HO Immobilien 	-	☑	☑	☑	☑	-	-	☑
(16)	Bremen 	-	☑	-	☑	☑	-	-	-
(17)	Schwabach 	-	☑	☑	☑	☑	-	-	☑

		Technologien								
		Innovative Fassade	Hocheffiziente Beleuchtung	Energiemanagement	Niedertemperatur-Heizsystem	Erneuerbare Energien am Standort	Biomasse extern zugeführt	Elektrizitätsspeicher	Elektromobilität	
										
(18)	Bad Homburg		-	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-	-
(19)	Kassel		-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
(20)	Burghausen		-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
(21)	Aktiv-Stadthaus, FfM		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
(22)	Riedberg, FfM		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
(23)	Darmstadt		-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-	-	<input checked="" type="checkbox"/>
(24)	Tübingen		-	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
(25)	Geisenheim		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-	-	-
(26)	Deggendorf		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

		Technologien								
		Innovative Fassade	Hocheffiziente Beleuchtung	Energiemanagement	Niedertemperatur-Heizsystem	Erneuerbare Energien am Standort	Biomasse extern zugeführt	Elektrizitätsspeicher	Elektromobilität	
										
(27)	Berlin, LaVidaVerde		-	☑	-	☑	☑	☑	-	-
(28)	Bischofswiesen		-	☑	-	☑	☑	-	☑	☑
(29)	Buchen-Hollerbach		-	☑	☑	☑	☑	-	-	-
(30)	Crumstadt		-	☑	-	☑	☑	-	-	-
(31)	Frankfurt, Codierstraße		☑	☑	☑	☑	☑	-	☑	☑
(101)	Leonberg		-	-	☑	☑	☑	-	☑	☑
(102)	Hamburg VELUX LichtAktiv Haus		-	☑	☑	☑	☑	-	-	-
(103)	Stuttgart B10		-	☑	☑	☑	☑	-	☑	☑
(201a)	Neu-Ulm Pfuher Straße 4+6		-	☑	☑	-	☑	-	-	-
(201b)	Neu-Ulm Pfuher Straße 12+14		-	☑	☑	☑	☑	-	-	-
Anzahl		37	8	36	30	35	37	3	19	22

Wärmeerzeuger

Zur Deckung des Nutzwärmebedarfs wurden, wie Bild 10 zeigt, vorzugsweise Wärmepumpen (85 %) mit unterschiedlichen Wärmequellen als Wärmeerzeuger eingesetzt.

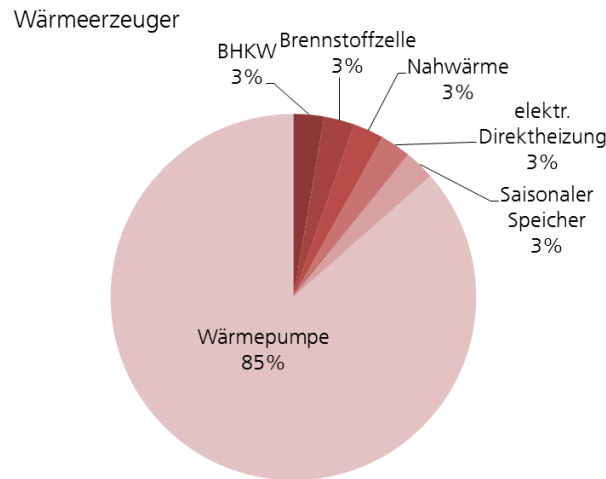


Bild 10:

Wärmeerzeuger der Demonstrationsvorhaben im Effizienzhaus Plus-Standard.

(Für das BHKW wird gemäß Bewertung nach der zum Zeitpunkt der Erstellung gültigen DIN V 18599:2011 kein negativer Endenergiebedarf erreicht. Aufgrund des Anschlusszwangs an das Nahwärmenetz war keine negative Endenergiebilanz erreichbar. Vom Zuwendungsgeber wurde für beide Projekte die Definition des Effizienzhauses Plus objektspezifisch angepasst).

Den überwiegenden Anteil der Wärmepumpen bilden mit 44 % Erdreich-Wärmepumpen. Zu 38 % kommen, wie in Bild 11 zu sehen ist, Luft-Wärmepumpen zum Einsatz. Als Wärmequelle stehen unterschiedlichste Medien zur Verfügung. Neben der Außenluft und Solareffizienz, geführt durch Erdkollektoren oder Erdsonden, werden Solarspeicher und Eisspeicher in verschiedenen Kombinationen genutzt. Weitere Wärmequellen bieten Ab- und Grundwasser sowie die Außen- und Abluft.

Wärmepumpen

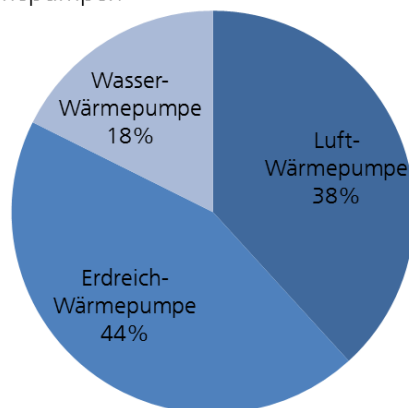


Bild 11:

prozentuale Verteilung der Wärmepumpen mit zugehöriger Angabe der Wärmequelle der Demonstrationsvorhaben im Effizienzhaus Plus-Standard.

Die Heizleistungen der installierten Anlagen bewegen sich zwischen 1,5 bis 20 kW im Einfamilienhausbereich und 12 bis 120 kW im Mehrfamilienhausbereich. Bezogen auf die Gebäudenutzfläche A_N nach EnEV sind das für die Ein- bis Zweifamilienhäuser 6 bis 48 W/m²_{AN} und für die Mehrfamilienhäuser 8 bis 14 W/m²_{AN}.

Elektrochemische Speicher

51 % der Modellvorhaben verfügen über einen elektrochemischen Speicher. Dabei verwenden, wie in Bild 12 zu sehen, ca. 13 % Blei- bzw. Blei-Gel-Akkus, 16 % Lithium-Ionen- und 22 % Lithium-Eisen-Phosphat-Speicher. Die Bruttospeicherkapazitäten liegen zwischen 3,5 und 40 kWh im Einfamilienhausbereich und bei bis zu 250 kWh für ein Mehrfamilienhaus. Im Laufe des Projektfortschritts hat sich im Evaluierungsprogramm Solarstromspeicher 2.0 [3] gezeigt, dass in Deutschland fast alle neuinstallierten Speichersysteme aus Lithium-Ionen-Batterien bestehen.

elektrochemische Speicher

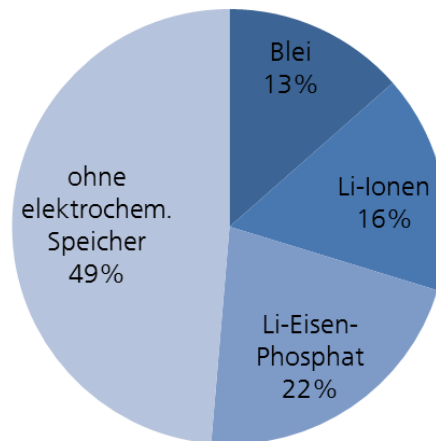


Bild 12:
Art und Verteilung der elektrochemischen Speicher der Demonstrationsvorhaben im Effizienzhaus Plus-Standard.

Photovoltaikanlagen

Die solare Stromerzeugung der Gebäude wird mit unterschiedlichen Photovoltaikmodulen realisiert, die zu 64 % als Aufdach- und zu 36 % als Indachlösungen ausgeführt wurden. Ergänzend dazu werden bei 25 % der Projekte Photovoltaikmodule integriert in die vertikalen Fassaden angeordnet. Im Dachbereich kommen mit 65 % zum überwiegenden Teil monokristalline Solarzellen zum Einsatz. Polykristalline Zellen werden zu 32 % verbaut. Bei einem Projekt werden CIGS-Module (Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid) im Dach installiert. Im Fassadenbereich werden überwiegend amorphe Dünnschichtmodule eingesetzt.

Bei den im Netzwerk errichteten Ein- bis Zweifamilienhäusern beträgt die Photovoltaikfläche pro m² beheizte Nettogrundfläche, wie Bild 13 zeigt, 0,24 bis 1,15 m²_{PV}/m²_{beh. NGF} und liegt im Mittel bei 0,46 m²_{PV}/m²_{beh. NGF}. Die installierte

Leistung hat eine Größe von 43 bis 148 $W_p/m^2_{beh. NGF}$ und liegt im Mittel bei 68 $W_p/m^2_{beh. NGF}$.

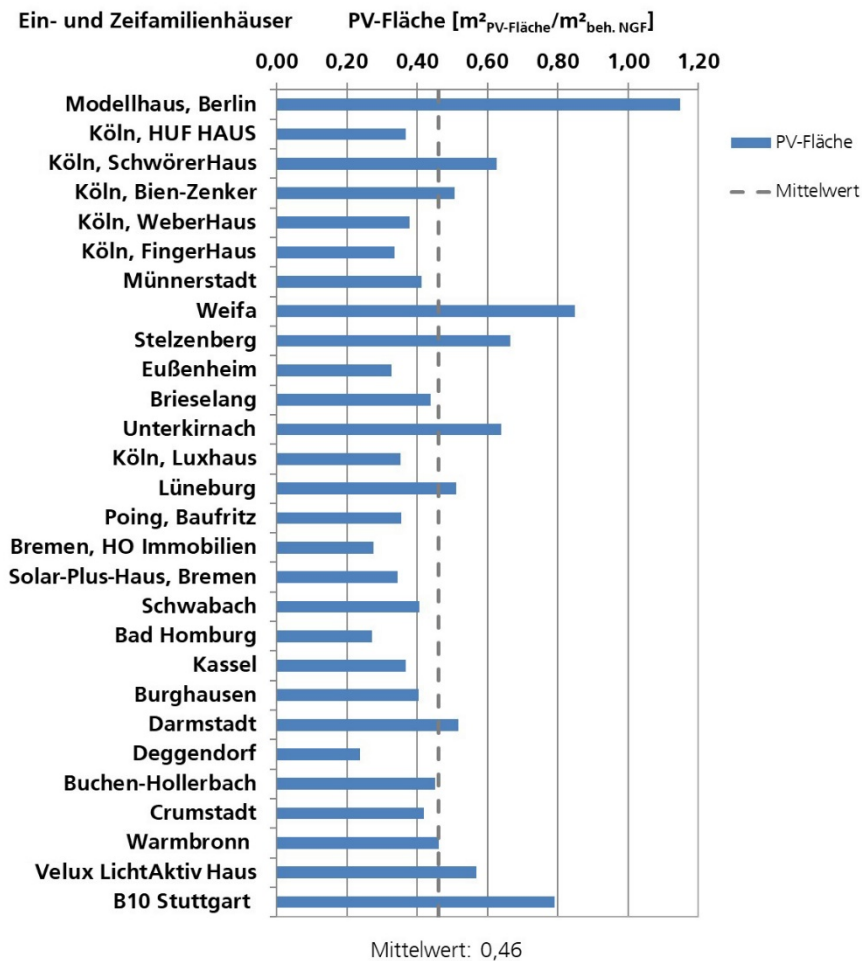


Bild 13:
Verhältnis Photovoltaikfläche zu beheizter Nettogrundfläche $A_{beh. NGF}$ der Ein- und Zweifamilienhäuser im Effizienzhaus Plus-Standard.

Für die Mehrfamilienhäuser ist das Verhältnis der installierten PV-Fläche zur beheizten Nettogrundfläche in Bild 14 dargestellt. Aufgrund der geringen Dachfläche im Verhältnis zur beheizten Nettogrundfläche ist die installierte PV-Fläche geringer als bei den Einfamilienhäusern und hat eine Größe von 0,24 bis 0,43 $m^2_{PV}/m^2_{beh. NGF}$ und liegt im Mittel bei 0,33 $m^2_{PV}/m^2_{beh. NGF}$. Die installierte Leistung zeigt eine Größe von 37 bis 82 $W_p/m^2_{beh. NGF}$ und beträgt im Mittel 56 $W_p/m^2_{beh. NGF}$.

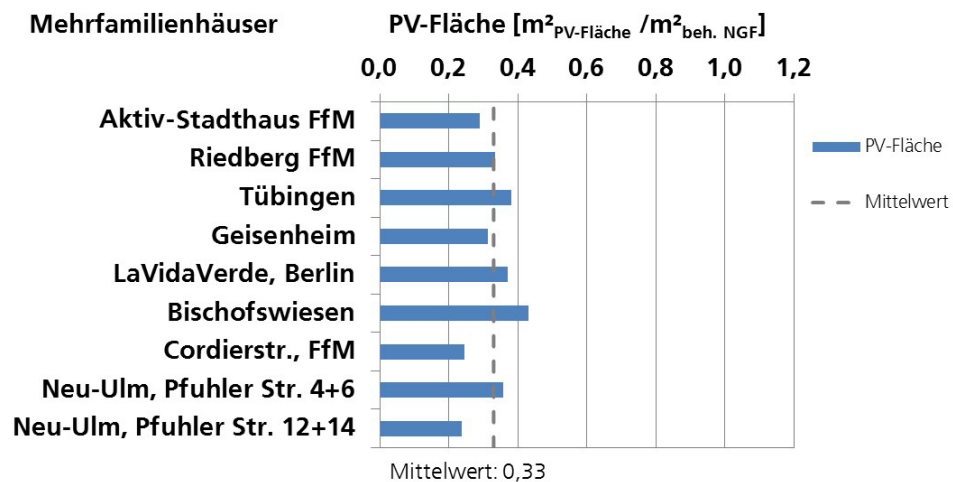


Bild 14:
Verhältnis Photovoltaikfläche zu beheizter Nettogrundfläche $A_{\text{beh. NGF}}$ der Mehrfamilienhäuser im Effizienzhaus Plus-Standard.

Planungshinweis: Für Ein- und Zweifamilienhäuser werden im Mittel $0,46 \text{ m}^2$ Photovoltaikfläche je m^2 beheizte Nettogrundfläche benötigt, um den Effizienzhaus Plus-Standard zu erreichen. Für Mehrfamilienhäuser sollten im Mittel $0,33 \text{ m}^2$ Photovoltaikfläche je m^2 beheizte Nettogrundfläche zur Verfügung stehen.

5.2 Ergebnisse des Monitorings

Die Messergebnisse der einzelnen Modellvorhaben wurden von den örtlichen Forschungsteams jeweils zu Beginn des Folgemonats an das Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP geliefert, hier für die Internetpräsenz aufbereitet und über einen Monitoringzeitraum von zwei Jahren monatsweise aktualisiert. Dabei wurden die Energieverbräuche und die Erträge der erschlossenen erneuerbaren Energiequellen sowie die Jahresbilanzen der kumulierten Verbräuche und Erträge dargestellt.

Meteorologische Randbedingungen

Messwerte sind vom lokalen und saisonalen Klima geprägt, das während der Messperiode vorherrscht. Daher kann zur besseren Vergleichbarkeit von messtechnisch ermittelten Verbräuchen ergänzend zur Berechnung des Energiebedarfs nach der Energieeinsparverordnung (EnEV 2009), bei der ein mittleres Klima in Deutschland herangezogen wird (Referenzklima Deutschland), eine Klimakorrektur vorgenommen werden. Im Rahmen der Erstellung von Energieausweisen werden dazu die gemessenen Heizenergieverbräuche auf mittlere deutsche Klimaverhältnisse normiert. Die Klimakorrektur anhand der Gradtagzahl wurde in [2] beispielhaft für den Standort Köln-Frechen beschrieben.

Für die Modellvorhaben im Ein- und Zweifamilienhausbereich ergaben sich, wie Bild 15 zeigt, Klimafaktoren zwischen 0,91 und 1,62 und im Mittel von 1,22.

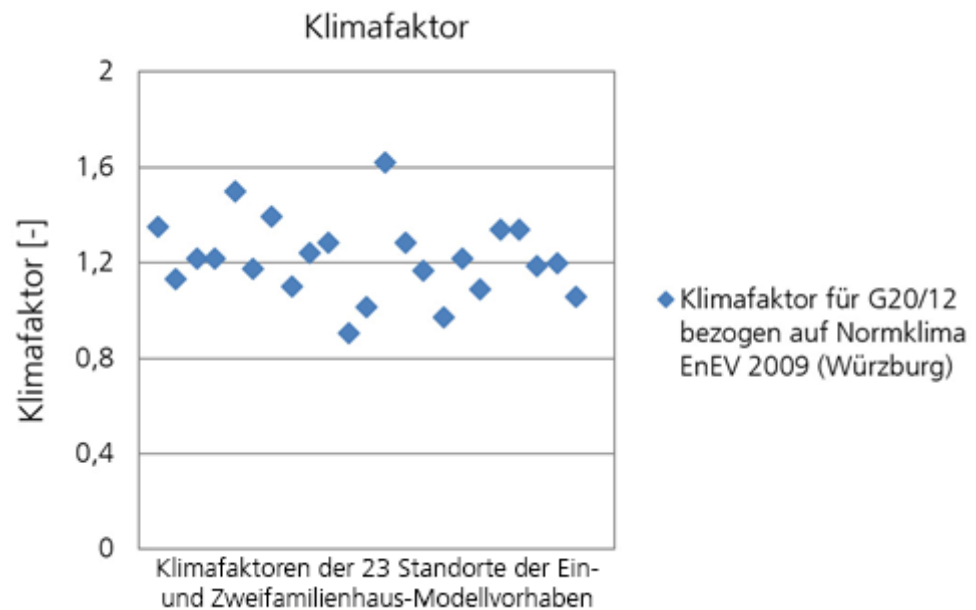


Bild 15:
Klimafaktoren von den 23 Standorten der Ein- und Zweifamilienhaus-Modellvorhaben im Effizienzhaus Plus-Standard bezogen auf das Normklima der EnEV 2009 (Würzburg).

Bei den weiteren Vergleichen der Gebäude untereinander und dem Abgleich mit der Vorherberechnung wurde auf Basis der Außentemperatur auf eine Klimakorrektur verzichtet und die unbereinigten Messwerte angesetzt.

Eine weitere wichtige Einflussgröße ist die solare Einstrahlung, die den Ertrag der Photovoltaikanlage maßgeblich beeinflusst. Die im Monitoringzeitraum 2013 und 2014 aufgezeichneten monatlichen Strahlungsintensitäten am Standort Köln-Frechen und die Werte des Referenzklimas nach EnEV 2009 sind in Bild 16 gezeigt. Ergänzend sind die Strahlungsintensität der aktuell gültigen EnEV (Standort Potsdam) sowie die Messdaten der Standorte Berlin (2015), Burghausen (2015) und Crumstadt (2016) dargestellt. Von September bis April zeigen alle Messwerte gute Übereinstimmungen mit den Referenzklimadaten von Würzburg und Potsdam. In den übrigen Monaten ergeben sich geringfügige, lokale Unterschiede mit größeren Abweichungen im Mai und im August. Während in Burghausen im Mai die mittlere monatliche Strahlungsintensität den Wert des Referenzklimas unterschreitet, werden im August für alle Standorte höhere Intensitäten aufgezeichnet als das Referenzklima vorgibt. Im Juli tendieren die Werte der gemessenen Strahlungsintensitäten eher zum Referenzklima Würzburg als Potsdam. Insgesamt lieferte die mittlere horizontale Strahlungsintensität des Referenzklimas Würzburg über den Jahresverlauf eine gute Basis für die Vorherberechnung der Erträge aus erneuerbaren Energien.

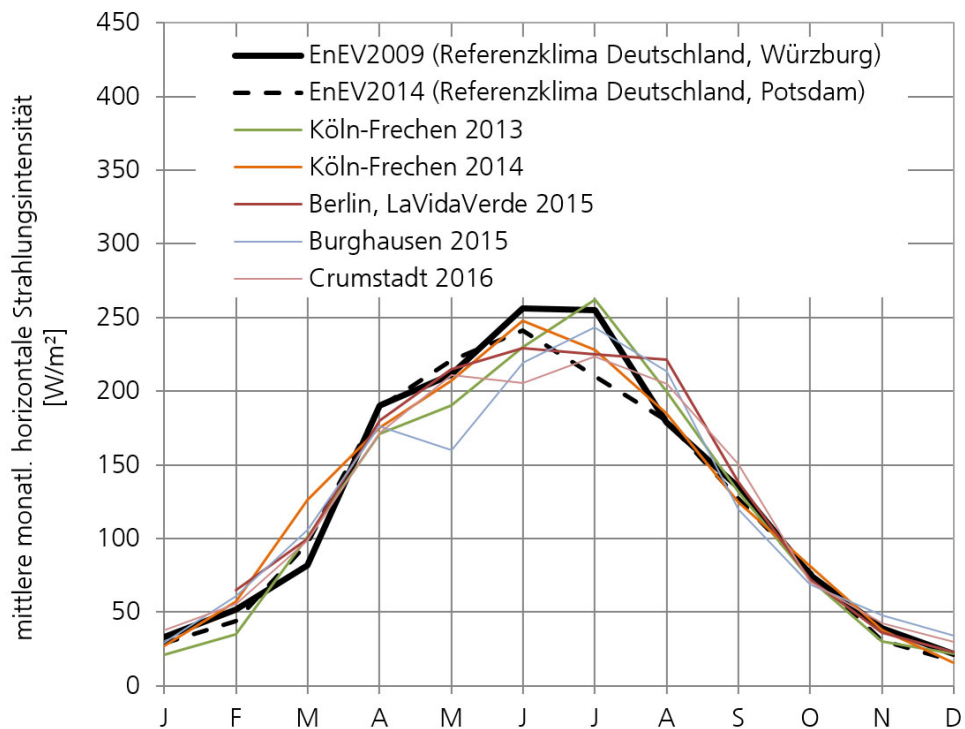


Bild 16:
Am Standort Köln-Frechen, Berlin, Burghausen und Crumstadt gemessene und nach Referenzklima Würzburg und Potsdam vorgegebene mittlere monatliche Strahlungsintensität.

Erträge aus erneuerbaren Energien

Der erneuerbare Strom aller Projekte wird überwiegend durch die Sonnenenergie mit Hilfe von Photovoltaikanlagen generiert. In zwei Projekten, in Poing und in Berlin (LaVidaVerde), war die Nutzung von Windrädern vorgesehen, wurde jedoch nicht betrieben bzw. nicht umgesetzt. Die Modellprojekte in Poing und in Frankfurt Cordierstraße nutzen ergänzend eine Brennstoffzelle bzw. ein Blockheizkraftwerk (BHKW) zur Erzeugung von elektrischer und thermischer Energie (Strom und Wärme).

Für alle Gebäude waren die Anforderungen der EnEV 2009 mit zugehöriger DIN V 18599-2007 gültig. Der Energieertrag der Photovoltaikanlagen wurde mit den Referenzklimadaten für Deutschland (nach EnEV 2009 Würzburg) bestimmt. Die EnEV 2009 selbst gibt keine konkreten Vorgaben zur Bestimmung des Stromertrags aus erneuerbaren Energien. Nach der Auslegung XI zu § 5 EnEV 2009 [4] »ist der Energieertrag der Photovoltaikanlage mit geeigneten technischen Regeln monatsweise zu berechnen. Hierfür bietet sich die im Lichte der Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (2002/91/EG) erstellte DIN EN 15316-4-6: 2009-07 an, die unter Verwendung der in Deutschland monatsweise vorliegenden Einstrahlungskennwerte (DIN V 4108-6 oder DIN V 18599-10) auch zur monatsweisen Ermittlung des Ertrages von Photovoltaikanlagen angewendet werden kann«. Dabei wird die erzeugte elektrische Energie aus der Peakleistung bei Normprüfbedingungen und dem Systemleistungsfaktor unter Berücksichtigung der monatlichen solaren Bestrahlungsenergie ermittelt. Falls für die Photovoltaikmodule keine Daten zu Peakleistung und

Systemleistungsfaktor zur Verfügung stehen, wird auf Standardwerte zurückgegriffen.

Mit Einführung der EnEV 2014/2016 hat sich diese Berechnungsmethode verändert, indem zur Ermittlung der monatlichen Stromerträge von Photovoltaikanlagen die mittleren monatlichen Strahlungsintensitäten des Referenzklimas Potsdam sowie nur die Standardwerte zur Ermittlung der Nennleistung der Photovoltaikmodule nach DIN V 18599-9:2011-12 Anhang B zulässig sind.

Der vorherberechnete und der jeweils in den beiden Messperioden erzeugte Photovoltaikstrom bezogen auf die beheizte Nettogrundfläche der Ein- und Zweifamilienhäuser ist in Bild 17 gezeigt.

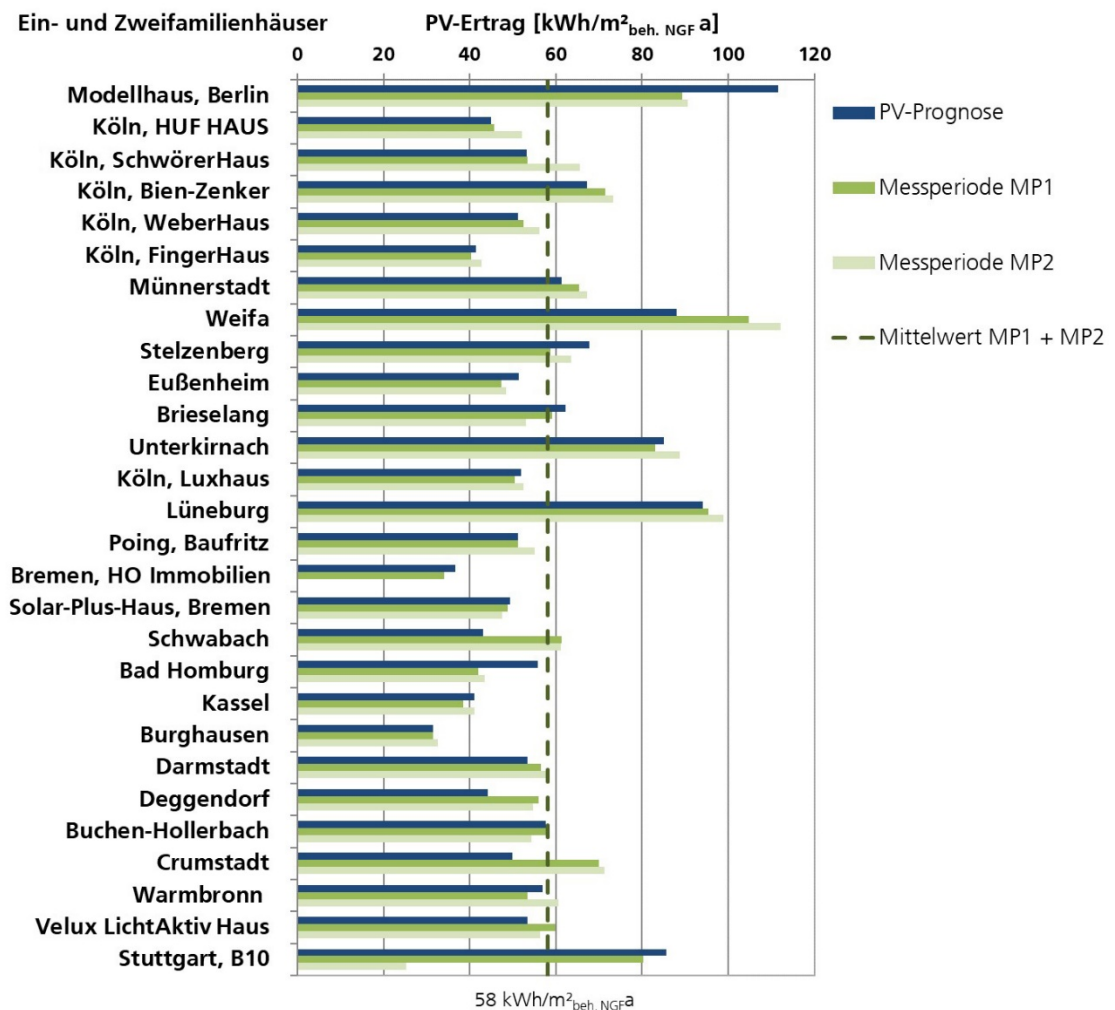


Bild 17: Vorherberechnung und Messwerte der PV-Erträge für die 1. und 2. Messperiode der Ein- und Zweifamilienhäuser bezogen auf die beheizte Nettogrundfläche.

Laut der Vorherberechnung wurde für die Vorhaben ein Energieertrag der PV-Anlagen von minimal 31 bis maximal 112 kWh/m²_{beh. NGF} und im Mittel von

57 kWh/m²_{beh. NGF} ermittelt. In den beiden Messperioden ergab sich ein minimaler Jahresertrag von 25 und ein maximaler Ertrag von 112 kWh/m²_{beh. NGF}, der im Mittel 58 kWh/m²_{beh. NGF} betrug. Damit zeigt sich eine sehr gute mittlere Übereinstimmung zwischen Prognose und Messung.

Bis auf die Gebäude in Berlin, Weifa, Schwabach, Crumstadt und Stuttgart gibt es keine nennenswerten Unterschiede zwischen den durch die Vorherberechnung prognostizierten und den real gemessenen Werten. Beim Berliner Haus werden die Unterschiede im Wesentlichen durch Verschattungseffekte eines angrenzenden Baumes verursacht. In Weifa wurde in den beiden Messperioden jeweils ca. 15 % mehr Energie erzeugt als durch eine Simulation prognostiziert. Nach Angabe des örtlichen Monitorings sind diese Abweichungen teilweise auf das tatsächliche Strahlungsangebot aber auch auf die Positivsortierung des Verarbeiters und die Berücksichtigung der Modulalterung in der Berechnung zurückzuführen. In Crumstadt ist die Abweichung zwischen Vorherberechnung und Messung auf den höheren, tatsächlich durch die Anlage erreichten Systemleistungsfaktor zurückzuführen. Beim Projekt B10 in Stuttgart wurde die PV-Anlage durch Vandalismus teilweise zerstört und ab dem Frühjahr der zweiten Messperiode durch einen technischen Defekt außer Betrieb gesetzt und lieferte in der zweiten Messperiode nur einen geringen Ertrag.

Für die Mehrfamilienhäuser sind die vorherberechneten Energieerträge der PV-Anlagen sowie die Messergebnisse für die erste und zweite Messperiode in Bild 18 dargestellt und zeigen bis auf wenige Ausnahmen eine gute Übereinstimmung zwischen Messung und Berechnung. Für die Vorherberechnung lag das Minimum bei 33 kWh/m²_{beh. NGF}, das Maximum bei 62 kWh/m²_{beh. NGF} und das Mittel bei 44 kWh/m²_{beh. NGF}. Demgegenüber lagen die gemessenen Werte der zwei Messperioden im Minimum bei 37 kWh/m²_{beh. NGF}, im Maximum bei 67 kWh/m²_{beh. NGF} und im Mittel bei 44 kWh/m²_{beh. NGF}. Der insgesamt geringere maximale Ertrag gegenüber Einfamilienhäusern ist für die Mehrfamilienhäuser auf die kleinere mögliche mit PV-Modulen belegbare Fläche zurückzuführen.

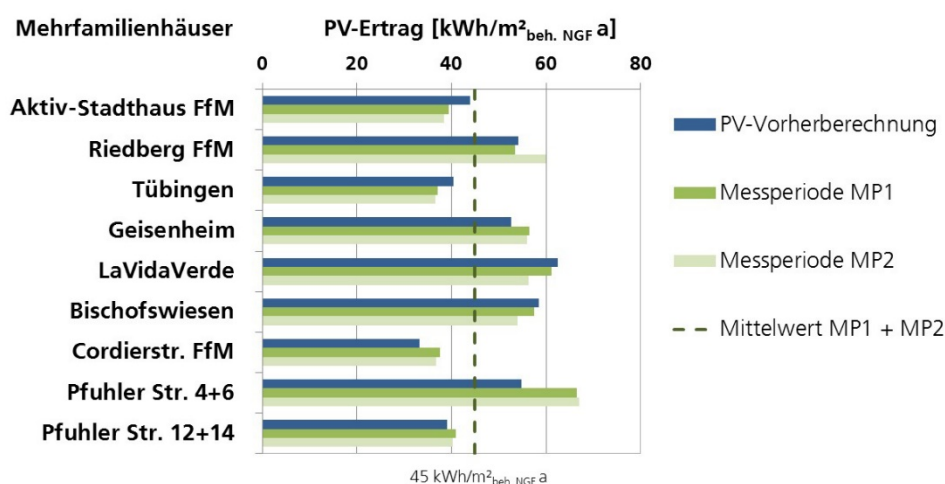


Bild 18: Vorherberechnung und Messwerte der PV-Erträge für die 1. und 2. Messperiode der Mehrfamilienhäuser bezogen auf die beheizte Nettogrundfläche.

Der höhere gemessene Ertrag der Photovoltaikanlage in der Pfuhler Straße 4+6 in Neu-Ulm gegenüber der Vorherberechnung ist unter anderem auf den Einbau einer geringfügig größeren und leistungstärkeren Anlage gegenüber der Planung zurückzuführen.

Insgesamt ist eine gute Übereinstimmung zwischen Messung und Berechnung der Erträge aus Photovoltaikanlagen erkennbar. Wie Bild 19 zeigt, liegt die Abweichung der Messwerte zur Vorherberechnung für die Ein- und Zweifamilienhäuser bei 0,2 bis 4 %, bei den Mehrfamilienhäusern war der gemessene Ertrag um etwa 3 bis 4 % geringer als vorherberechnet.

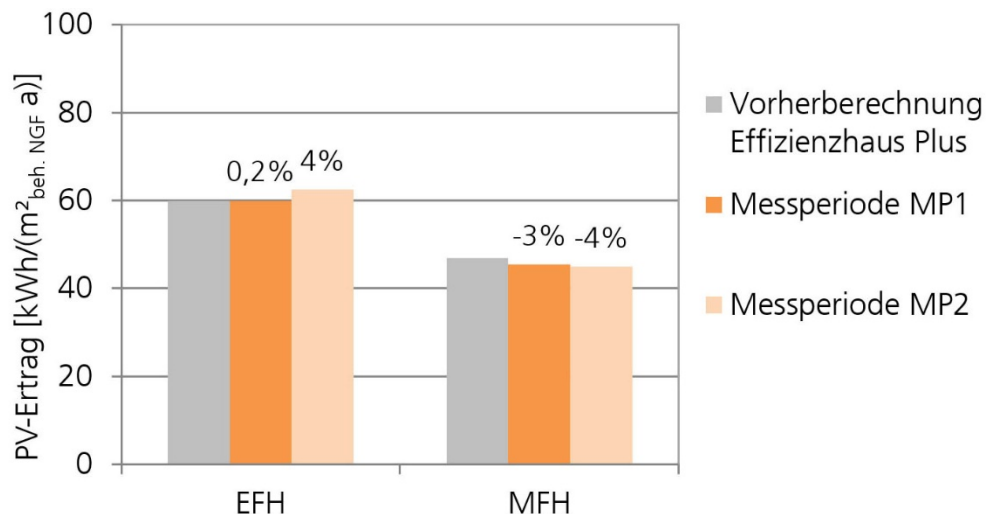


Bild 19: Mittelwert der Vorherberechnung und Messung der PV-Erträge für die 1. und 2. Messperiode der Ein- und Zweifamilienhäuser (EFH) und Mehrfamilienhäuser (MFH) bezogen auf die beheizte Nettogrundfläche und die Abweichung in Prozent von der Vorherberechnung.

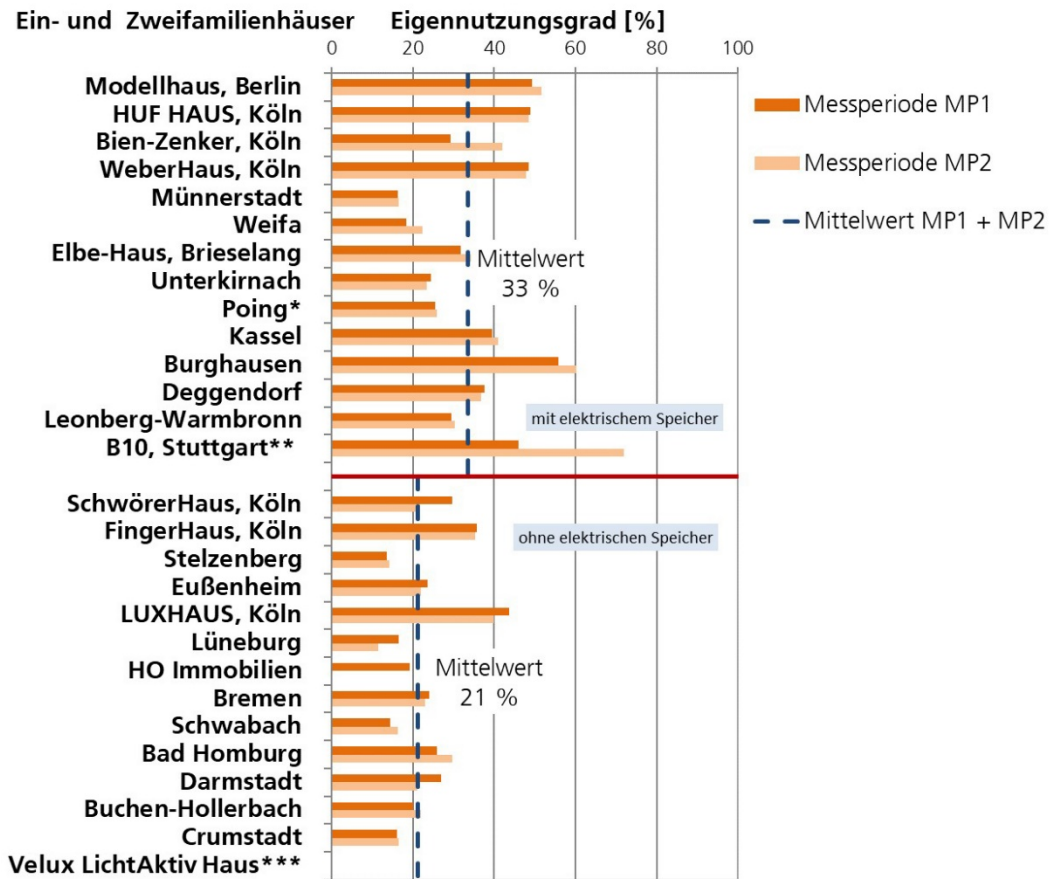
Eigennutzungsgrad

Der Eigennutzungsgrad der generierten erneuerbaren Energien ist das Verhältnis von selbst genutzter zu generierter erneuerbarer Energie innerhalb der Bilanzgrenze und wird beschrieben durch

$$\text{Eigennutzungsgrad} = \frac{\text{Eigenverbrauch erneuerbare Energie}}{\text{generierte erneuerbare Energie}}$$

Der Eigennutzungsgrad wurde auf Basis von Jahreswerten ermittelt. Mit einer Verkleinerung des Zeitschritts auf Stunden- oder Minutenwerte können sich abweichende Ergebnisse zeigen. Für die Einfamilienhäuser ist der Eigennutzungsgrad getrennt für die Gebäude mit und ohne einen elektrischen Stromspeicher in Bild 20 dargestellt. Jeweils 14 Gebäude sind mit und 14 Gebäude ohne einen elektrischen Speicher ausgerüstet. Der Eigennutzungsgrad schwankt in den beiden Messperioden zwischen 0 % (volle Einspeisung) und 70 % und liegt für Gebäude mit elektrischen Speichern im Mittel bei 33 % und für Gebäude ohne einen elektrischen Speicher bei 21 %. In Bezug auf die Nutzung der Batterie zeigen sich unterschiedliche Tendenzen. In Berlin wird der Eigennutzungsgrad durch die Batterie auf 60 % angehoben, während er in Münsterstadt aufgrund

der großdimensionierten PV-Anlage und der dazu relativ klein dimensionierten Batterie nur bei 16 % liegt. Der mit 70 % hohe Eigennutzungsgrad in Stuttgart resultiert aus dem eingeschränkten Betrieb der PV-Anlage, die nur während der Wintermonate und dem Frühjahr fehlerfrei arbeitete. Hier wird, im Vergleich zum Sommer, die relativ geringe produzierte Menge PV-Strom überwiegend direkt im Gebäude verbraucht.



*PV + Brennstoffzelle **eingeschränkter Betrieb wegen Defekt ***volle Einspeisung

Bild 20: Eigennutzungsgrad der erneuerbaren Energien der Ein- und Zweifamilienhäuser in der 1. und 2. Messperiode, getrennt nach Gebäuden mit und ohne elektrischen Speicher.

Bei den Mehrfamilienhäusern verfügen fünf von neun Gebäuden über einen elektrischen Stromspeicher. Es ergeben sich, wie Bild 21 zeigt, Eigennutzungsgrade zwischen 2 und 67 % und im Mittel 48 % für Gebäude mit Stromspeicher und 15 % für Gebäude ohne Stromspeicher.

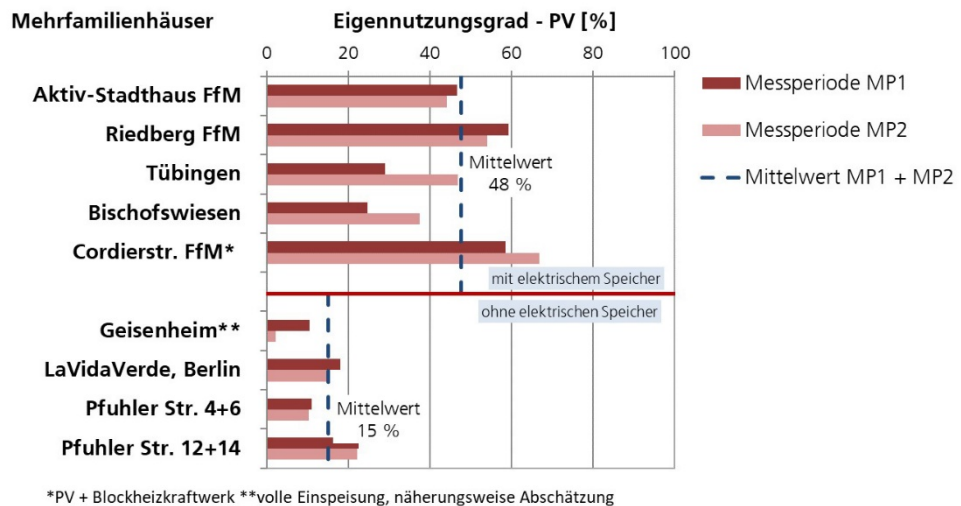


Bild 21:
Eigennutzungsgrad der erneuerbaren Energien der Mehrfamilienhäuser in der 1. und 2. Messperiode, getrennt nach Gebäuden mit und ohne elektrischen Speicher.

Planungshinweis: Der Eigennutzungsgrad kann durch den Einsatz von elektrischen Speichern problemlos um bis zu 30 % erhöht werden.

Deckungsgrad

Der Deckungsgrad der erneuerbaren Energien, der den Eigenverbrauch des selbst generierten erneuerbaren Stroms am Gesamtstromverbrauch darstellt, wird beschrieben durch

$$\text{Deckungsgrad} = \frac{\text{Eigenverbrauch selbst generierter erneuerbarer Strom}}{\text{Gesamtstromverbrauch}}$$

Für die Ein- und Zweifamilienhäuser schwankt der Deckungsgrad der Messperioden, wie Bild 22 zeigt, zwischen 0 % (vollständige Einspeisung) und 87 % und beträgt für Gebäude mit einem elektrischen Speicher im Mittel 45 % und für Gebäude ohne Batterie 26 %. Besonders positiv auffallend sind die hohen Deckungsgrade in Weifa (67 %), Burghausen (72 %) und Berlin (87 %).

Die Auswertung verdeutlicht, dass ohne Batterie im Mittel etwa 26 % des Gebäudestrombedarfs durch die PV-Anlage direkt gedeckt wird. Bei der Nutzung von Batterien wird dieser Anteil deutlich erhöht und bei gut dimensionierten Systemen auf über 50 % gesteigert.

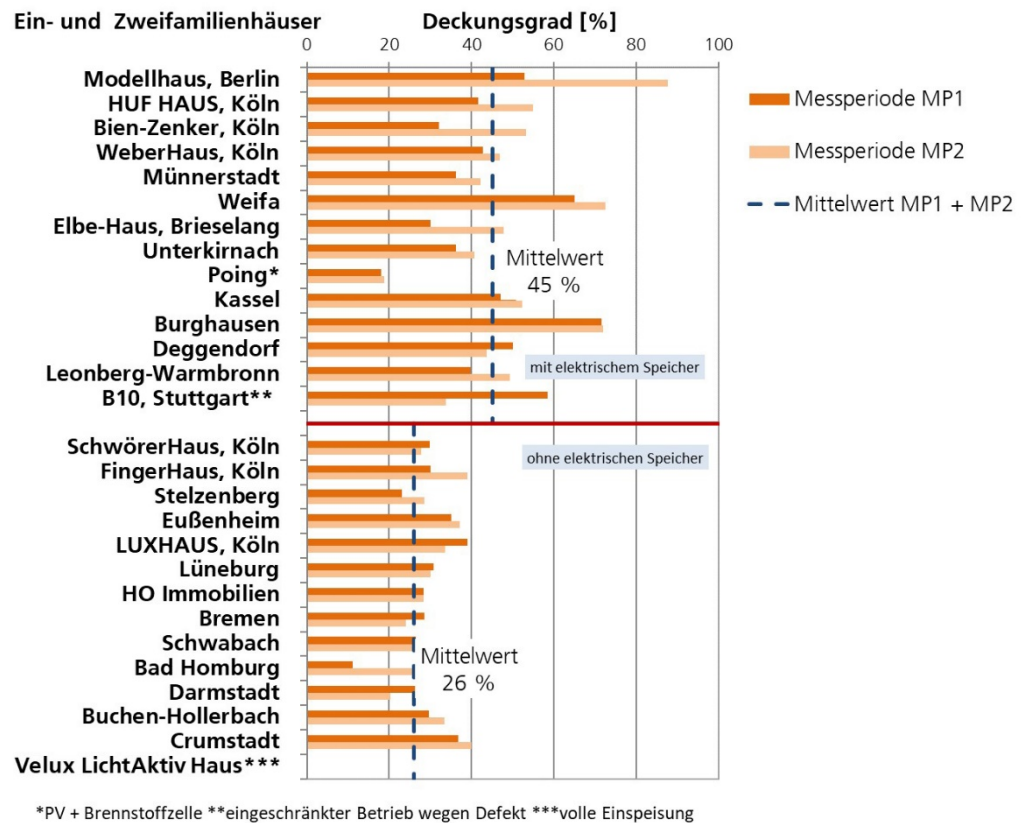


Bild 22:

Deckungsgrad erneuerbare Energie der Ein- und Zweifamilienhäuser für die 1. und 2. Messperiode.

Für die Mehrfamilienhäuser schwankt der Deckungsgrad, wie in Bild 23 zu sehen, in den beiden Messperioden zwischen 3 und 81 % und liegt im Mittel für Gebäude mit einem Stromspeicher bei 41 % und Gebäude ohne Stromspeicher bei 16 %. In der ersten Messperiode fielen die Deckungsgrade in Tübingen und Bischofswiesen geringer aus als in der zweiten Messperiode. In Tübingen war ein störungsfreier Betrieb des elektrischen Speichers erst zu Beginn der zweiten Messperiode gegeben. Durch die Nutzung des Speichers konnte der Deckungsgrad um 25 % gesteigert werden. In Bischofswiesen wird der niedrigere Deckungsgrad in der ersten Messperiode auf die siebenmonatige Deaktivierung der Batterie zurückgeführt. In der Cordierstraße in Frankfurt erreichte der Deckungsgrad durch die Nutzung eines elektrischen Speichers eine Größe von 81 %. Hier ist jedoch zu berücksichtigen, dass dadurch nur der strombasierte Anteil der Endenergie des Gebäudes, der etwa 40 % der gesamten Endenergie des Gebäudes beträgt, anteilig durch den selbst generierten PV- und BHKW-Strom gedeckt wird. 60 % der Endenergie wird durch Fernwärme gedeckt. Das Projekt in Geisenheim speist eigentlich seinen selbst generierten erneuerbaren Strom vollständig in das Universitätsnetz der Hochschule ein. Zum Vergleich mit den übrigen Modellvorhaben wurde für Bild 23 durch die örtlichen Monitoren eine näherungsweise Abschätzung durchgeführt.

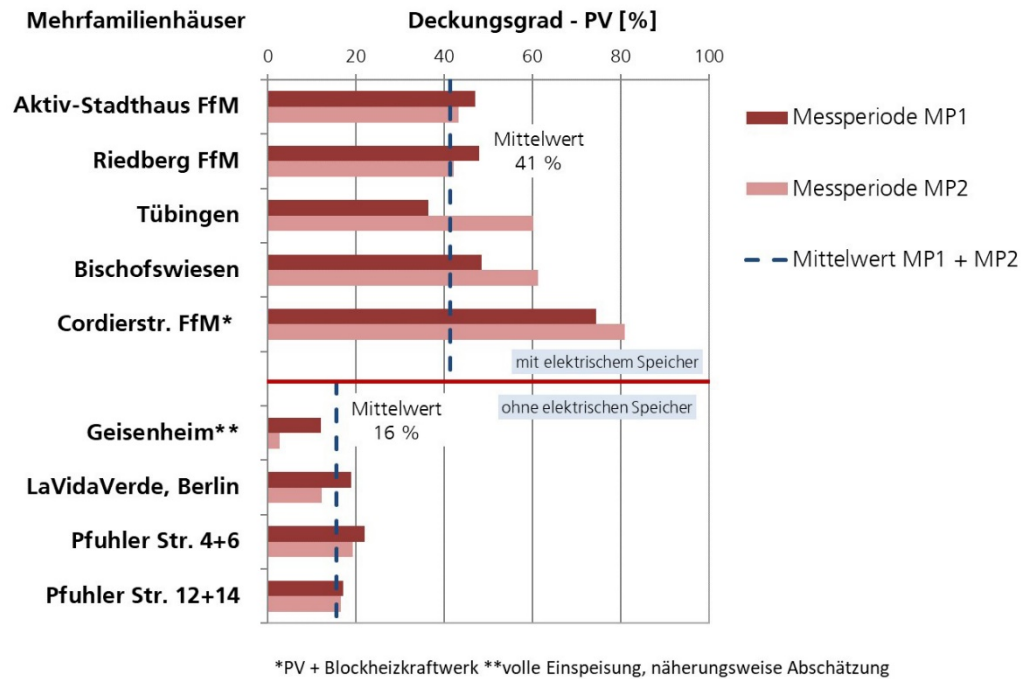


Bild 23: Deckungsgrad erneuerbare Energie der Mehrfamilienhäuser für die 1. und 2. Messperiode.

Endenergieverbrauch

Die Energiemenge der unterschiedlichen Energieträger, die an der Gebäudegrenze an die Gebäude übergeben wird, stellt den Endenergieverbrauch dar. Im Mittel hat ein Effizienzhaus Plus, das als Ein- und Zweifamilienhaus realisiert wurde, einen jährlichen Endenergieverbrauch ohne Anrechnung der selbstgenerierten erneuerbaren Energie von 46 kWh/m²a. Die Gegenüberstellung des vorherberechneten Endenergiebedarfs und Endenergieverbrauchs der einzelnen Modellvorhaben während der beiden Messperioden zeigt in Bild 24 einen überwiegenden Mehrverbrauch gegenüber dem vorherberechneten Bedarf. In der ersten Messperiode lag der Mehrverbrauch bei 24 % und konnte durch Optimierungen auf einen Mehrverbrauch von 13 % reduziert werden. Die Optimierungen wurden vorrangig im Bereich der haustechnischen Anlagen (u. a. Anpassung der Vorlauftemperaturen, hydraulische Verbesserungen) aber auch durch Empfehlungen im Bereich des Nutzerstromverbrauchs (z. B. Steuerung des Lichts über Präsenzmelder) durchgeführt. Für einige Modellvorhaben fehlten die monetären Mittel, um optimierend auf die Anlagentechnik einzuwirken. Da viele Projekte die erste Messperiode zur Einregulierung benötigten, ist, um allgemein den Erfolg von Optimierungsmaßnahmen qualitativ bewerten zu können, eine längere Monitoringphase erforderlich.

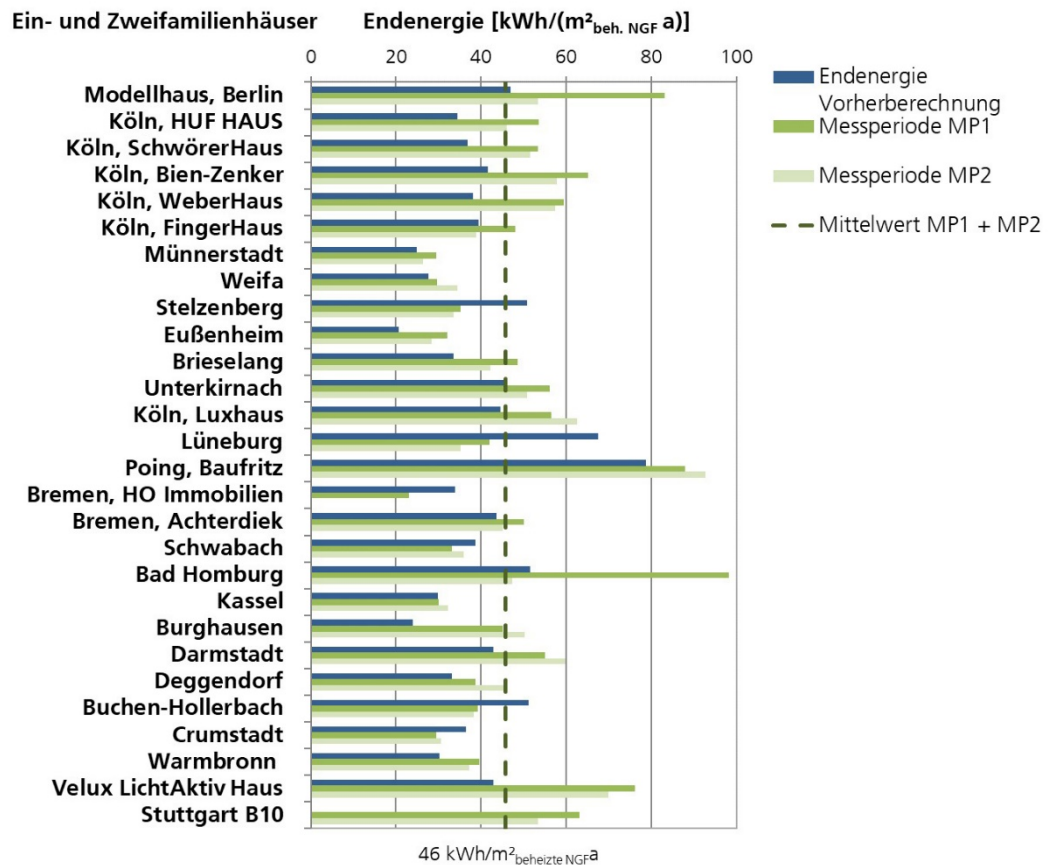
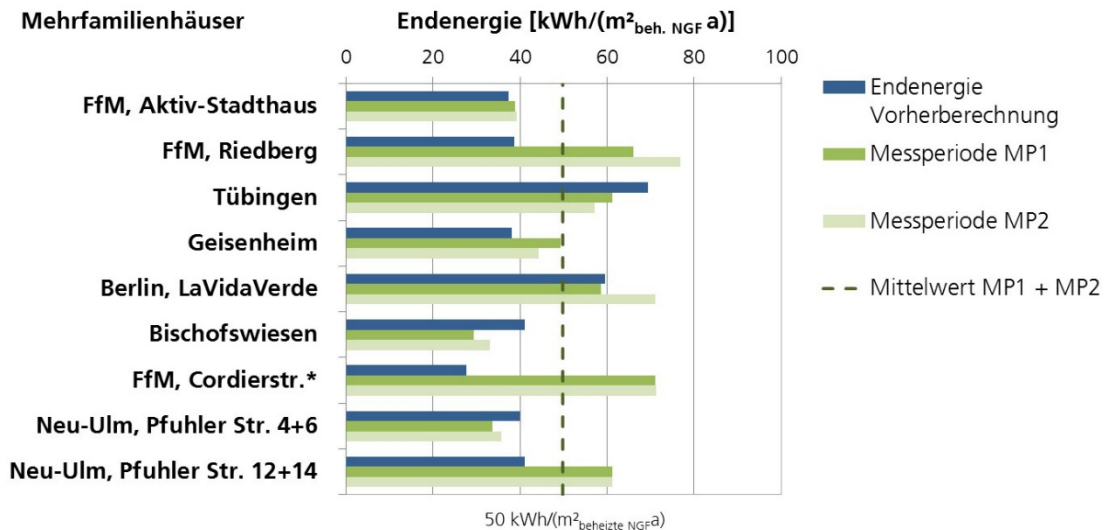


Bild 24:
Vorherberechnung und Messwerte Endenergieverbrauch für die 1. und 2. Messperiode der Ein- und Zweifamilienhäuser.

Für die Mehrfamilienhäuser sind der vorherberechnete Endenergiebedarf sowie die gemessenen Endenergieverbräuche der beiden Messperioden in Bild 25 dargestellt. Hier zeigen sich unterschiedliche Tendenzen: während 2/3 der Projekte ungefähr so viel Endenergie verbrauchen wie prognostiziert, benötigen 1/3 der Projekte mehr Endenergie als vorherberechnet. Bei den Gebäuden in Frankfurt Riedberg und Pfuher Straße 12+14 in Neu-Ulm führte eine nicht optimal ausgebildete Anlagentechnik zum Mehrbedarf an Endenergie. Beim Projekt Cordierstraße in Frankfurt lieferte das zum Zeitpunkt der Antragstellung gültige Berechnungsverfahren durch Verrechnung des beim Betrieb des Wärmeerzeugers (BHKW) erzeugten Stroms mit der bezogenen Endenergie keinen Endenergiebedarf für den Energieträger Biogas. Die vollständige Substitution konnte im Betrieb nicht bestätigt werden. Im Mittel besitzen die Mehrfamilienhäuser im Betrieb einen Endenergieverbrauch von 50 kWh/m²_{beh.} NGF a.



*zum Zeitpunkt der Antragstellung gültige Berechnungsverfahren liefert vollständige Verrechnung Endenergiebedarf BHKW

Bild 25:
Endenergieverbrauch Vorherberechnung und Messwerte für die 1. und 2. Messperiode für die Mehrfamilienhäuser.

Planungshinweis: Ein- und Zweifamilienhäuser im Effizienzhaus Plus-Standard haben im Mittel einen jährlichen Endenergieverbrauch von 46 kWh/m²_{beh. NGF a}, Mehrfamilienhäuser benötigen jährlich im Mittel etwa 50 kWh/m²_{beh. NGF a} Endenergie ohne Abzug der selbstgenerierten erneuerbaren Energie.

Eine genauere Analyse zur ursächlichen Einordnung der Mehrverbräuche wird in der folgenden detaillierteren Betrachtung durchgeführt, wobei der gesamte Endenergieverbrauch der Gebäude in die folgenden Verbrauchsanteile unterteilt wird:

- Heizung, Trinkwarmwasser, Hilfsenergie.
- Beleuchtung, Haushaltsgeräte, -prozesse und Sonstiges.

Dabei ist der Anteil für Heizung, Trinkwarmwasser und Hilfsenergie den EnEV-Berechnungen nach der DIN V 18599 entnommen. Die prognostizierten Werte für die Beleuchtung und den Haushaltsstrom basieren auf den Vorgaben des Effizienzhaus Plus-Standards.

Eine Aufteilung der Messwerte in die zuvor genannten Gruppen zeigt in Bild 26, dass Mehrverbräuche beim Betrieb der Gebäude sowohl im Bereich der Anlagentechnik als auch bei der Haushaltsstromnutzung auftreten. Im Bereich der Anlagentechnik weisen 7 der 28 Objekte deutliche Differenzen auf. Hier sind Ineffizienzen der Anlagentechnik in den Projekten in Berlin, bei den Fertighäusern von Schwörer und Bien-Zenker und beim Velux LichtAktiv Haus zu nennen. Betriebsbedingte Mehrverbräuche durch die ganzjährige Nutzung der elektrischen Fußbodenheizung sowie die Kühlung des Gebäudes im Sommer sind für das WeberHaus zu verzeichnen. In Bad Homburg resultiert die große Abwei-

chung des Endenergieverbrauchs in der 1. Messperiode gegenüber der Vorherberechnung aus der ausgiebigen Nutzung eines Scheitholzkamins. In Deggendorf sind hohe Pufferspeicherverluste registriert worden, die durch eine Direktheizung in Form eines Heizstabs ausgeglichen werden mussten.

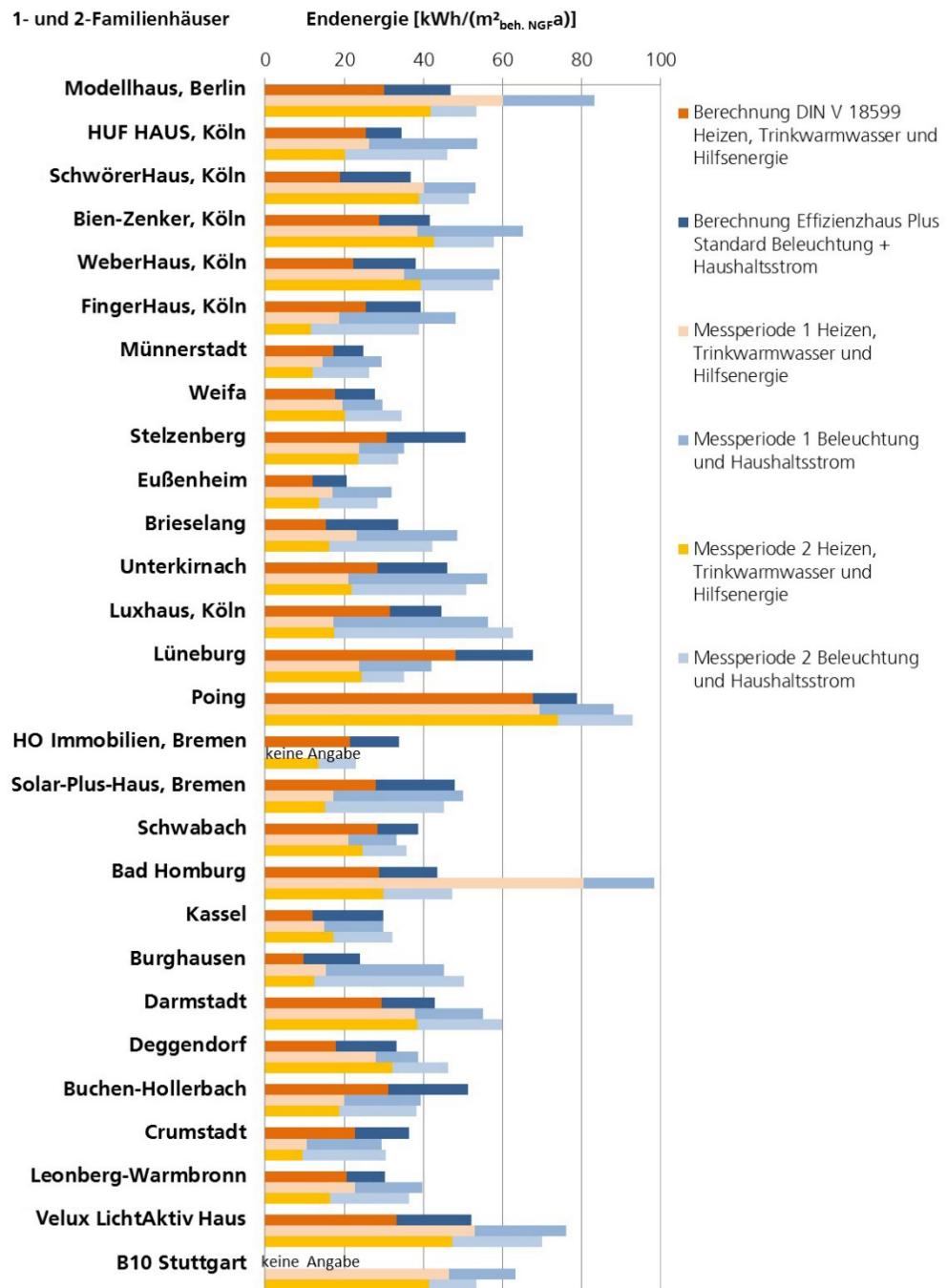


Bild 26: Vergleich Endenergiebedarf nach DIN V 18599 und Haushaltsstrom nach Effizienzhaus Plus-Standard der Ein- und Zweifamilienhäuser mit den Messwerten der 1. und 2. Messperiode.

Bei den Haushaltsstromverbräuchen lassen sich ähnliche Tendenzen feststellen. Bei den Projekten HUF, Bien-Zenker, Weber, Finger, Brieselang, Unterkirnach,

LUXHAUS, Solar-Plus Bremen und in Burghausen sind deutlich höhere Verbräuche im Bereich des Haushaltsstroms und der Beleuchtung zu verzeichnen, die restlichen Objekte weisen eine gute Übereinstimmung zwischen Vorherberechnung und Validierungsmessung auf. Bei den Gebäuden der Fertighausindustrie sind die höheren Nutzerstromverbräuche ursächlich auf einen erhöhten Beleuchtungsstromverbrauch zu Werbezwecken zurückzuführen. In Bremen und Burghausen wurde der Mehrverbrauch des Nutzerstroms durch eine Büronutzung verursacht. Bei der überwiegenden Anzahl der Gebäude ist tendenziell in der 2. Messperiode eine Reduzierung des Endenergieverbrauchs erkennbar, der auf Einregulierungen und Optimierungen zurückzuführen ist. Bei Modellvorhaben, die über eine Gebäudeautomation verfügen und diese gesondert vermessen, beträgt der Endenergiebedarf für die Gebäudeautomation im Mittel 7 % des Gesamtstrombedarfs. Die Ergebnisse nach erfolgter Einregulierung können im Rahmen der erzielbaren Genauigkeit als im hohen Maße übereinstimmend eingestuft werden.

Für die Mehrfamilienhäuser ist die vergleichende Darstellung des Endenergiebedarfs und gemessenen Verbrauchs aufgeteilt in die verschiedenen Kategorien in Bild 27 gezeigt.

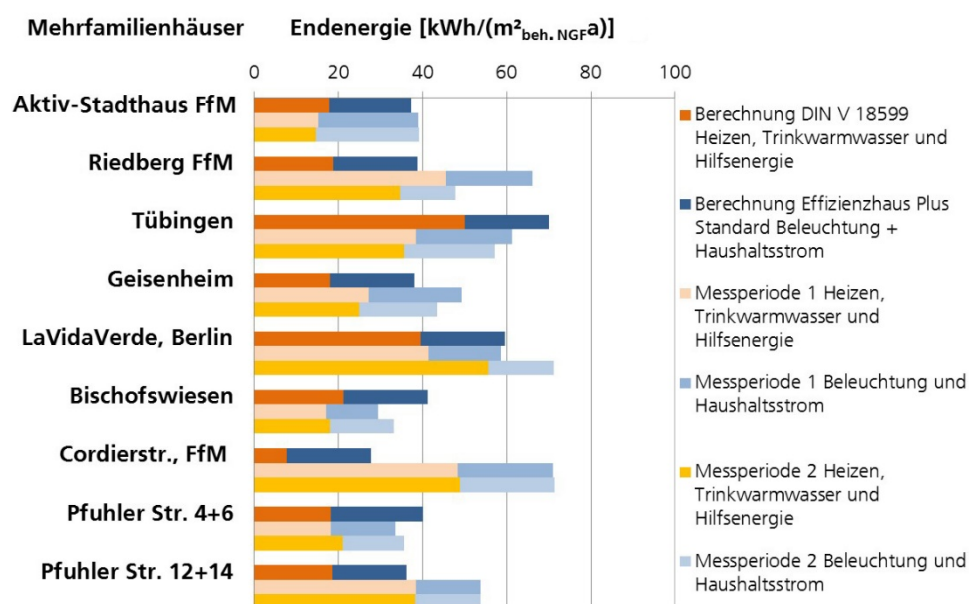


Bild 27: Vergleich Endenergiebedarf nach DIN V 18599 und Haushaltsstrom nach Effizienzhaus Plus-Standard der Mehrfamilienhäuser mit den Messwerten der 1. und 2. Messperiode.

Dabei ist der Mehrverbrauch der Endenergie für die Projekte in Frankfurt Riedberg und der Pfuher Str. 12+14 in Neu-Ulm gegenüber der Vorherberechnung auf Ineffizienzen beim Betrieb der Wärmepumpen in Verbindung mit einem Eisspeicher zurückzuführen. Während der Heizperiode waren die Eisspeicher jeweils frühzeitig vereist, so dass der Heizbetrieb mit einem elektrischen Heizstab unterstützt werden musste. In Berlin wurde in der 2. Messperiode vermehrt ergänzend der Holzpelletkessel betrieben und führte gegenüber dem vorrangigen

Betrieb der Wärmepumpe zu einem Endenergiemehrverbrauch. In Frankfurt (Cordierstraße) basiert die Abweichung zwischen Berechnung und Messung auf der bereits beschriebenen Bilanzierungsweise zum Zeitpunkt der Antragstellung. Alle übrigen Projekte verbrauchen in etwa so viel Endenergie wie vorherberechnet.

Insgesamt zeigt sich für alle Modellvorhaben des Netzwerks, dass ungefähr 44 % der Endenergie für den Nutzerstrom und 56 % für die Bereitstellung von Heizwärme und Trinkwarmwasser sowie die zugehörigen Hilfsenergien verwendet wird.

Endenergieanteile Gebäude im Netzwerk Effizienzhaus Plus

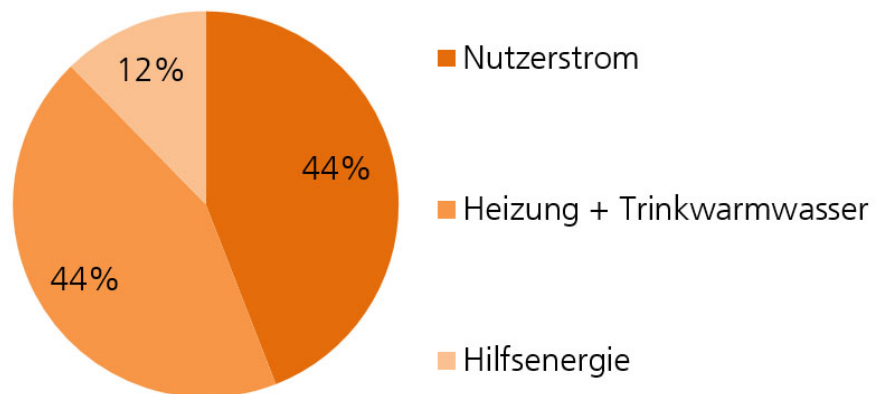


Bild 28:
Endenergieanteile der Modellvorhaben Effizienzhaus Plus für Heizung, Trinkwarmwasser, Hilfsenergie und Nutzerstrom.

Primärenergieverbrauch

Die Modellvorhaben haben jeweils eine zweijährige Messperiode durchlaufen, die aufgrund der individuellen Fertigstellungstermine unterschiedliche Messintervalle beinhalten. Während die ersten Projekte im Jahr 2012 mit ihrer Messkampagne begonnen und diese in 2015 abgeschlossen haben, konnten einige Projekte ihre Messperiode erst im Jahr 2018 beenden. Im Laufe dieser Zeit erfolgte eine Änderung der EnEV und damit auch der Primärenergiefaktoren, wie Tabelle 3 zeigt.

Tabelle 3:
Primärenergiefaktoren für EnEV-Berechnung und Effizienzhaus Plus-Bilanzierung für die Jahre ab 2009, ab Mai 2014 und ab 2016.

	Primärenergiefaktor f_p	Primärenergiefaktor f_p	Primärenergiefaktor f_p
	EnEV ₂₀₀₉ (DIN V 18599-1:2007-2)	EnEV _{1.5.2014} (DIN V 18599-1:2011-12)	EnEV _{1.1.2016} (DIN V 18599-1:2011-12)
	Effizienzhaus Plus	Effizienzhaus Plus	Effizienzhaus Plus
Allgemeiner Strommix	2,6 2,4* *Effizienzhaus Plus	2,4	1,8
Netzeingespeister Strom (Verdrängungsstrommix)	2,8	2,8	2,8
Erdgas	1,1	1,1	1,1
Holz	0,2	0,2	0,2
Biogas	0,5	0,5	0,5
Fernwärme aus KWK	0,0	0,0	0,0

Die Modellvorhaben der Ein- und Zweifamilienhäuser wiesen in den beiden Messperioden im Mittel einen jährlichen Primärenergieverbrauch ohne Anrechnung der selbsterzeugten erneuerbaren Energien von $65 \text{ kWh/m}^2_{\text{beh. NGFA}}$ aus. Bei den Mehrfamilienhäusern betrug der mittlere jährliche Primärenergieverbrauch $58 \text{ kWh/m}^2_{\text{beh. NGFA}}$.

End- und Primärenergieüberschuss

Aus den Endenergieverbräuchen und dem selbst generierten erneuerbaren Strom bzw. dem in das öffentliche Stromnetz zurückgespeisten Strom können der Endenergieüberschuss und der Primärenergieüberschuss der Modellvorhaben bestimmt werden.

Für die Einfamilienhäuser liegt der Endenergieüberschuss, wie Bild 29 zeigt, zwischen -56 und $77 \text{ kWh/m}^2_{\text{beh. NGFA}}$ und beträgt im Mittel $15 \text{ kWh/m}^2_{\text{beh. NGFA}}$. Primärenergetisch erreichen die Ein- und Zweifamilienhäuser ein Plus von im Mittel $56 \text{ kWh/m}^2_{\text{beh. NGFA}}$.

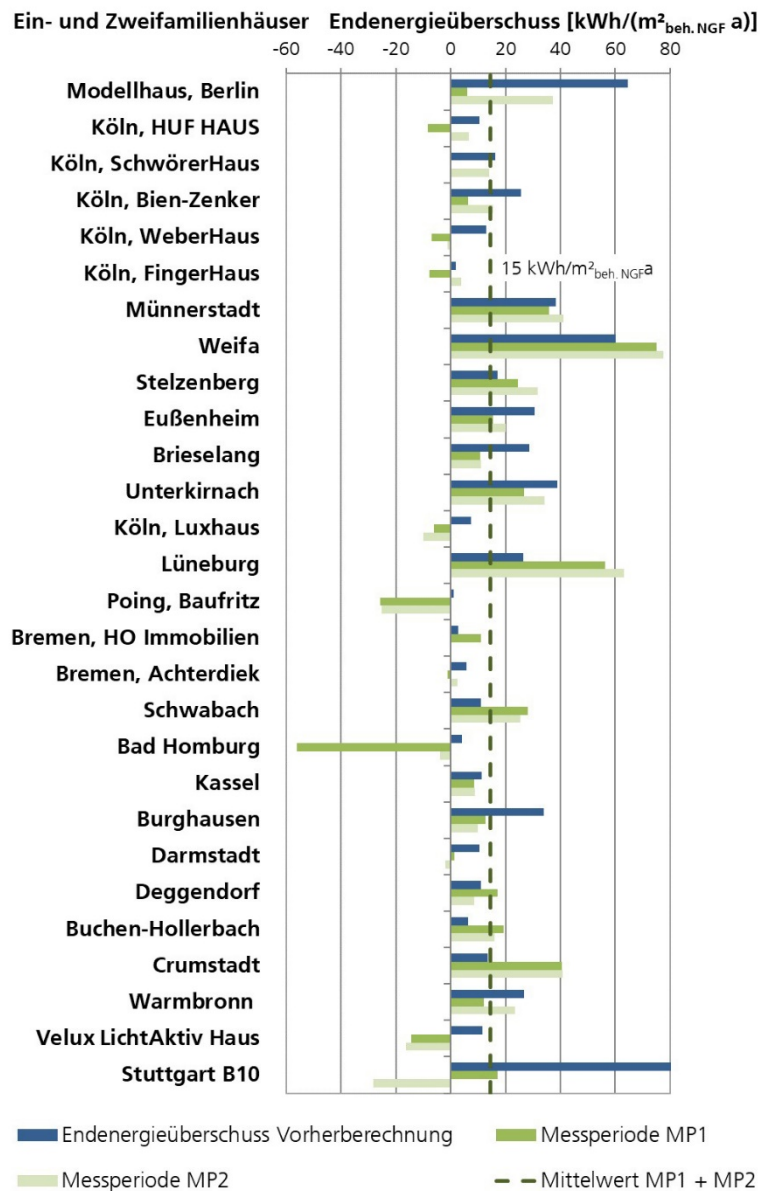


Bild 29:
Endenergieüberschuss der Einfamilienhäuser im Effizienzhaus Plus-Standard in der 1. und 2. Messperiode.

Bei den Mehrfamilienhäusern lag der Endenergieüberschuss, wie in Bild 30 zu sehen, zwischen -22 und $31 \text{ kWh}/\text{m}^2_{\text{beh. NGFa}}$. Im Mittel über alle Häuser wurde kein Überschuss erreicht, die Unterdeckung lag bei $-4 \text{ kWh}/\text{m}^2_{\text{beh. NGFa}}$.

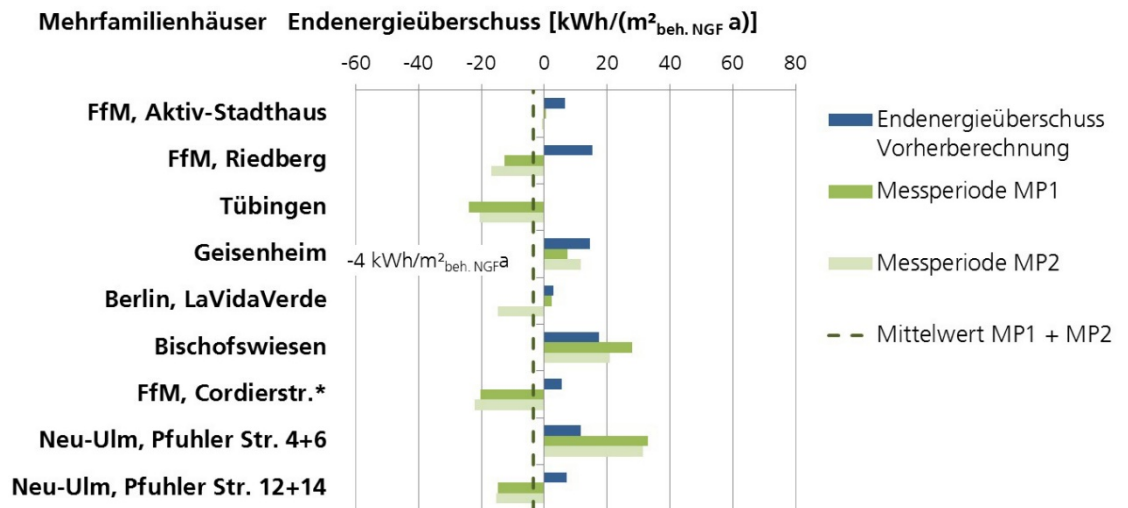


Bild 30:
Endenergieüberschuss der Mehrfamilienhäuser im Effizienzhaus Plus-Standard in der 1. und 2. Messperiode.

Bedingt durch die bereits beschriebenen teilweisen Endenergiemehrverbräuche in Verbindung mit ggf. Mindererträgen der Photovoltaikanlagen fielen die End- und Primärenergieüberschüsse teilweise geringer aus als vorherberechnet. Die vielschichtigen Gründe wurden bereits erörtert. Eine zusammenfassende Übersicht des Erreichens oder Abweichens der vorherberechneten Werte für den PV-Ertrag, den Endenergieverbrauch Haustechnik und Nutzerstrom sowie des Erreichens des Effizienzhaus Plus-Zustands im Betrieb zeigt Tabelle 4. Dabei kann ein Gebäude trotz Unterschreitung der vorherberechneten Werte den Effizienzhaus Plus-Standard erfüllen.

Planungshinweis: Bei der Dimensionierung der Photovoltaikanlage sollte eine Überdimensionierung von 10 bis 20 % zum Ausgleich einer nicht optimalen Gebäudeperformance durchgeführt werden, um ein Plus sicher zu erreichen.































Tabelle 4:

Zusammenfassende Übersicht: Vergleich Berechnung und Messung für die Komponenten PV-Ertrag, Endenergie Technik, Endenergie Nutzerstrom sowie Einhaltung Effizienzhaus Plus-Standard der Modellvorhaben.

		PV-Ertrag versus Berechnung		Endenergieverbrauch Heizen, TWW, Lüftung, Hilfsenergie versus Berechnung		Endenergieverbrauch Beleuchtung, Haushaltsstrom, Sonstiges versus Berechnung		Monitoring Endenergie < 0 Primärenergie < 0 Effizienzhaus Plus erreicht		Haupteinfluss von Abweichungen Vorherberechnung und Messung
		MP1	MP2	MP1	MP2	MP1	MP2	MP1	MP2	
(0)	Modellhaus, Berlin							<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Geringerer PV-Ertrag durch Verschattung
(1)	Köln HUF HAUS							-	<input checked="" type="checkbox"/>	Hoher Nutzerstromverbrauch durch Beleuchtung
(2)	Köln SchwörerHaus							<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Mehrverbrauch Haustechnik
(3)	Köln Bien-Zenker							<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Mehrverbrauch Haustechnik und Nutzerstrom
(4)	Köln WeberHaus							- *	- *	Mehrverbrauch Haustechnik (Gebäudekühlung) und Nutzerstrom (Beleuchtung)
(5)	Köln FingerHaus							-	<input checked="" type="checkbox"/>	Mehrverbrauch Nutzerstrom (Beleuchtung)
(6)	Münnerstadt							<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Mehrverbrauch Nutzerstrom
(7)	Weifa							<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-
(8)	Stelzenberg							<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-
(9)	Eußenheim							<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Mehrverbrauch Nutzerstrom

		PV-Ertrag versus Berechnung		Endenergieverbrauch Heizen, TWW, Lüftung, Hilfsenergie versus Berechnung		Endenergieverbrauch Beleuchtung, Haushaltsstrom, Sonstiges versus Berechnung		Monitoring Endenergie < 0 Primärenergie < 0 Effizienzhaus Plus erreicht		Haupteinfluss von Abweichungen Vorherberechnung und Messung
		MP1	MP2	MP1	MP2	MP1	MP2	MP1	MP2	
(10)		→	↓	↑	→	↑	↑	☑	☑	Mehrverbrauch Nutzerstrom, hier Sonstiges ohne Zuordnung
(11)		→	→	↓	↓	↑	↑	☑	☑	Mehrverbrauch Nutzerstrom
(12)		→	→	↓	↓	↑	↑	-	-	Mehrverbrauch Nutzerstrom
(13)		→	→	↓	↓	→	↓	☑	☑	-
(14)		→	→	→	→	↑	↑	-*	-*	Ausfall Brennstoffzelle Mehrverbrauch Nutzerstrom
(15)		Keine Angabe	→	Keine Angabe	↓	Keine Angabe	↓	Keine Angabe	☑	-
(16)		→	→	↓	↓	↑	↑	-	☑	Mehrverbrauch Nutzerstrom, hier Wohn- und Büronutzung
(17)		↑	↑	↓	→	→	→	☑	☑	-
(18)		↓	↓	↑	→	→	→	-*	-*	Vermehrte Nutzung Scheitholzkamin
(19)		→	→	↑	↑	→	→	☑	☑	Haustechnik, frühzeitige Vereisung Eisspeicher
(20)		→	→	↑	↑	↑	↑	☑	☑	Mehrverbrauch Nutzerstrom, hier Wohn- und Büronutzung

		PV-Ertrag versus Berechnung		Endenergieverbrauch Heizen, TWW, Lüftung, Hilfsenergie versus Berechnung		Endenergieverbrauch Beleuchtung, Haushaltsstrom, Sonstiges versus Berechnung		Monitoring Endenergie < 0 Primärenergie < 0 Effizienzhaus Plus erreicht		Haupteinfluss von Abweichungen Vorherberechnung und Messung
		MP1	MP2	MP1	MP2	MP1	MP2	MP1	MP2	
(21)	Aktiv-Stadthaus, FfM							<input checked="" type="checkbox"/>	- *	PV-Ertrag geringer
(22)	Riedberg, FfM							-	-	Haustechnik, frühzeitige Vereisung Eisspeicher
(23)	Darmstadt							<input checked="" type="checkbox"/>	- *	Mehrverbrauch Nutzerstrom
(24)	Tübingen							- *	- *	Anschlusszwang Nahwärme
(25)	Geisenheim							<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-
(26)	Deggendorf							<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-
(27)	Berlin, LaVidaVerde							<input checked="" type="checkbox"/>	- *	Haustechnik, Ausfall Wärmepumpe, Nutzung Pelletkessel
(28)	Bischofswiesen							<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-
(29)	Buchen-Hollerbach							<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-
(30)	Crumstadt							<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-
(31)	Frankfurt, Codierstraße							- *	- *	Wärmeerzeuger BHKW
(101)	Leonberg							<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-

		PV-Ertrag versus Berechnung		Endenergieverbrauch Heizen, TWW, Lüftung, Hilfsenergie versus Berechnung		Endenergieverbrauch Beleuchtung, Haushaltsstrom, Sonstiges versus Berechnung		Monitoring Endenergie < 0 Primärenergie < 0 Effizienzhaus Plus erreicht		Haupteinfluss von Abweichungen Vorherberechnung und Messung
		MP1	MP2	MP1	MP2	MP1	MP2	MP1	MP2	
(102) Hamburg VELUX LichtAktiv Haus								-	-*	Haustechnik
(103) Stuttgart B10				Keine Vorherberechnung		Keine Vorherberechnung		<input checked="" type="checkbox"/>	-	-
(201a) Neu-Ulm Pfuher Straße 4+6								<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-
(201b) Neu-Ulm Pfuher Straße 12+14								-	-	Haustechnik, frühzeitige Vereisung Eisspeicher
Anzahl	37							24	24	
Legende:  PV-Ertrag < - 10 %  PV-Ertrag ± 10 %  PV-Ertrag > 10 %  Endenergie < - 20 %  Endenergie ± 20 %  Endenergie > 20 % *nur Primärenergie < 0										

5.3 Validierung des Effizienzhaus Plus-Ansatzes

Zur Bilanzierung des Effizienzhaus Plus-Standards ist die Einbeziehung des Nutzerstroms erforderlich. Dabei wird der Haushaltsstrom in die Anteile Beleuchtung, Haushaltsgeräte und Sonstiges unterteilt. Die Verteilung des Pauschalwertes verdeutlicht Tabelle 5. Auf der Grundlage der Förderrichtlinie aus 2011 wurde bei der Planung ein pauschaler Wert von 20 kWh/m²a, jedoch maximal 2500 kWh/a je Wohneinheit angesetzt. Das bedeutet, dass bis zu einer beheizten Wohnfläche von 125 m² je Wohneinheit ein Nutzerstrom von 20 kWh/m² angesetzt wird, darüber wird der Absolutwert von 2500 kWh/a auf die beheizte Wohnfläche verteilt und entsprechend eine Größe unter 20 kWh/m² berücksichtigt.

Tabelle 5:
Anzusetzender pauschaler Endenergiebedarf für Beleuchtung, Haushaltsgeräte, Kochen und Sonstiges nach Effizienzhaus Plus-Standard. Alternativ können auch für die Summe von Haushaltsgeräten, Kochen und Sonstiges 17 kWh/m²a angesetzt werden.

Effizienzhaus Plus-Standard	Pauschal [kWh/m ² a]	Maximum je Wohneinheit [kWh/a]
Beleuchtung	3	-
Haushaltsgeräte	10	-
Kochen	3	-
Sonstiges	4	-
Summe	20	2500

Für die Ein- und Zweifamilienhäuser kam aufgrund der Größe der Wohneinheiten überwiegend das wohneinheitsbezogene Grenzkriterium (2500 kWh/a je WE) zum Tragen. Nur für die Modellvorhaben in Stelzenberg, Bremen Solar-Plus-Haus (2 WE je < 125 m²), Buchen-Hollerbach (2 WE je < 125 m²) und Stuttgart B10 wird die pauschale Größe (20 kWh/m²a) angesetzt. Für die Mehrfamilienhäuser wird aufgrund der Wohnungsgrößen für alle Vorhaben der pauschale Wert von 20 kWh/m² vorherberechnet.

Für die Ein- und Zweifamilienhäuser zeigt ein Vergleich der Messwerte des Nutzerstroms mit den vorherberechneten Werten in Bild 31 unterschiedliche Tendenzen: die Musterhäuser, die in Köln-Frechen in der FertighausWelt durch die Firmen HUF HAUS, Bien-Zenker, SchwörerHaus, WeberHaus, FingerHaus und LUXHAUS realisiert wurden, weisen teilweise einen sehr hohen Energiebedarf für die

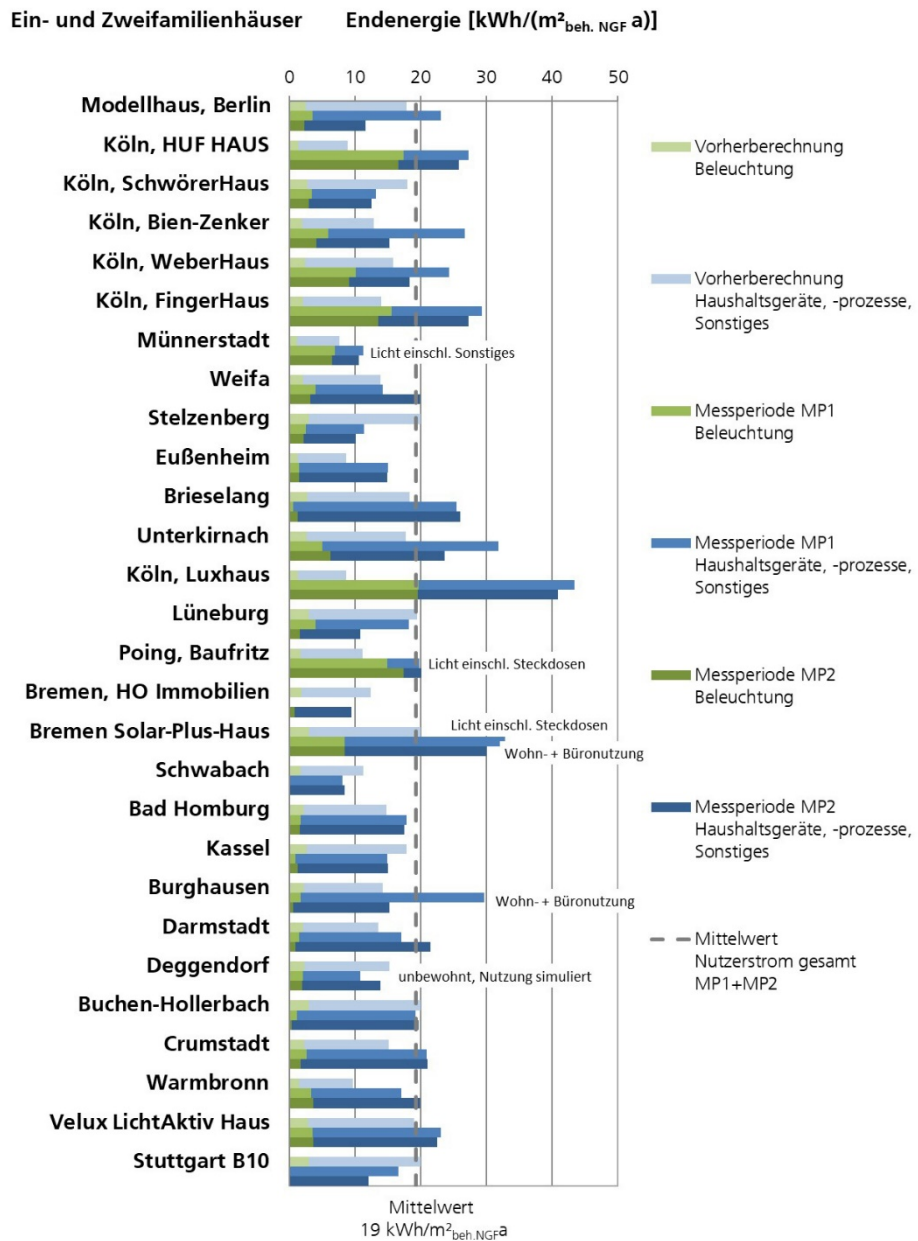


Bild 31:
Endenergiebedarf und -verbrauch der Einfamilienhäuser im Effizienzhaus Plus-Standard für den Nutzerstrom getrennt nach Beleuchtung und Haushaltsgeräten inklusive Sonstigem der 1. und 2. Messperiode.

Beleuchtung auf. Dieser ist auf die nächtliche Nutzung der Beleuchtung und die in Teilbereichen überdimensionierten Leuchten zu Werbezwecken zurückzuführen. Das Projekt in Münnerstadt lieferte keine Messwerte für die Beleuchtung, sondern berechnete diese aus der Bilanz und enthält des Weiteren einen nicht näher benannten Anteil Sonstiges. Die Endenergie für die Beleuchtung für die Projekte in Schwabach und Stuttgart wird nicht extra erfasst und ist im gesamten Nutzerstrom enthalten. Für die Projekte in Poing und Bremen Solar-Plus-Haus sind in der Messstelle Beleuchtung auch die Steckdosen erfasst. Die Pro-

jekte in Bremen (Solar-Plus-Haus) und Burghausen verfügen neben der Wohnnutzung auch über eine Büronutzung. Das Gebäude in Stelzenberg wird als Ferienhaus genutzt, das Gebäude in Deggendorf ist nicht bewohnt und eine Nutzung wird über eine Simulation generiert.

Auf Basis der Messwerte kann daher nicht zu jedem Modellvorhaben eine detaillierte Angabe der Verbräuche für die Untergruppen Beleuchtung und Haushaltsgeräte, Kochen und Sonstiges erfolgen. Der Gesamtnutzerstromverbrauch der Ein- und Zweifamilienhäuser beträgt minimal 7 kWh/m²_{beh. NGFa} und maximal 45 kWh/m²_{beh. NGFa} und liegt im Mittel bei 19 kWh/m²_{beh. NGFa}.

In den Mehrfamilienhäusern wurden im Projekt LaVidaVerde in Berlin und in den Projekten der Pfuhler Straße in Neu-Ulm in ausgewählten Wohnungen detaillierte Messungen des Nutzerstroms für die Anteile Beleuchtung, Kochen, Haushaltsstrom und Sonstiges durchgeführt. Alle übrigen Modellvorhaben liefern den Gesamtnutzerstrom je Wohneinheit bzw. je Gebäude. Wie Bild 32 zeigt, schwankt der Nutzerstrom für die Mehrfamilienhäuser zwischen 15 und 25 kWh/m²_{beh. NGFa} und beträgt im Mittel 20 kWh/m²_{beh. NGFa}. Bei den überwiegend mit Mietwohnungen ausgestatteten Gebäuden zeigten sich teilweise wechselnde Belegungen, auch mit Leerständen, so dass eine mittlere Größe von 20 kWh/m²_{beh. NGFa} für den Ansatz einer ersten Bilanzierung eines Gebäudes eine gute Abschätzung liefert.

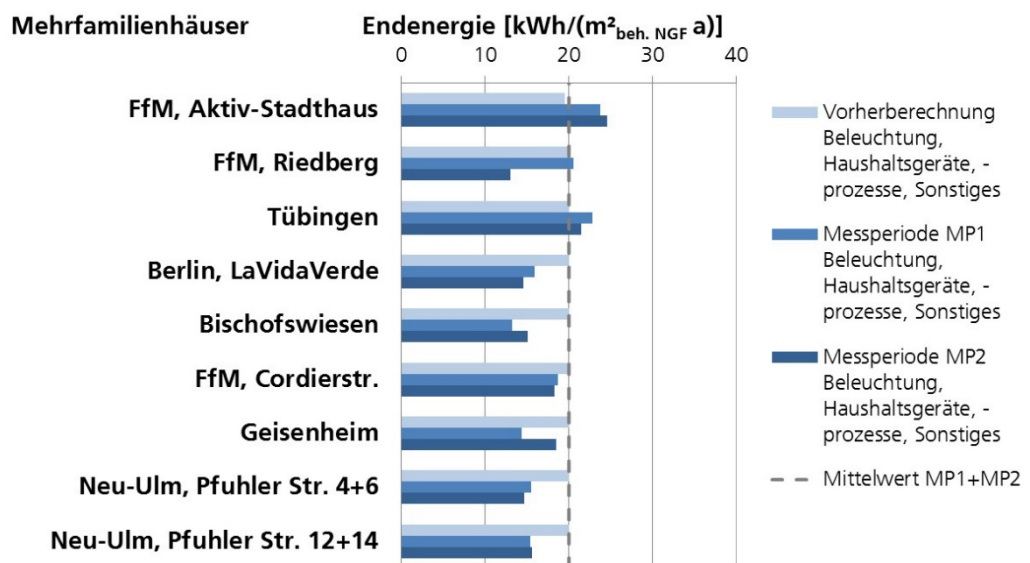


Bild 32: Endenergiebedarf und -verbrauch der Mehrfamilienhäuser im Effizienzhaus Plus-Standard für den Nutzerstrom getrennt nach Beleuchtung und Haushaltsgeräte inklusive Sonstigem der 1. und 2. Messperiode.

Endenergie Nutzerstrom Anteil Beleuchtung bei Ein- und Zweifamilienhäusern

Nach der Effizienzhaus Plus-Bilanzierung wurde für die Beleuchtung ein Endenergiebedarf von $3 \text{ kWh/m}^2_{\text{beh. NGF}}$, jedoch maximal 375 kWh/a je Wohneinheit angesetzt, der im Folgenden überprüft werden soll. Wie zuvor beschrieben lässt nicht jedes Modellvorhaben eine eindeutige Zuordnung der Messwerte zum Verbrauch der Beleuchtung zu. Ferner wurde nicht dokumentiert, ob in der Messstelle Beleuchtung auch Stromverbräuche über Steckdosen betriebener Leuchten eingeschlossen sind. Auf die teilweise extrem hohen Stromverbräuche der Musterhäuser wurde bereits verwiesen. In Bild 33 wird der Endenergieverbrauch für die Beleuchtung ohne Berücksichtigung der Musterhäuser und der Objekte, die keine Einzelmessung der Beleuchtung vornehmen, dargestellt. Der spezifische Beleuchtungsstromverbrauch schwankt zwischen $0,4$ und $6,3 \text{ kWh/m}^2_{\text{beh. NGF}}$ und liegt im Mittel bei $2,3 \text{ kWh/m}^2_{\text{beh. NGF}}$. Vorherberechnet war für diese Gebäude resultierend aus der wohneinheitsbezogenen Grenzgröße ein Verbrauch von im Mittel $2,25 \text{ kWh/m}^2_{\text{beh. NGF}}$. Hier ist eine gute Näherung zwischen Bedarf der Vorherberechnung und Verbrauch zu verzeichnen.

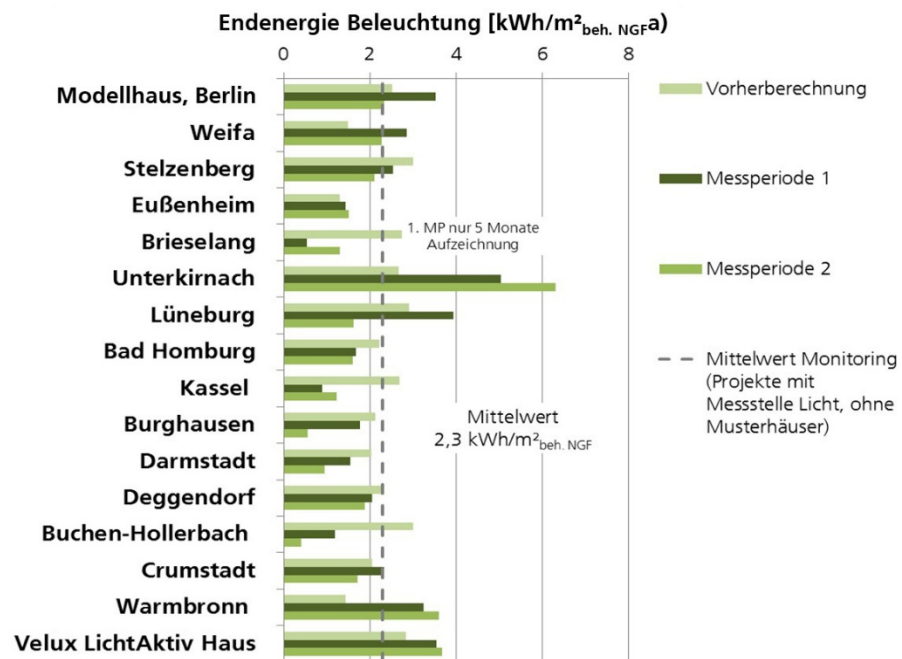


Bild 33:

Spezifischer Endenergiebedarf und -verbrauch der Einfamilienhäuser im Effizienzhaus Plus-Standard für Beleuchtung gemäß der Vorherberechnung sowie der gemessenen Daten aus der 1. und 2. Messperiode.

Endenergie Nutzerstrom Anteil Haushaltsgeräte, Haushaltsprozesse und Sonstiges bei Ein- und Zweifamilienhäusern

Neben dem Anteil für die Beleuchtung berücksichtigt der Nutzerstrom den Verbrauch für Haushaltsgeräte und -prozesse sowie Sonstiges. Dieser wird nach dem Effizienzhaus Plus-Ansatz mit einem Endenergiebedarf von

17 kWh/m²_{beh. NGFa} beziehungsweise maximal 2125 kWh/a je Wohneinheit angesetzt.

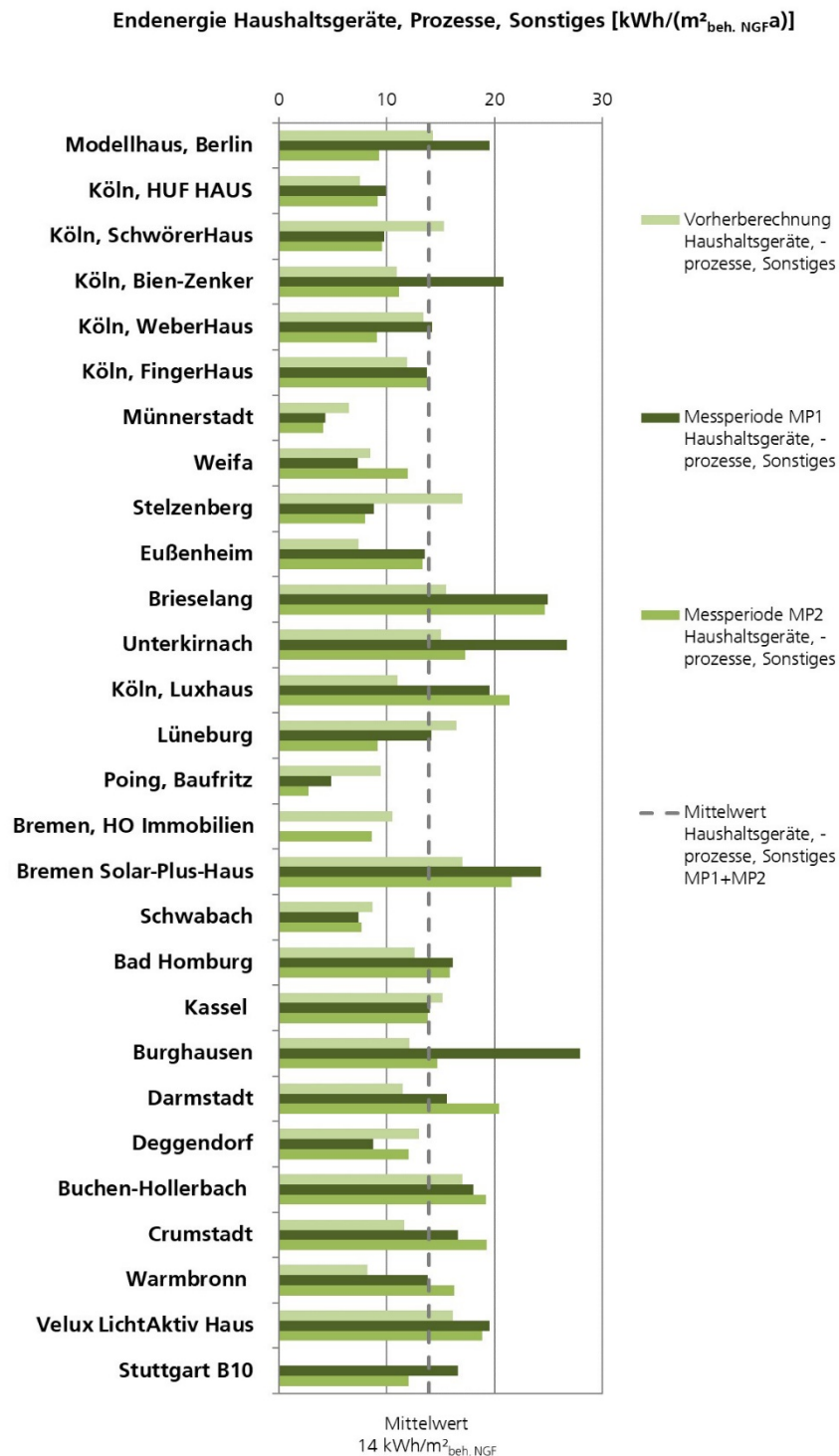


Bild 34:
Endenergiebedarf/-verbrauch für Haushaltsgeräte, Haushaltsprozesse und Sonstiges bezogen auf die spezifische beheizte Nettogrundfläche gemäß der Vorherberechnung sowie der gemessenen Daten aus der 1. und 2. Monitoringperiode.

Aus der Anforderung der Maximalgröße je Wohneinheit ergab sich ein mittlerer vorherberechneter Nutzerstrombedarf für Haushaltsgeräte und -prozesse von $12 \text{ kWh/m}^2_{\text{beh. NGFa}}$. Dieser wird in den Messungen, wie Bild 34 zeigt, im Mittel um $2 \text{ kWh/m}^2_{\text{beh. NGFa}}$ überschritten. Bei den Messwerten ist zu berücksichtigen, dass einige Modellvorhaben wie etwa in Berlin, Brieselang, Schwabach, Darmstadt und Buchen-Hollerbach über einen Anteil Sonstiges verfügen, der ca. 60 % des Haushaltsstroms beträgt, der keinen konkreten Verbrauchern zugeordnet werden konnte.

Zusammenfassend zeigt die detaillierte Betrachtung für den Nutzerstrom einen Verbrauch von im Mittel $16,3 \text{ kWh/m}^2_{\text{beh. NGFa}}$, aufgeteilt in $2,3 \text{ kWh/m}^2_{\text{beh. NGFa}}$ für Beleuchtung und $14 \text{ kWh/m}^2_{\text{beh. NGFa}}$ für Haushaltsgeräte, -prozesse und Sonstiges. Hier konnten jedoch nicht alle Projekte aussagekräftige Messdaten liefern, so dass die Auswertung über alle Wohngebäude des Netzwerks einen Nutzerstrom von annähernd im Mittel $20 \text{ kWh/m}^2_{\text{beh. NGFa}}$ lieferte. Um auf der sicheren Seite zu liegen, wird empfohlen, für den Effizienzhaus Plus-Standard im Wohnungsbau eine einheitliche Größe von $20 \text{ kWh/m}^2_{\text{beh. NGFa}}$ ohne Berücksichtigung einer Grenzgröße zu verwenden.

Im Hinblick auf einen Nutzerstromanteil von ca. 44 % in Effizienzhaus Plus-Wohngebäuden und zukünftige technologische energiesparende Entwicklungen wird empfohlen, den Nutzerstromverbrauch kontinuierlich zu verifizieren.

Planungshinweis: Für den Nutzerstrombedarf sollte im Wohnungsbau eine mittlere Größe von $20 \text{ kWh/m}^2_{\text{a}}$ beheizte Nettogrundfläche angesetzt werden.

5.4 Stromlastprofile von Effizienzhäusern Plus

Als weiterer Schritt der Querauswertung der Messwerte aus den Effizienzhaus Plus-Einfamilienhäusern wurden auf Basis von gemessenen Stromverbräuchen aus acht dieser Häuser Stromlastprofile erstellt und diese dann mit den vom Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW) bereitgestellten Standardlastprofilen für Haushalte (H0) [5] verglichen, um herauszufinden, inwieweit das Lastprofil von Effizienzhäusern Plus dem eines deutschen Standard-Haushaltes entspricht.

Die Stromlastprofile wurden aus den Messwerten für die Verbraucher Wärmepumpe (incl. Heizstab), Lüftung, Hilfsenergie, Beleuchtung und Haushaltsstrom separat erstellt. Die dabei angewendete Vorgehensweise wird in [6] detailliert beschrieben.

Zur Veranschaulichung der gemeinsamen, nicht temperaturabhängigen Lastprofile für die Effizienzhaus Plus-Gebäude sind diese für alle ermittelten Verbrauchertypen in der Verbrauchsperiode Winter für den Typtag Werktag in Bild 35 dargestellt. Es zeigt sich dabei, dass die Lastprofile der Verbraucher Lüftung und Hilfsenergie im Tagesverlauf sehr konstant sind, während die Verbraucher Beleuchtung und Haushaltsstrom einem deutlich ausgeprägten Tagesgang folgen.

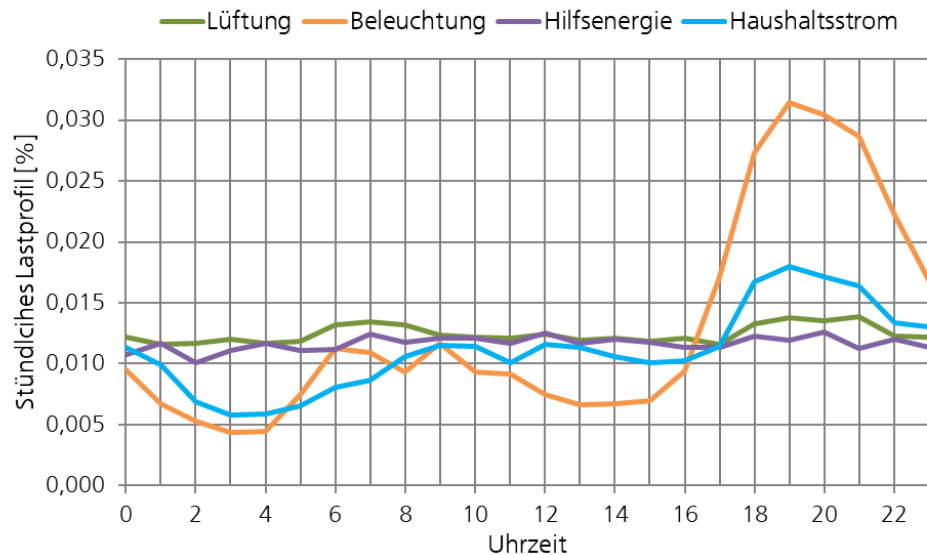


Bild 35:
Darstellung der Effizienzhaus Plus-Lastprofile für die unterschiedlichen, nicht temperaturabhängigen Verbraucher für den Typtag Werktag in der Verbrauchsperiode Winter.

Für den Vergleich mit dem Standard-Lastprofil des BDEW [5] für Haushalte (H0) wurde aus den Effizienzhaus Plus-Lastprofilen für Beleuchtung, Lüftung, Hilfsenergie und Haushaltsstrom ein Gesamlastprofil entwickelt, welches dem Standard-Lastprofil in Bild 36 gegenübergestellt wurde. Für den dargestellten Typtag Werktag in der Verbrauchsperiode Winter wird vor allem eine Differenz zwischen den beiden Lastprofilen während der Nachtstunden deutlich. In diesen Stunden ist die normierte Last des Effizienzhaus Plus-Lastprofils um rund 0,25 kW höher. Dies könnte auf den im Vergleich zu durchschnittlichen Haushalten, welche das H0-Lastprofil abbilden soll, höheren Verbrauch für Hilfsenergie, z. B. durch umgesetzte Gebäudeautomationstechnologien, und den Einbau von Lüftungsanlagen zurückzuführen sein, welche in nur wenigen »normalen« Haushalten vorhanden sind und somit auf den durchschnittlichen Haushalt im H0-Lastprofil noch nicht durchschlagen. Ansonsten folgt das dargestellte Effizienzhaus Plus-Lastprofil großteils dem Verlauf des H0-Lastprofils.

Die anhand von Bild 36 getroffenen Aussagen zur Gegenüberstellung des Effizienzhaus Plus- und des H0-Lastprofils lassen sich ebenso auf die anderen Typtage und Verbrauchsperioden übertragen (vgl. Bild 37). Es zeigt sich, dass die beiden Lastprofile von ihrer Ausprägung her ähnlich verlaufen, aber aufgrund der im Vergleich vor allem in den Nachtstunden für die Effizienzhäuser höheren und der tagsüber mehrheitlich geringeren normierten Leistung, also einer Verschiebung des Bedarfs von den Tag- in die Nachtstunden, ein ungünstigeres Lastprofil für die PV-Eigenstromnutzung aufweisen als das Standard-Lastprofil für Haushalte des BDEW.

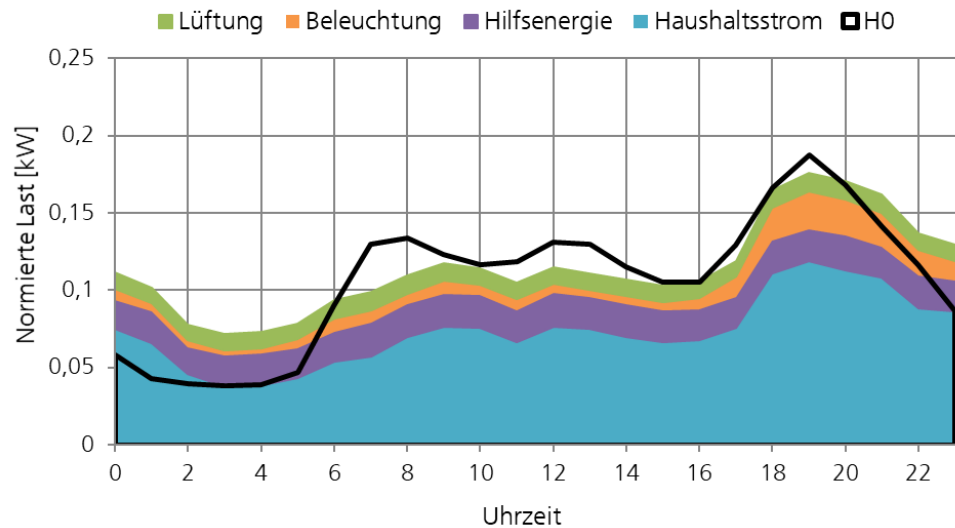


Bild 36:
Gegenüberstellung des H0-Lastprofils des BDEW [5] und des Effizienzhaus Plus-Gesamtlastprofils für den Typtag Werktag und die Verbrauchsperiode Winter.

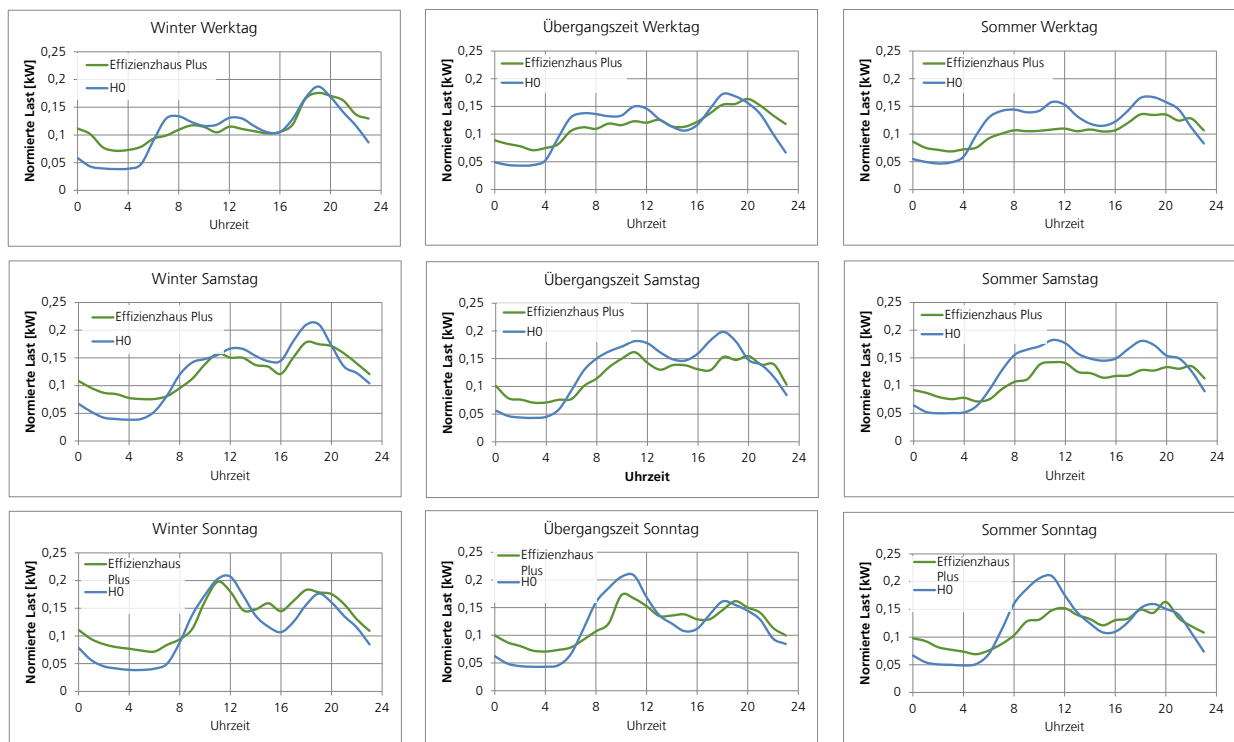


Bild 37:
Gegenüberstellung des H0-Lastprofils des BDEW [5] und des Effizienzhaus Plus-Gesamtlastprofils für alle Typtage und Verbrauchsperioden.

Für die Wärmepumpen (incl. Heizstab) der Effizienzhaus Plus-Einfamilienhäuser wurde ein außentemperaturabhängiges Lastprofil entwickelt. Das Wärmepumpen-Lastprofil der Effizienzhäuser ist in Bild 38 dargestellt, in welchem das Lastprofil zur besseren Veranschaulichung für verschiedene Außentemperaturen dargestellt ist. Dort zeigt sich, dass bei Tagesmittelwerten der Außentemperatur von über 3 °C das Lastprofil der Wärmepumpe im Tagesverlauf relativ konstant

bleibt. Bei Außentemperaturen kleiner 0 °C hingegen lässt sich, abgesehen von einem allgemein höheren Lastprofil aufgrund der geringeren Außentemperatur, in den Morgen- und Abendstunden eine deutliche zusätzliche Erhöhung des Lastprofils erkennen. Diese Erhöhung lässt sich auf den Stromverbrauch der Heizstäbe zurückführen, welche vor allem bei kalter Witterung für die Trinkwarmwassererzeugung am Morgen und Abend herangezogen werden müssen.

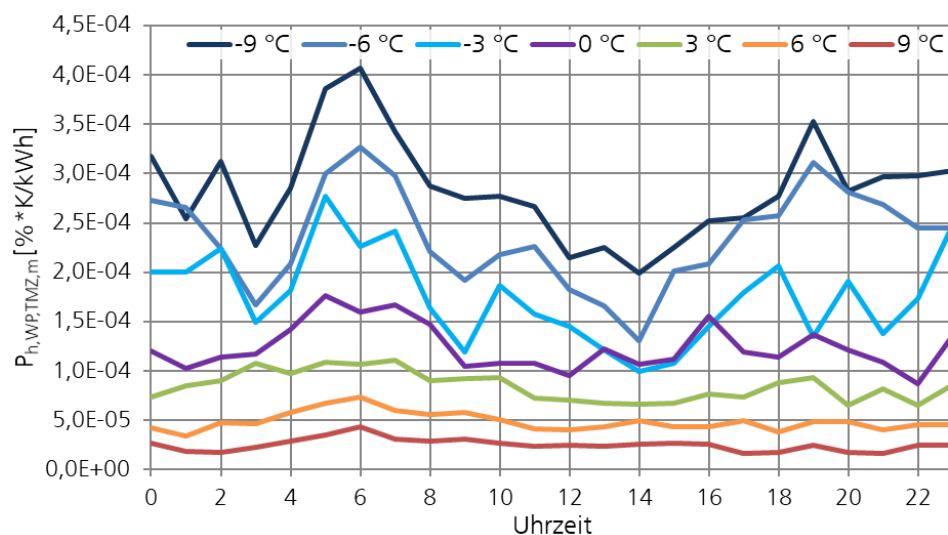


Bild 38:
Verlauf des Effizienzhaus Plus-Wärmepumpen-Lastprofils bei unterschiedlichen Tagesmitteltemperaturen der Außenluft.

Um zu überprüfen, inwieweit das ermittelte Wärmepumpen-Lastprofil der Effizienzhäuser von dem von den Verteilnetzbetreibern bereitgestellten Lastprofil für Wärmepumpen abweicht, wurden die Tagesgänge der beiden Lastprofile bei unterschiedlichen Tagesmitteltemperaturen der Außenluft verglichen (vgl. Bild 39). Dabei zeigt sich, dass die bei niedrigen Außentemperaturen verursachten Lastprofilspitzen, welche durch die Trinkwarmwassererzeugung mit den teilweise integrierten Heizstäben verursacht werden, nicht vom Wärmepumpen-Lastprofil der hier exemplarisch dargestellten Stadtwerke Lauterbach [7] abgebildet werden können. Eine Überprüfung mehrerer Wärmepumpen-Lastprofile anderer Energieversorgungsunternehmen kam zu demselben Ergebnis. Abseits der durch die Heizstäbe verursachten Abweichungen sind die beiden Lastprofile vergleichbar.

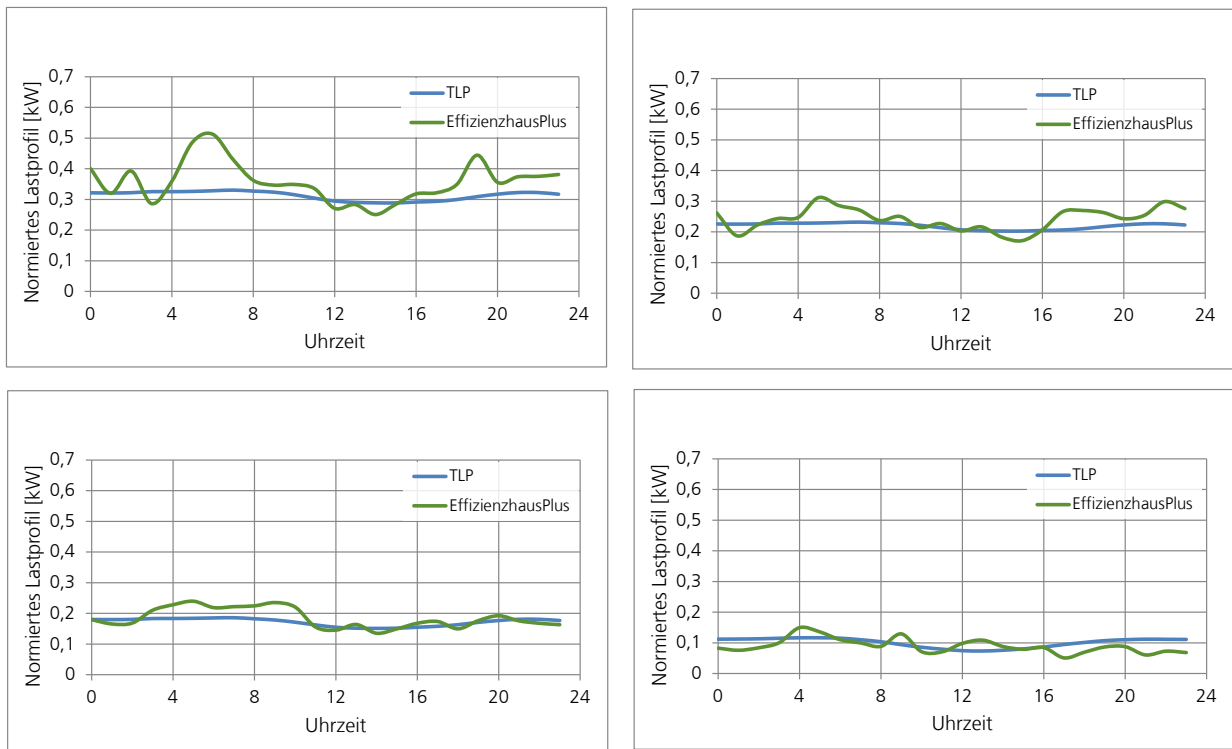


Bild 39:
Verlauf des Effizienzhaus Plus-Wärmepumpen-Lastprofils bei unterschiedlichen Tagesmitteltemperaturn der Außenluft.

Die auf Basis der Messwerte aus den acht Effizienzhaus-Plus-Einfamilienhäusern erstellten Lastprofile stehen unter <https://owncloud.fraunhofer.de/index.php/s/NbEEQUXq7aCpRoG> zum freien Download zur Verfügung.

5.5 Warmwassernutzwärme von Effizienzhäusern Plus

Als weiterer Schritt der Querauswertung der Messwerte aus der Effizienzhaus Plus-Initiative wurde der gemessene Trinkwarmwasserbedarf (Nutzwärme) der Projekte den Bedarfswerten der Berechnung gegenübergestellt. Dieser Term der Energiebilanz ist von besonderem Interesse, da während der Projektlaufzeit der normative Ansatz zu kleineren Werten hin geändert wurde. Während in der DIN V 18599-10:2011 ein Trinkwarmwasser-Nutzwärmebedarf von $11 \text{ kWh/m}^2_{\text{NGFA}}$ für Einfamilienhäuser und $15 \text{ kWh/m}^2_{\text{NGFA}}$ für Mehrfamilienhäuser in Ansatz zu bringen war, reduzierte sich dieser Bedarf mit Herausgabe der DIN V 18599-10:2016 auf Werte zwischen $15 \text{ kWh/m}^2_{\text{NGFA}}$ (sehr kleine Wohneinheiten $< 30 \text{ m}^2_{\text{NGF}}$) und $8,5 \text{ kWh/m}^2_{\text{NGFA}}$ (sehr große Wohneinheiten $> 160 \text{ m}^2_{\text{NGF}}$). In Bild 40 sind die Messwerte von 18 Einfamilienhäusern und 9 Mehrfamilienhäusern den Anforderungswerten der beiden DIN-Standards gegenübergestellt. Die Messergebnisse zeigen eine große Streuung, dennoch liegt der Mittelwert sowohl bei den Einfamilienhäusern als auch bei den Mehrfamilienhäusern unterhalb des Bedarfswertes aus der DIN-Fassung aus dem Jahre 2011. Während bei den kleinen Wohnungen in den Mehrfamilienhäusern der gemessene Mittelwert ganz zuverlässig die Bedarfswerte der DIN-Fassung aus dem Jahre 2016 im Mittel bestätigt, ergeben die Mittelwerte bei den größeren

Einfamilienhäusern höhere Werte als die Bedarfswerte der DIN-Fassung aus dem Jahre 2016. Dieses Ergebnis wird aber maßgeblich durch drei extreme Warmwasserverbräuche bestimmt, bei den anderen Objekten liegt der Anforderungswert eher noch auf der sicheren Seite.

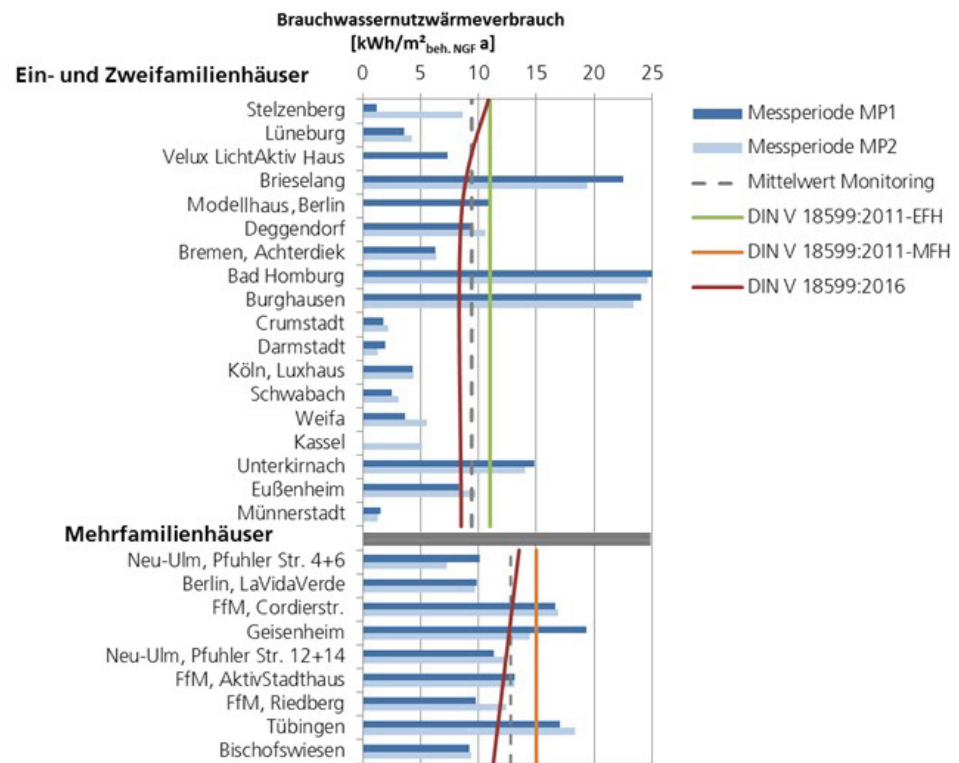


Bild 40: Gegenüberstellung der gemessenen Trinkwarmwassernutzwärmeverbräuche verschiedener Effizienzhäuser Plus mit den Anforderungswerten der DIN V 18599-10 aus den Jahren 2011 und 2016.

Mit den Messwerten können die im Jahr 2016 in der DIN V 18599 vorgenommenen Reduzierungen beim Trinkwarmwasser-Nutzwärmebedarf bestätigt werden.

5.6 CO₂-Minderungspotentiale von Effizienzhäusern Plus

Im Rahmen des Begleitforschungsprojekts wurde vom Fraunhofer IBP eine Abschätzung des Treibhausgasminderungspotentials der Effizienzhäuser Plus vorgenommen [8]. Im Gebäudebereich tritt für ein typisches Einfamilienhaus nach EnEV-Standard für die Heizungs- und Warmwasserversorgung (hauptsächlich Gas) sowie den Nutzerstromverbrauch, wie Tabelle 6 zeigt, eine CO₂-Emission von etwa 38 kg CO_{2,äq}/m²a auf. Die realisierten Effizienzhaus Plus-Gebäude haben im Mittel einen Stromüberschuss von etwa 20 kWh/m²a und entlasten das globale Klima um etwa 12 kg CO_{2,äq}/m²a. Das Einsparpotential gegenüber Gebäuden im EnEV-Niveau liegt somit bei circa (38 + 12 =) 50 kg CO_{2,äq}/m²a.

Die realisierten Vorhaben in Neu-Ulm aus den 1930er Jahren wiesen vor der Sanierung einen Endenergiebedarf für die Heizungs- und Warmwasserversorgung von etwa 380 kWh/m²a Endenergie (hauptsächlich Gas) auf (In der Presseinformation der Forschungsinitiative Zukunft Bau wurde der Endenergiebedarf der Sanierungsvorhaben in Neu-Ulm in [9] sogar mit 507 kWh/m²a angegeben). Zusätzlich benötigen sie etwa 30 kWh/m²a Strom für Haushaltsgeräte und sonstige Stromverbraucher. Daraus ergibt sich unter Zugrundelegung der GEMIS [10] äquivalenten CO_{2,äq}-Werte für Energieträger (Strom: 0,6 kg CO_{2,äq}/kWh; Erdgas: 0,25 kg CO_{2,äq}/kWh) eine Belastung von etwa 113 kg CO_{2,äq}/m²a. Die realisierten Effizienzhaus Plus-Sanierungsvorhaben haben im Mittel einen Stromüberschuss von etwa 13 kWh/m²a. Damit entlasten sie das globale Klima um etwa 8 kg CO_{2,äq}/m²a. Das Reduktionspotential gegenüber den Altbauten im Originalzustand liegt somit bei (113 + 8 =) 121 kg CO_{2,äq}/m²a.

Das gesamte Netzwerk Effizienzhaus Plus mit seinen 37 Modellvorhaben liefert ein jährliches Einsparpotential gegenüber Gebäuden nach gesetzlichem Mindeststandard von etwa 1000 t CO_{2,äq}/m²a. Bei einer 15-prozentigen Marktdurchdringung von Effizienzhäusern Plus im Neubau und in der Bestandssanierung lassen sich somit ab 2030 etwas 6 Mio t CO_{2,äq}/m²a und ab 2050 etwa 14 Mio t CO_{2,äq}/m²a einsparen.

Tabelle 6:
CO₂-Minderungspotentiale der Neubauten und Bestandsanierungen Effizienzhaus Plus im Netzwerk und bei einer 15-prozentigen Marktdurchdringung.

Neubau	nach EnEV	Effizienzhaus Plus	CO _{2,äq} -Einsparung
Endenergie Heizung	80 kWh/m ² a		
Endenergie Strom	30 kWh/m ² a		
Stromüberschuss	-	20 kWh/m ² a	
CO _{2,äq} -Emissionen	~ 38 kg CO _{2,äq} /m ² a	~ -12 kg CO _{2,äq} /m ² a	
Bestandssanierung	Nach EnEV	Effizienzhaus Plus	
Endenergie Heizung	380 kWh/m ² a		
Endenergie Strom	30 kWh/m ² a		
Stromüberschuss	-	13 kWh/m ² a	
CO _{2,äq} -Emissionen	~ 113 kg CO _{2,äq} /m ² a	~ -8 kg CO _{2,äq} /m ² a	
Gesamtnetzwerk Effizienzhaus Plus			1000 t CO _{2,äq} /a
Entwicklung 15 % Marktdurchdringung bei neugebauten und sanierten Gebäuden:			
			ab 2030 ab 2050
			6 Mio t CO _{2,äq} /m ² a 14 Mio t CO _{2,äq} /m ² a

Mit der Marktdurchdringung des Effizienzhaus Plus-Standards um 15 % kann das Kohlendioxidminderungsziel des Klimaschutzplans der Bundesregierung für den Gebäudebereich, wie Bild 41 zeigt, bis 2030 zu etwa 8 % und bis 2050 zu etwa 33 % umgesetzt werden.

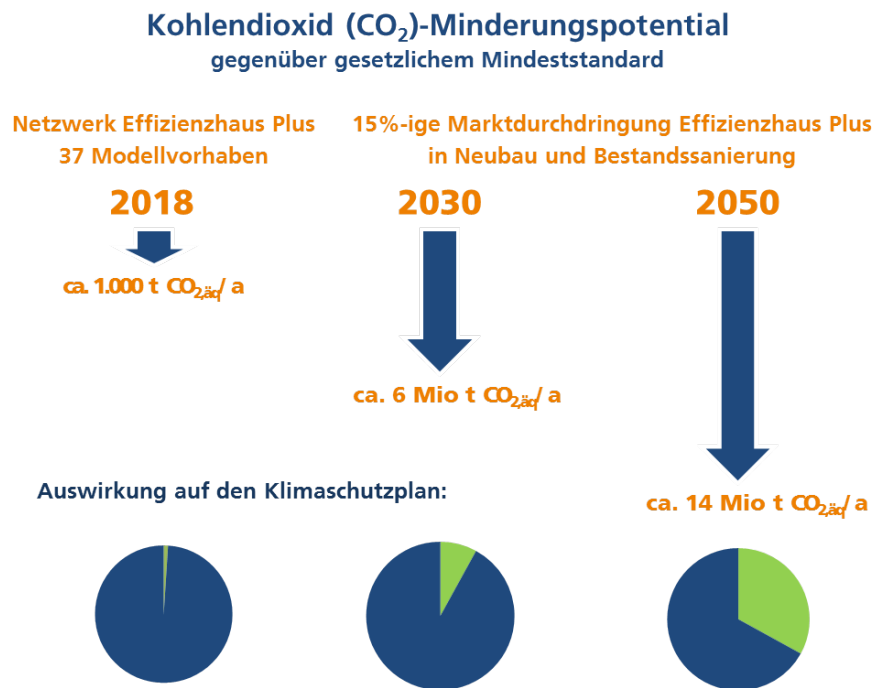


Bild 41: Kohlendioxid (CO₂)-Minderungspotential von Effizienzhäusern Plus gegenüber gesetzlichem Mindeststandard mit Auswirkung auf den Klimaschutzplan der Bundesregierung bis 2050.

5.7 Anlagenperformance

Wärmeerzeuger

16 Modellvorhaben mit einer abgeschlossenen zweijährigen Messperiode verfügen über eine ausreichende Datenmenge, um die mittlere Jahresarbeitszahl (JAZ) der eingesetzten Wärmepumpen zu bestimmen. Die JAZ gibt das Verhältnis der abgegebenen Wärmemenge zur aufgenommenen elektrischen Energie wieder. Die im praktischen Betrieb ermittelte Arbeitszahl kann dabei nicht unmittelbar mit der Planungsgröße COP (coefficient of performance) verglichen werden, da diese im Labor ausschließlich für das Wärmepumpenaggregat bestimmt wird und aktuelles Nutzerverhalten und Klimabedingungen nicht berücksichtigt werden. Zur Bestimmung der Arbeitszahl im Praxisbetrieb wird, wie Bild 42 zeigt, zwischen drei Bilanzräumen unterschieden.

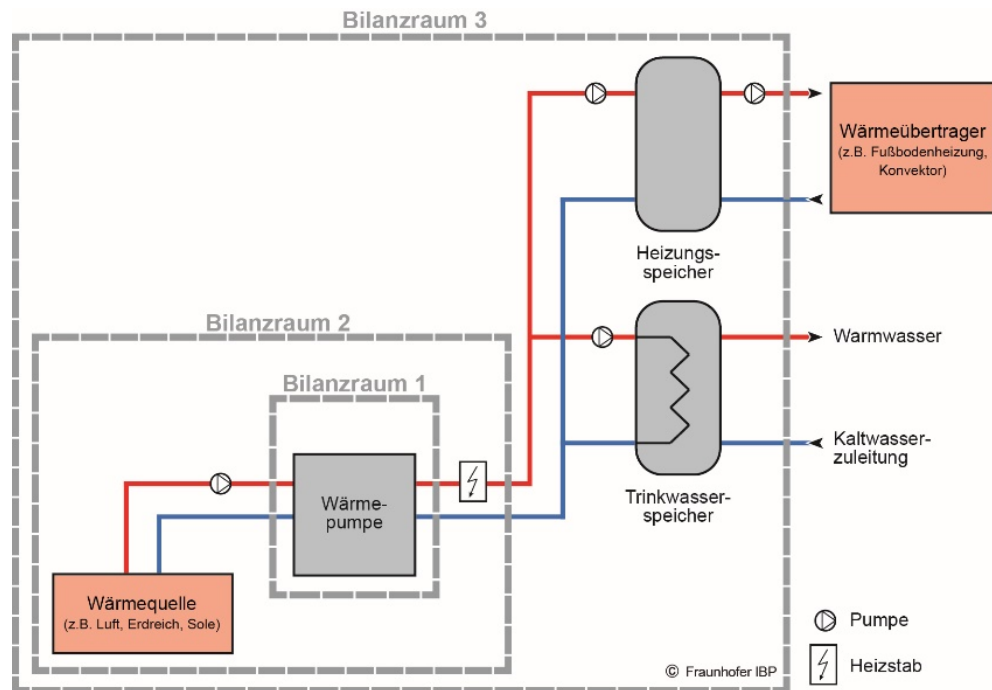


Bild 42:
Schematische Darstellung der Bilanzräume zur Bestimmung der Arbeitszahl einer Wärmepumpe in der Praxis.

In dieser Untersuchung werden die Bilanzräume 2 und 3 ausgewertet. Bilanzraum 2 berücksichtigt die abgegebene Wärmemenge der Wärmepumpe einschließlich eines eventuell vorhandenen Heizstabes. Für Bilanzraum 3 wird die Nutzenergie am Ausgang der gebäudespezifischen Warmwasserspeicher im Verhältnis zur Stromaufnahme der Wärmepumpe einschließlich aller Umwälz- und Ladepumpen betrachtet. Die dabei auftretenden Speicherverluste sind in der JAZ berücksichtigt. Aufgrund fehlender Messaufnehmer bzw. der Kompaktheit der Anlagen, die keine Installation von Messtechnik zuließ, konnte für einige Geräte nur die JAZ für den Bilanzraum 3 bestimmt werden.

Zur Einordnung der Ergebnisse wird das »Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz« (EE-WärmeG) [11] herangezogen. Dieses sieht zur Förderung von Wärmepumpen als Zielwert eine JAZ unter Berücksichtigung der Warmwasserbereitung für Luftwärmepumpen in einer Größe von 3,3 und für alle anderen Wärmepumpen von 3,8 vor.

Für 15 Anlagen konnte nach der zweijährigen Monitoringphase, wie Bild 43 zeigt, die mittlere praktische JAZ für den Bilanzraum 2 bestimmt werden. Dabei wurde für sieben Anlagen die JAZ für ein Jahr bestimmt und für acht Anlagen für zwei Messjahre. Die untersuchten Luft-Wärmepumpen zeigen eine mittlere Arbeitszahl von 2,6. Erwartungsgemäß ist die JAZ der Erdreich-Wärmepumpen, die im Mittel eine Größe von 3,2 aufweist, größer als die der Luft-Wärmepumpen. Für die beiden untersuchten Wasser-Wärmepumpen schwankt die JAZ zwischen 2,7 und 4,4 und beträgt im Mittel 3,2. Die Anlagen können damit im Mittel die Zielwerte des EEWärmeG nicht erreichen.

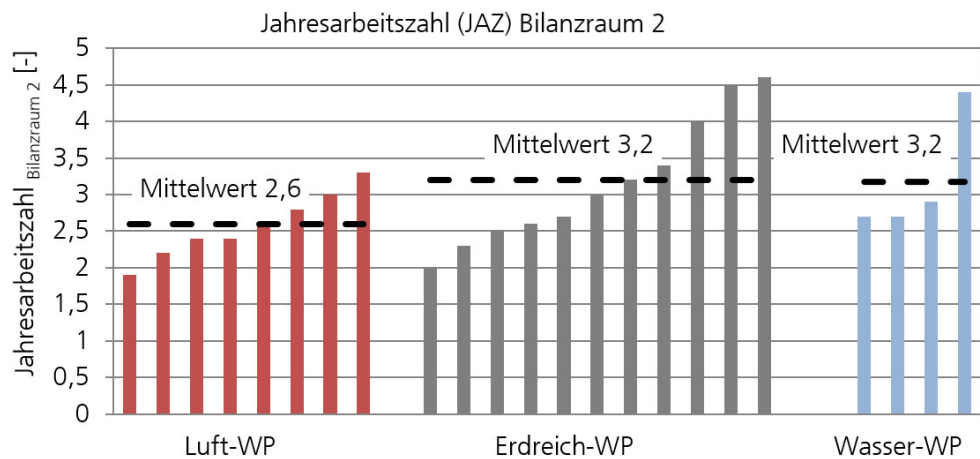


Bild 43:
Praktische Jahresarbeitszahl für Bilanzraum 2 nach zweijährigem Monitoring.

Die praktische Jahresarbeitszahl des Bilanzraums 3, der den gesamten Wärmepumpenkreislauf einschließlich der Heizungs- und Trinkwarmwasserübergabe berücksichtigt, fällt aufgrund von Speicherverlusten geringer aus als beim Bilanzraum 2. Die mittleren Werte liegen hier zwischen 1,5 für Wasser-, 2,2 für Luft- und 2,5 für Erdreich-Wärmepumpen.

Für fast alle Anlagen zeigten sich sowohl im Laufe der ersten beiden Monitoringjahre als auch nach Abschluss der Messungen Verbesserungspotentiale. Teilweise wurden gesamte Wärmepumpenanlagen bereits im ersten Messjahr komplett durch eine neue Anlage ersetzt. Es erfolgten Nachjustierungen bei den Betriebsparametern beispielsweise in der Einstellung der Vorlauftemperaturen. Nicht für alle Anlagen konnten auf Basis der begrenzt vorliegenden Messdaten die genauen Gründe der Ineffizienzen analysiert werden. Eine Reihe von symptomatischen Ursachen wurde herausgearbeitet:

- Heizungsrelevante Anlagenteile waren oft ganzjährig in Betrieb und verursachten erhöhte Standby-Verluste.
- Gegenüber der normgerechten Auslegung waren um bis zu 3 K höhere Innenraumtemperaturen und ein erhöhter Trinkwarmwasserbedarf festzustellen. Daraus resultierten höhere Systemtemperaturen.
- Fehlende Optimierungen in den Regelstrategien beeinflussten die JAZ.
- Erhöhte geforderte Systemtemperaturen für die Trinkwarmwasserbereitung zur Vermeidung von Legionellenbildung im Mehrfamilienhausbereich führten zu einer geringen JAZ.
- Der anteilige Energieaufwand für die Bereitstellung der Wärme zur Trinkwarmwassererzeugung erhöht sich mit besser werdendem Wärmeschutz der Gebäude. Dies wirkt sich auf die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpen aus. In Gebäuden mit KfW-40-Standard sind daher tendenziell schlechtere JAZ vorzufinden als in KfW-55-Gebäuden.

- Eine detaillierte Ausführungsplanung und die Dokumentation des hydraulischen Abgleichs waren nicht durchgängig vorhanden. Überdimensionierungen und unzureichend einregulierte Netzhydraulik können das Verhalten der Wärmepumpenanlage negativ beeinflussen.

Um eine fundierte Planung und Ausführung der Wärmepumpenanlagen sicherzustellen, welche die Abhängigkeiten zwischen den Komponenten des hydraulischen Gesamtsystems, dem Nutzereinfluss und dem energetischen Niveau des Gebäudes detailliert berücksichtigen und optimieren, sollte in Zukunft auf eine umfassende Schulung von Planern und Ausführenden erhöhter Wert gelegt werden. Zur Überprüfung der Anlagensysteme im eingebauten Zustand sowie zur Effizienzsteigerung im Betrieb hat sich das Monitoring als sinnvolles und notwendiges Instrument erwiesen. Dabei sollte das Monitoringkonzept frühzeitig in den Planungsprozess eingebunden und Messdaten in den ersten Betriebsjahren kontinuierlich zur Optimierung herangezogen werden. Die im Frühjahr 2018 erschienene VDI 4645 [12] kann hier als Qualitätsbaustein die Planung und Ausführung von Wärmepumpen verbessern. Eine Performancegarantie für das Gesamtsystem seitens der Hersteller wurde bisher abgelehnt, ist jedoch aus Sicht der Autoren aus Verbraucherschutzüberlegungen erstrebenswert. Die Planung von einfachen robusten Systemen in Verbindung mit einer kontinuierlichen Schulung von Planern und Ausführenden und einer verständlichen Information der Nutzer kann dann zu einer nachhaltigen Effizienzsteigerung von Wärmepumpenanlagen beitragen.

Planungshinweis: Eine qualitativ hochwertige Planung, Ausführung und Einregulierung der haustechnischen Anlagen maximieren deren Effizienz.

Elektrische Speicher

Die Dimensionierung der PV-Speichersysteme kann an der installierten Leistung der PV-Anlage und dem strombasierten Endenergiebedarf des Hauses ausgerichtet werden. Die im Vorhaben verwendeten Batterien weisen die in Bild 44 dargestellten Relationen auf. Die meisten Anlagen verfügen über eine Nennkapazität von 0,5 h Peakleistung oder 1 h Peakleistung, d. h. eine Anlage mit einer Peakleistung von 10 kW_p erhält eine Batterie mit der Leistung von 5 bzw. 10 kWh. Die größten Kapazitäten weisen Objekte auf, die eine Ladekapazität von 2 h besitzen. Die vorrangig eingesetzten Nennspeicherkapazitäten lagen zwischen 3,5 und 13 kWh.

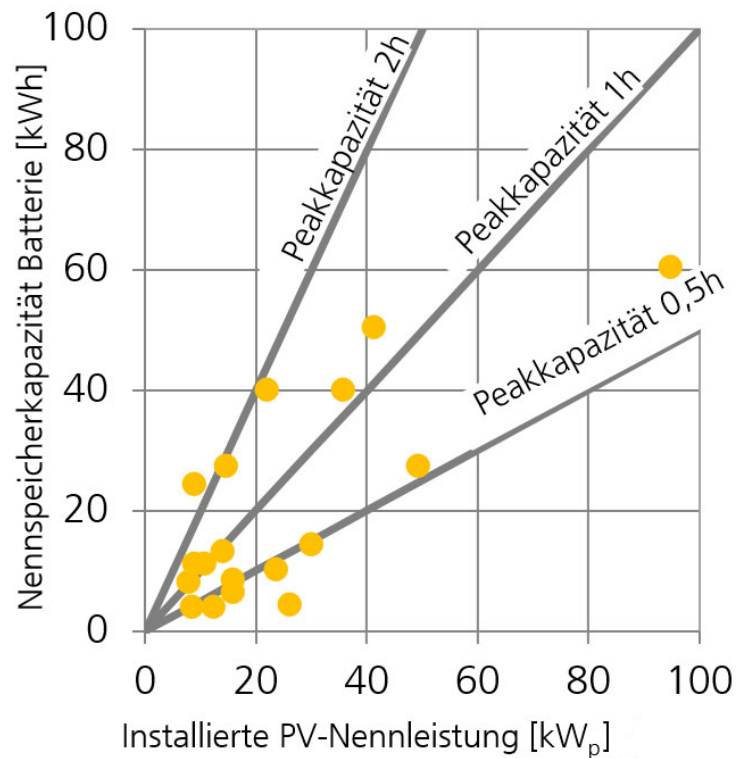


Bild 44:
Speicherkapazität in Abhängigkeit von der installierten PV-Leistung für Projekte mit elektrischem Stromspeicher.

Für die Demonstrationsvorhaben mit einem Batteriespeicher ergeben sich die in Bild 45 angegebenen Eigennutzungs- und Deckungsgrade des PV-Stroms. Modellvorhaben, die sowohl über eine hohe Eigennutzung als auch Deckung des selbst generierten erneuerbaren Stroms verfügen, nutzten elektrische Speicher mit einer Peakkapazität von 1 bis 1,2 Stunden.

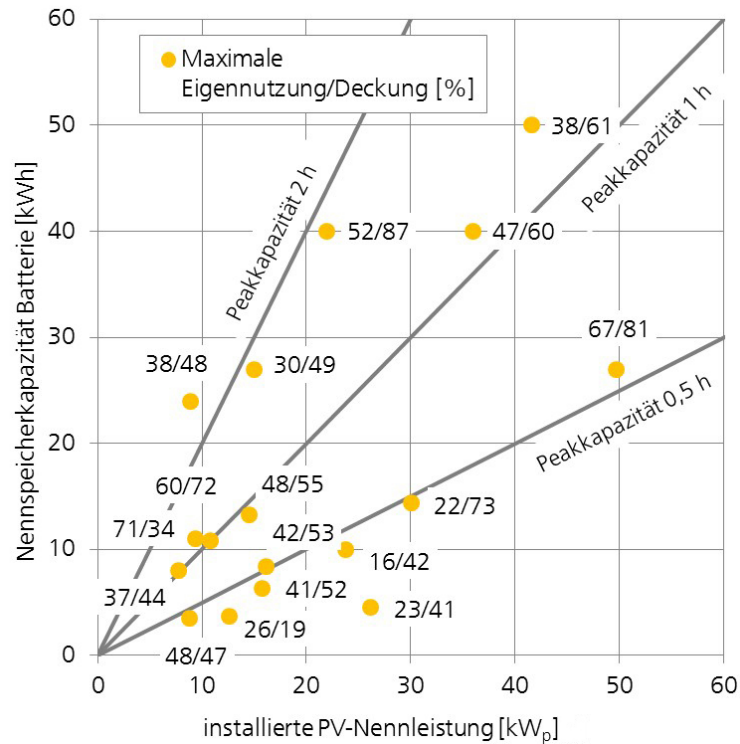


Bild 45:
Speicherkapazität in Abhängigkeit von der installierten PV-Leistung für Projekte mit elektrischem Stromspeicher mit Angabe von maximalem Eigennutzungsgrad und Deckungsgrad.

Von zwölf Speichersystemen wurden die Speicherverluste der beiden Monitoringperioden ausgewertet. Die Verluste betragen in Bezug auf die jährliche Beladung der Speicher 4 bis 50 % und lagen überwiegend bei 20 %, was einem Wirkungsgrad von 80 % entspricht. Nach dem Speichermonitoring-Jahresbericht [3] liegt der durchschnittliche Wirkungsgrad zwischen 75 % und 95 %. Damit liegt der überwiegende Teil der genutzten Batteriespeicher im durchschnittlichen Bereich. Die Ursachen der hohen Batterieverluste für das Projekt in Poing von um die 50 % konnten aufgrund fehlender Information und mangelnder Kooperation seitens des Antragstellers nicht geklärt werden.

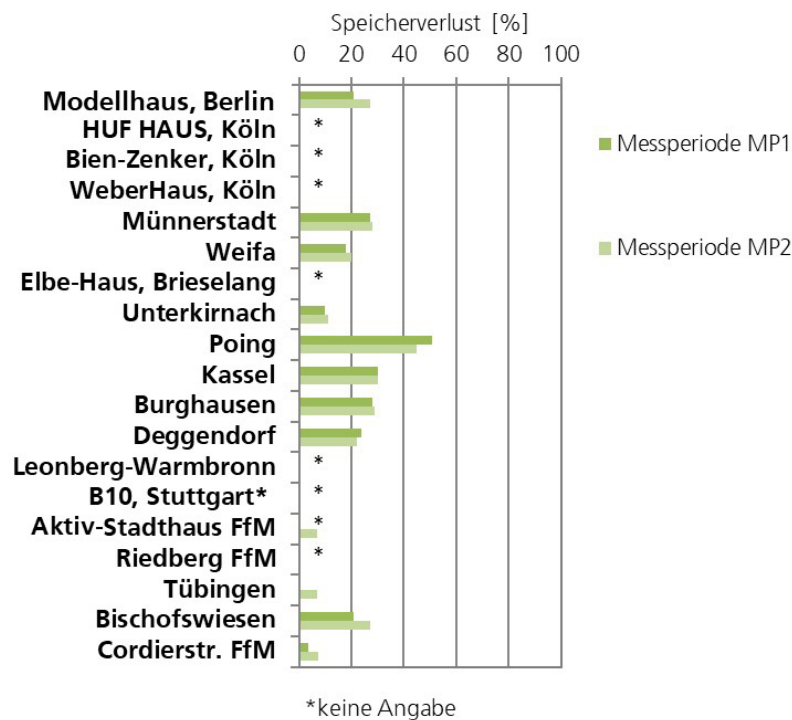


Bild 46:
Speicherverlust der elektrischen Speicher der Modellvorhaben in der 1. und 2. Messperiode.

Auf Basis der Messergebnisse, die teilweise von umfangreichen Ausfallzeiten der Batterien geprägt waren, die von den Messteams nicht näher erläutert wurden, lassen sich noch keine allgemeingültigen Dimensionierungsparameter ableiten. Es zeigt sich jedoch, dass näherungsweise elektrische Speicher mit einer Nennspeicherkapazität von 1 bis 1,2 kWh/kW_p installierte Photovoltaikfläche zur Steigerung des Eigennutzungsgrads eingeplant werden.

Planungshinweis: Der Batteriespeicher sollte eine ca. 1,2-fach höhere nutzbare Speicherkapazität aufweisen als die kW_p-Leistung der Photovoltaikanlage.

Lüftungsanlagen

Die Versorgung der Gebäude mit Frischluft wird überwiegend über zentrale mechanische Lüftungsanlagen sichergestellt. Bei den Ein- bis Zweifamilienhäusern verfügen, wie in Bild 47 zu sehen, 71 % über eine zentrale Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung, bei 18 % der Modellvorhaben ist die Lüftungsanlage in der Wärmepumpe integriert und 7 % der Gebäude setzen dezentrale Lüftungsgeräte ein. Ein Projekt wird natürlich, über die Fenster, belüftet, jedoch werden die Öffnungen elektronisch über Stellmotoren bedient. Bei den Mehrfamilienhäusern sind zentrale Zu- und Abluftanlagen und reine Abluftanlagen zu etwa gleichen Anteilen vertreten. Dezentrale Lüftungsgeräte sind in zwei Mehrfamilienhausprojekten installiert.

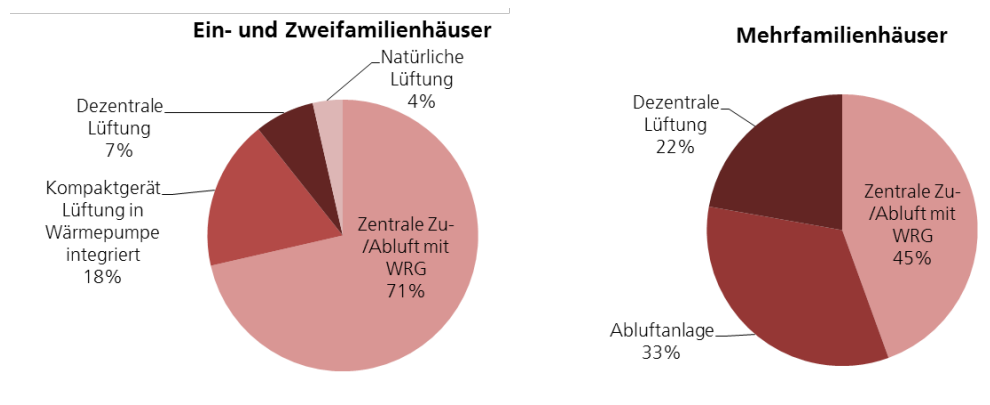


Bild 47: Art und Verteilung der Frischluftversorgung in den Wohnungsbauprojekten Effizienzhaus Plus.

Innerhalb des Förderprogramms wurden die Energieverbräuche der Lüftungsanlagen gemessen. Messwerte zu Volumenströmen sowie Zu- und Ablufttemperaturen zur Bestimmung der erreichten Rückwärmzahl lagen lediglich vereinzelt vor. Etwa 12 % des Endenergieverbrauchs der Modellvorhaben wird für die Hilfsenergie, die unter anderem auch die Lüftung beinhaltet, verwendet. Ein großer Teil der Anlagen war einem Dauerbetrieb ausgesetzt oder die Lüfterstufen waren an die Nutzungszeit angepasst. Daher sahen etwa 50 % der Monitore als Verbesserungspotential für die Gebäude eine bedarfsgerechte Steuerung der Lüftungsanlagen. Diese sollte über CO₂-Sensoren erfolgen. Zur Reduzierung des Wärmeeintrags im Sommer sollte ferner, falls vorhanden, der Bypass in der Lüftungsanlage aktiviert bzw. eine sommerliche Betriebsregelung gewählt werden.

Für vermietete Wohnungen wurde empfohlen, eine Bedienungsanleitung für richtiges Lüften zur Verfügung zu stellen. Bei den Großprojekten in Frankfurt und Neu-Ulm wurden die Mieter in Informationsveranstaltungen über den Effizienzhaus Plus-Standard aufgeklärt und in die Betriebsweise der Lüftungsanlage eingewiesen.

5.8 Problemstellungen während des Monitorings

Die Messwertübergabe und Auswertung der Messdaten lief für viele Projekte nach anfänglichen Schwierigkeiten problemlos. Für einige Projekte hat sich jedoch gezeigt, dass das Monitoring eine intensive Kommunikation zwischen den betroffenen Gewerken, schon in der Planungsphase und dann weiter in der Einbauphase und während des Messens, erfordert. Viele Projekte haben verspätet mit der Datenerfassung gestartet, da Messfühler defekt, nicht eingebaut oder falsch geliefert waren.

Während des Monitorings zeigten sich Probleme im Bereich der Datenauslesung, viele Messdaten konnten gespeichert, jedoch nicht ausgelesen werden. Systeme, deren Messfühler gleichzeitig die Aufgabe der Regelung und Messdatenerfassung für das Monitoring übernahmen, zeigten sich weniger geeignet.

Die Regeltechnik verfügt oft nur über begrenzte Möglichkeiten der Signalverarbeitung und Messdatenauswertung. Hier sollte eine strikte Trennung zwischen der Regelungstechnik und der Messdatenerfassung für das Monitoring erfolgen. Die Pflege der Messsensorik und der Messdaten im Laufe des Monitorings ist unbedingt erforderlich. Der Ausfall von Messzählern und damit das Auftreten von Datenverlusten wurden oft erst zu spät registriert.

Durch die zu späte allgemeine Berücksichtigung des Monitorings in der Planung zeigte sich, dass nicht alle Messsensoren des Pflichtenhefts (z. B. Beleuchtung) während der Bauphase installiert worden waren. Es war ferner nicht möglich, vor allem im Bereich der Wärmepumpen, die gewünschten Messfühler einzubauen, da das System entweder nicht zugänglich oder ein Eingriff seitens der Hersteller nicht erwünscht war. Aufgrund der teilweise sehr komplexen anlagentechnischen Systeme, die ihre prognostizierte Performance nicht einhalten konnten, besteht hier weiterer Untersuchungsbedarf. Zur einfacheren Handhabung und Regelung der Gebäude sowohl für den Nutzer als auch den Planer sollten eher aufeinander abgestimmte Gesamtsysteme als viele hochentwickelte Einzelkomponenten eingesetzt werden.

Von einigen der verwendeten Rechenprogramme zur Durchführung der Berechnung nach DIN V 18599 wird die Hilfsenergie nicht getrennt monatsweise ausgegeben, sondern ist in der Endenergie für die Heizung und für die Trinkwarmwasserbereitung enthalten. Zum Abgleich mit den Monitoringdaten ist eine getrennte Ausgabe der Hilfsenergie wünschenswert.

Die Bereitschaft der Antragsteller zur Angabe von detaillierten Kosten zu ihren Projekten war gering. Im Bereich der Anlagentechnik wurden teilweise Prototypen eingebaut, die nicht bepreist werden konnten.

5.9 Kosten und Wirtschaftlichkeit

Zum Vergleich der Kosten untereinander wurden bei den Fördernehmern die Kosten nach der DIN 276 der Kostengruppe KG 300 (Baukonstruktion) und KG 400 (Technische Einbauten) angefragt. Von 32 Modellvorhaben wurden Kosten übermittelt, die bei den Projekten in Brieselang und Poing sowie bei Weber-Haus in Köln als Verkaufspreis der Gebäude angegeben werden. Für das HUF HAUS in Köln war der Preis des Gebäudes ab Oberkante Bodenplatte fixiert. Unter Berücksichtigung dieser Angaben betragen nach Bild 48 die Bruttokosten im Mittel $2500 \text{ €/m}^2_{\text{beh. NGF}}$ (ohne Berücksichtigung des Ausreißers von $11\,000 \text{ €/m}^2_{\text{beh. NGF}}$). Es gilt bei den Kosten ferner zu berücksichtigen, dass es sich bei den Modellvorhaben um Forschungsprojekte handelte, bei denen teilweise neue Technologien erprobt wurden und die keine Auflagen zur Verwirklichung eines bezahlbaren Wohnungsbaus hatten.

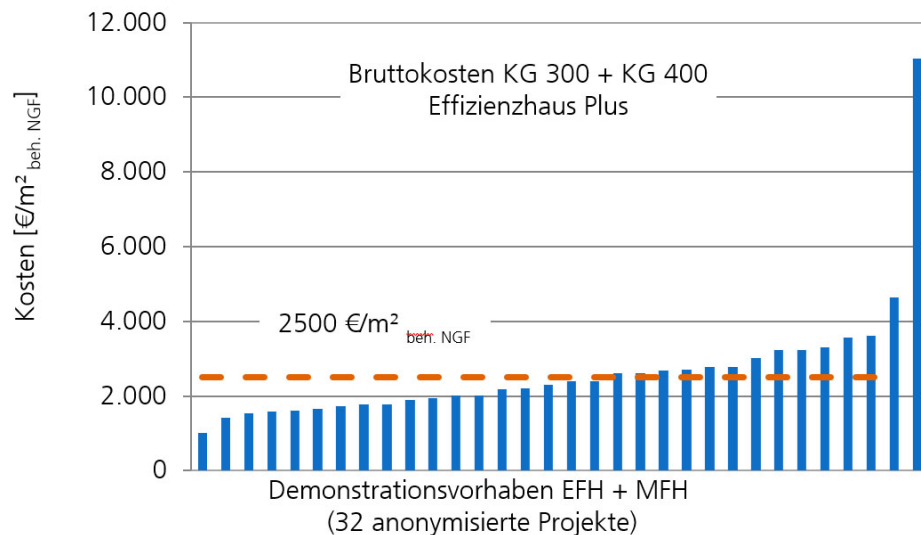


Bild 48:
Bruttokosten KG 300 und KG 400 der Demonstrationsvorhaben Effizienzhaus Plus.

Eine sinnvollere Betrachtung erscheint die Auswertung der Mehrkosten der Demonstrationsvorhaben gegenüber dem gesetzlichen Mindeststandard der EnEV 2009 zu sein. Diese betragen im Mittel 330 €/m² beh. NGF. Dabei handelt es sich um Daten, die von 2012 bis 2018 durch die Antragsteller dokumentiert wurden.

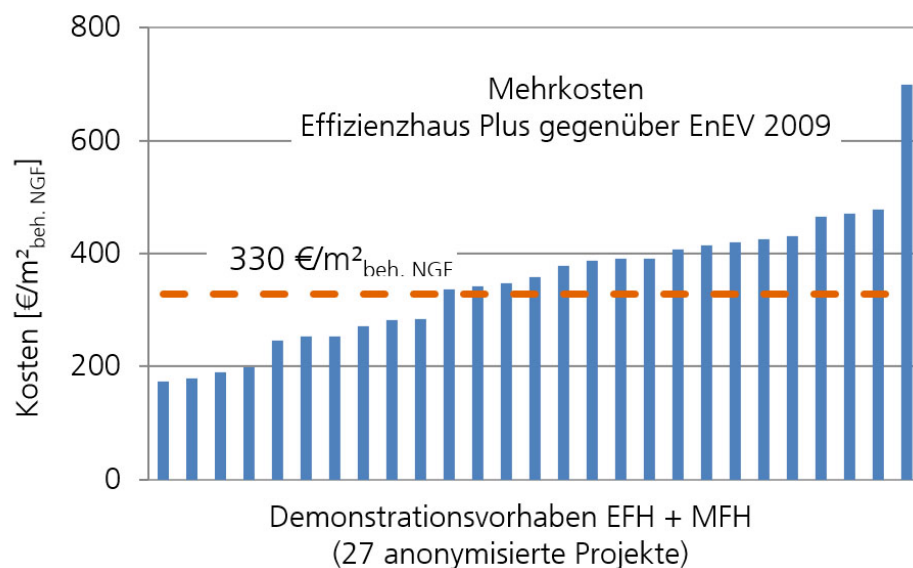


Bild 49:
Mehrkosten Effizienzhaus Plus gegenüber Gebäuden im EnEV-2009-Standard.

Die den Mehrkosten gegenüberzustellenden Minderkosten durch die Netzeinspeisungsvergütung und Einsparung weiterer Energie- und Betriebskosten gegenüber Gebäuden im EnEV-2009-Standard führten zu Amortisationszeiten zwischen 12 und 52 Jahren.

5.10 Potentiale und Empfehlungen

Die vorangegangenen Analysen haben aufgezeigt, dass die grundsätzliche Bewertungsprozedur, wie in Kapitel 4 beschrieben, geeignet ist, um vertrauenswürdige Vorhersagen der Gesamtpformance eines Effizienzhauses Plus vorzunehmen. An einzelnen Parametern sollte hierzu nachjustiert werden. So empfiehlt es sich, den Energiebedarf für Beleuchtung, Haushaltsgeräte und Haushaltsprozesse auf 20 kWh/m²a festzulegen und die Maximalgrenze je Haushalt von 2500 kWh/a entfallen zu lassen. Die Anlagentechnik ist zufriedenstellend mit der Bewertungsmethode der DIN V 18599 und den Vorgaben der EnEV zu bewerten. Die Bewertungsmethode ergibt den im Bild 50 dargestellten Berechnungsablauf.

Zu der Bewertung nach EnEV (blaues Oval) kommt die Stromaufwendung für Beleuchtung und Haushaltsgeräte und -prozesse. Für diese kann in Analogie zu § 5 der EnEV eine Anrechnung monatweise erfolgen. Der verbleibende Überschuss kann mit dem Primärenergiefaktor für netzeingespeisten Strom gewichtet werden. Dieser Überschuss muss größer sein als der verbleibende (nicht durch erneuerbare Energien abgedeckte) Strombedarf für die Anlagentechnik und die Haushaltsprozesse.

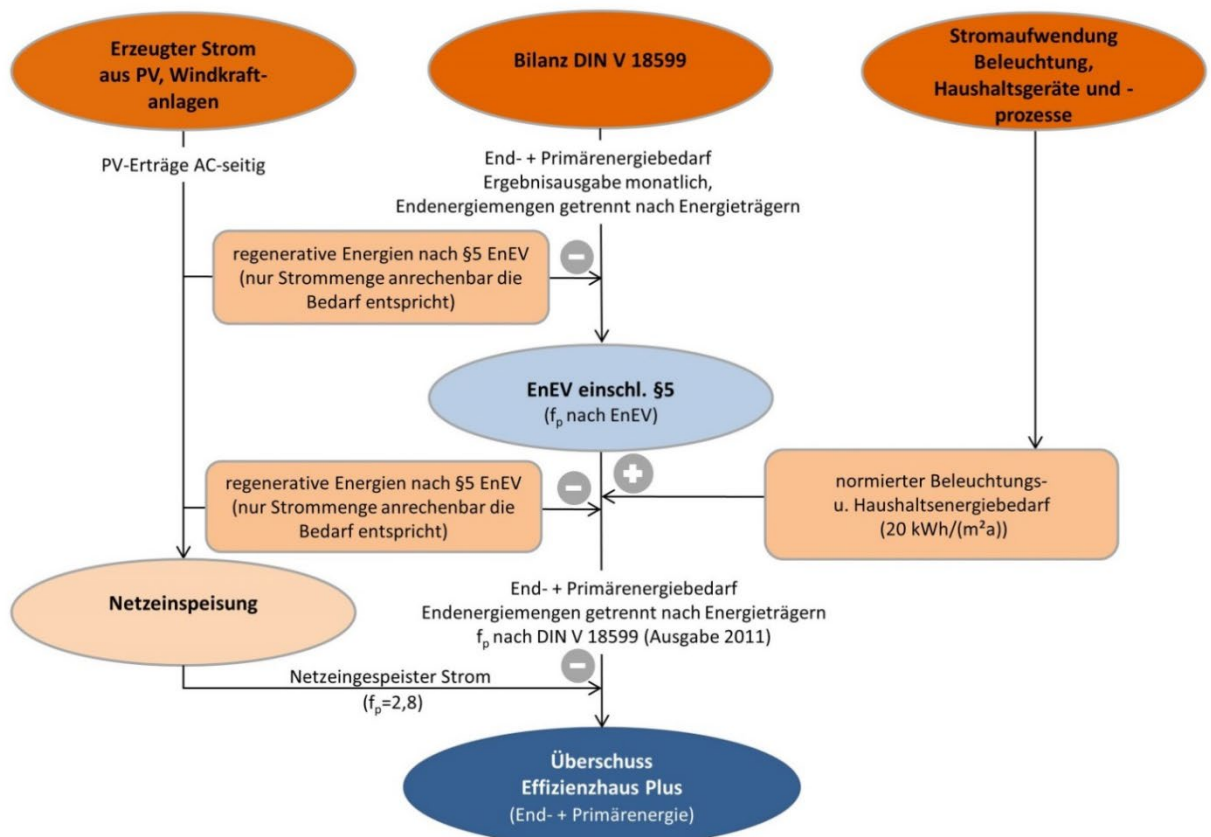


Bild 50: Ablauf der Berechnungsprozedur zur Bewertung der Demonstrationsvorhaben im Effizienzhaus Plus-Standard. (AC-seitig entspricht nach dem Wechselrichter; f_p steht für Primärenergiefaktor).

Zur Vermeidung einer ergänzenden Berechnung über den Nachweis nach EnEV hinaus im Rahmen eines möglichen KfW-Förderprogramms für ein Effizienzhaus Plus empfiehlt es sich, anstelle einer umfassenden Berechnung des Überschusses nur eine Abschätzung der überschüssigen Gewinne aus der PV-Anlage im Vergleich zum Gesamtstrombedarf des Gebäudes wie folgt vorzunehmen. Bild 51 zeigt den erforderlichen Ablauf. Im blauen Rahmen befindet sich der traditionelle EnEV-Nachweis. Ergänzend dazu muss der nach § 5 EnEV nicht anrechenbare selbstgenerierte erneuerbare Strom dem EnEV-Energiebedarf zusätzlich des Haushaltsstrombedarfs gegenübergestellt werden.

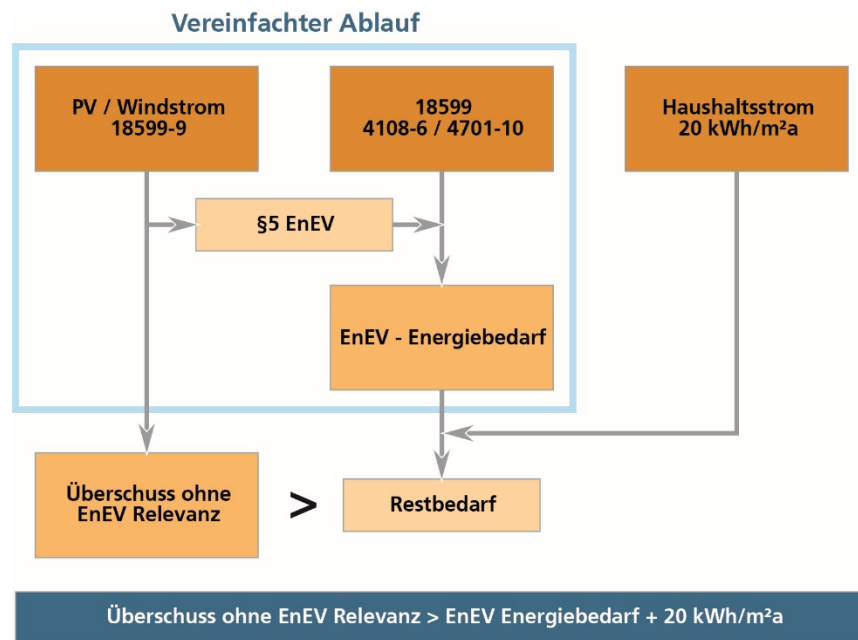


Bild 51:

Ablauf der vereinfachten Berechnungsprozedur zur Bewertung der Demonstrationsvorhaben im Effizienzhaus Plus-Standard für ein mögliches KfW-Förderprogramm.

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass teilweise ein hoher Anteil an selbst produziertem erneuerbarem Strom nicht im Gebäude selbst genutzt wird. Hier sollte die Ausweisung einer Mindestdeckung von mehr als 50 % überdacht werden. Trotz Nutzung von Stromspeichern konnten nicht immer zufriedenstellende Eigennutzungs- und Deckungsgrade erreicht werden. Hier gilt es weiter, die Nutzung und die geeignete Dimensionierung von elektrischen Speichern im Einklang mit der übrigen Anlagentechnik und dem Energiebedarf eines Gebäudes und seiner Nutzer voranzutreiben oder den überschüssigen Strom anderweitigen Anwendungen zur Verfügung zu stellen.

6 Quartier

Wie lässt sich ein Speicherkonzept wirtschaftlich so optimieren, dass der Eigenverbrauch von lokal erzeugten, erneuerbaren Energien in Effizienzhaus Plus-Gebäuden maximiert und die Stromnetze entlastet werden? Das Bundesbauministerium hat dazu eine quartierszentrale Speicherlösung wissenschaftlich untersuchen lassen: Im Living Lab der FertighausWelt in Wuppertal sind 19 Effizienzhäuser Plus zentral in einer Siedlung untereinander vernetzt. Sie versorgen auch »schwesterlich« ein Empfangsgebäude mit erneuerbarem Strom. Die Siedlung ist mit einem elektrischen Zentralspeicher ausgerüstet, welcher eine nutzbare Kapazität von 130 kWh aufweist. Ein detailliertes Messprogramm in der Siedlung zeigt, dass die Lastprofile der Ausstellungshäuser im Mittel einem typischen deutschen Zwei-Personen-Haushalt gleichen. Daher lassen sich die in der Ausstellungssiedlung erzielten Ergebnisse auf »normal« bewohnte Siedlungen mit gleichem Haustyp übertragen.

Das Monitoring des Living Labs hat ergeben, dass durch den Siedlungsverbund der Strombezug aus dem öffentlichen Netz durch Nutzung des selbst generierten Photovoltaikstroms innerhalb der Siedlung um etwa 18 % reduziert werden konnte. Wie die Stromverschiebung in Bild 52 zeigt, wurde im Untersuchungszeitraum von September 2017 bis August 2018 von den Einzelgebäuden aus dem Stromnetz 151 400 kWh entnommen. Das Siedlungsnetz hat jedoch nur 123 800 kWh vom Energieversorger bezogen. Etwa 27 600 kWh (18 %) konnten durch die Nutzung des zentralen Speichers sowie die Quartiersvernetzung innerhalb der Siedlung selber genutzt werden und das öffentliche Netz entlasten. Weitere Detailspekte wurden untersucht und sind in [6] dargestellt.

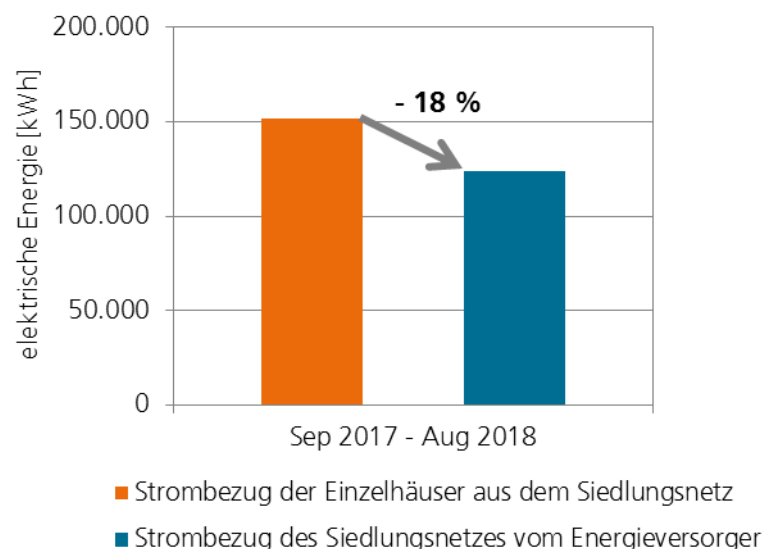


Bild 52:
Stromverschiebung zwischen Einzelgebäuden und Siedlung des Siedlungsnetzes in der FertighausWelt Wuppertal.

7 Öffentlichkeitsarbeit, Ergebnisverbreitung und Verwertung

Zur Ergebnisverbreitung und Diskussion der gesammelten Erfahrungen wurden Netzwerktreffen durchgeführt und Ergebnisse auf Kongressen und in Fachbeiträgen vorgestellt. Die Broschüre »Wege zum Effizienzhaus Plus« wurde in der Projektphase dreimal aktualisiert (aktuelle Fassung: 6. Auflage). Eine Übersicht über die realisierten 19 Veröffentlichungen, die gehaltenen 34 Vorträge und die realisierten 10 Workshops in der dritten Projektphase ist im Anhang 2 enthalten.

Sowohl die internen Netzwerktreffen der dritten Projektphase in Neu-Ulm (2016) und Wuppertal (2016) als auch die öffentlichen Workshops auf der bautec 2016, 2018 und 2020, der BAU in München 2017 und 2019 sowie im Rahmen der Kongresse »Zukunftsraum Schule« in Stuttgart 2017 und 2019, erlaubten einen intensiven Austausch über die Erfahrungen aller Beteiligten mit den Modellprojekten Effizienzhaus Plus bei großer Offenheit der Vortragenden. Die Teilnehmer der Symposien schätzten neben den einführenden Vorträgen die Diskussionen zu Einzelthemen. Zu Beginn der Projektphase fand ein weiterer Workshop auf internationaler Ebene statt, in dem die Bewertungsansätze aus Japan und Deutschland miteinander verglichen wurden.

Auf der BAU 2017 in München stand neben Erfahrungen aus dem Netzwerk eine genauere Betrachtung der Einzeltechnologie der Wärmepumpen im Vordergrund. Dabei wurde mit Vertretern aus der Forschung, dem Verband der Wärmepumpen und Planern diskutiert. Auf dem Kongress »Zukunftsraum Schule« wurde neben der Vorstellung einzelner Bildungsbauten des Netzwerks den Fragen nach der Harmonisierung der energetischen Standards von Gebäuden sowie der Bilanzierung und des Monitorings von Effizienzhäusern Plus nachgegangen. Das Fachsymposium auf der bautec 2018 in Berlin widmete sich der Fragestellung »Was heißt klimaneutral Bauen?«.

Der 14. Workshop des Netzwerks auf der BAU 2019 in München ging der Frage »Effizienzhaus Plus: Marktreife erreicht?« nach. Nach Projektvorträgen aus dem Netzwerk wurden mit dem Auditorium Kostenreduktionspotentiale und Handlungsempfehlungen für den Bau von Effizienzhäusern Plus diskutiert. Dabei wurde erstmalig eine Umfrage-Plattform live verwendet, die die mit dem Publikum erarbeiteten Vorschläge zu Kosteneinsparpotentialen einer Abstimmung unterzog. Das Publikum wies, wie Bild 53 zeigt, der Einführung einer CO₂-Steuer auf fossile Energieträger mit 33 % das höchste Potential zu, gefolgt von einer intensiven Begleitung im Planungs- und Ausführungsprozess mit 16 % und der Betrachtung von Warmmieten mit 15 % (gekoppelte Betrachtung von Miete und Nebenkosten). Maßnahmen zur Reduktion investiver Kosten wurde eine geringere Bedeutung zugeordnet als Maßnahmen im Betriebskostenbereich.

Welcher der gesammelten Vorschläge zur Reduzierung von Mehrkosten von hocheffizienten Wohngebäuden gegenüber konventioneller Ausführung hat für Sie die höchste Wirkung?

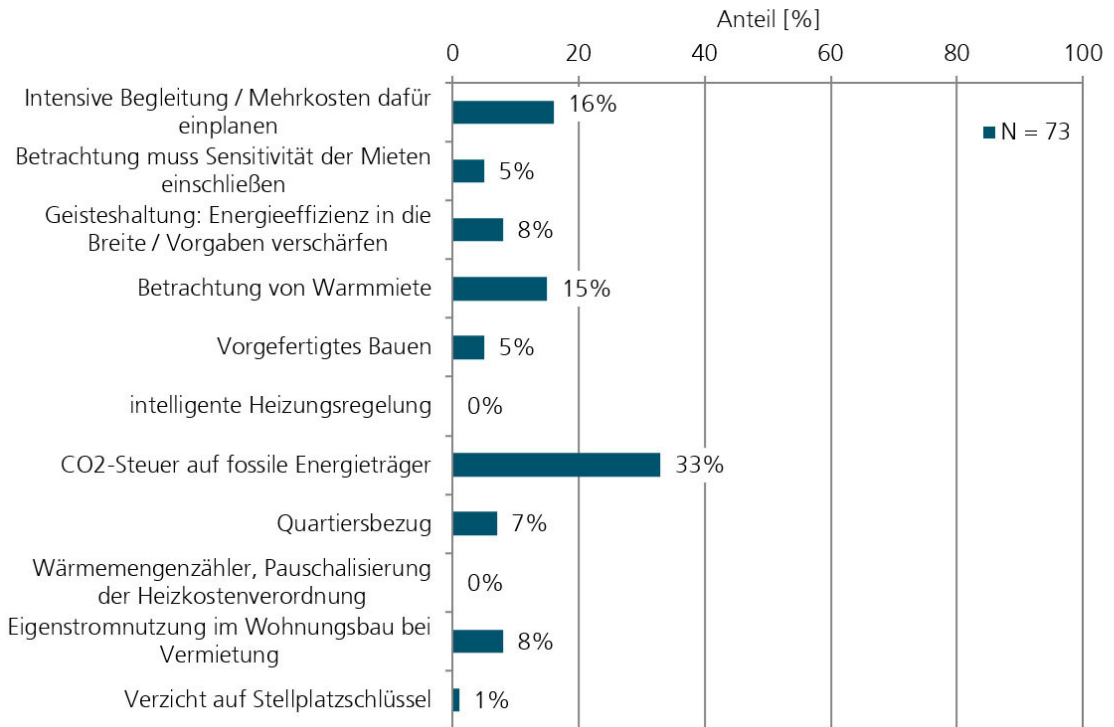


Bild 53:

Priorisierung von elf Vorschlägen zur Kostenminderung durch die Teilnehmer des Workshops auf der BAU 2019.

Der Frage, ob das Effizienzhaus Plus die Marktreife erreicht hat, stimmten 62 % der Zuhörer zu, empfinden jedoch eine Markteinführungsunterstützung durch Institutionen wie etwa BAFA/KfW oder die Kommunen als förderlich für eine rasche Marktdurchdringung. Die abschließende Abfrage nach der Weiterführung der Veranstaltung zeigte, dass weiterhin ein großes Interesse an der Veranstaltungsreihe besteht, deren Fortführung von 94 % der Teilnehmenden gewünscht wurde.

Eine textliche Zusammenfassung der Inhalte aller Netzwerktreffen sowie die gezeigten Präsentationen sind auf der Internetseite der Forschungsinitiative Zukunft BAU unter <https://www.zukunftbau.de/effizienzhaus-plus/modellvorhaben/workshops/> veröffentlicht.

Angebunden an die Veranstaltungen war jeweils eine Posterausstellung mit Postern zu den Einzelobjekten sowie zu übergeordneten Themen der Querauswertung. Die aktuellen Poster der BAU 2019 sind in Anhang 3 dargestellt.

8 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen der Förderprogramme »Modellprojekte im Effizienzhaus Plus-Standard« hat sich in den letzten sieben Jahren ein Netzwerk von 37 Wohngebäuden gebildet, die diesen Gebäudestandard realisiert haben und ihn in einem zweijährigen Monitoringprogramm überprüfen lassen. Die überwiegende Anzahl der Modellvorhaben im Wohnungsbau war bereits mit Ende der zweiten Projektphase abgeschlossen. In der dritten und letzten Projektphase galt es, die letzten ausstehenden Wohngebäude auszuwerten, erste Einschätzungen zu den Bildungsbauten zu geben und den Standard zu konsolidieren.

Alle Gebäude wurden mit einer wärmedämmtechnisch hochwertigen Gebäudehülle versehen. Während im Neubaubereich die energetische Qualität der Außenbauteile gegenüber dem gesetzlichen Mindeststandard des EnEV-Referenzgebäudes um etwa 40 % unterschritten wurde, lag diese bei den Bestandsanierungen bei etwa 20 bis 25 %. Wohngebäude im Effizienzhaus Plus-Standard haben einen Endenergieverbrauch von ca. $50 \text{ kWh/m}^2_{\text{beh. NGFA}}$ ohne Abzug der selbst generierten erneuerbaren Energien. Dabei werden jeweils 44 % der Endenergie für den Nutzerstrom und die Haustechnik aufgewendet und 12 % für die Hilfsenergie. Der Endenergieüberschuss betrug im Mittel $15 \text{ kWh/m}^2_{\text{beh. NGFA}}$.

Nach Beendigung der zweijährigen Monitoringphase haben über 75 % der Wohngebäude den Effizienzhaus Plus-Standard auch im Betrieb eingehalten. Es zeigten sich sowohl Mehrverbräuche im Bereich der Anlagentechnik und des Nutzerstroms als auch vereinzelt Mindererträge aus den Photovoltaikanlagen. Um trotz einer ggf. nicht ganz optimalen Gebäudeperformance den Effizienzhaus Plus-Standard einzuhalten, wird empfohlen, eine Überdimensionierung der Photovoltaikanlage von 20 % vorzunehmen. Da viele Projekte eine Einregulierungsphase benötigten, konnten Optimierungsmaßnahmen aufgrund der kurzen Monitoringzeit, falls realisiert, oft nicht überprüft werden.

Für den Effizienzhaus Plus-Standard wird in Ergänzung zur EnEV-Berechnung gemäß der Förderrichtlinie ein Nutzerstromanteil von $20 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, jedoch maximal 2500 kWh je Wohneinheit für die Beleuchtung, Haushaltsgeräte und -prozesse und Sonstiges mitberücksichtigt. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die Wohngebäude einen mittleren Nutzerstromverbrauch von $20 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ benötigen und somit auf die wohneinheitsbezogene Größe verzichtet werden kann. Für eventuelle Förderprogramme kann zur Vereinfachung des Berechnungsablaufs auf eine ergänzende Berechnung über die EnEV hinaus verzichtet werden. Hierzu wird der nach § 5 EnEV nicht angerechnete selbstgenerierte erneuerbare Strom dem EnEV-Endenergiebedarf zuzüglich des Haushaltsstrombedarfs gegenübergestellt.

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass teilweise ein hoher Anteil an selbst produziertem erneuerbarem Strom nicht im Gebäude selbst genutzt wird. Hier sollte die Ausweisung einer Mindestdeckung von mehr als 50 % überdacht werden.

Der Effizienzhaus Plus-Standard impliziert klimaneutrale Gebäude mit einem hohen CO₂-Minderungspotential, die einen wertvollen Beitrag zum Erreichen der Klimaschutzziele bis 2050 liefern können. Durch das Netzwerk und bei einer Marktdurchdringung im Neubaubereich und in der Bestandsanierung von jeweils 15 % können ab 2030 6 Mio t CO_{2,äq}/m²a und ab 2050 14 Mio t CO_{2,äq}/m²a eingespart werden.

In den Modellvorhaben wurden vorrangig Wärmepumpen mit unterschiedlichen Wärmequellen und Speicherkonstellationen betrieben, die im Betrieb noch nicht durchgängig die erwartete Performance in Form der Arbeitszahl erreichten. Einfache, robuste Systeme zeigten eine höhere Effizienz als Anlagen mit vielen Einzelkomponenten verschiedener Hersteller. Als effizienzsteigernde Maßnahme manifestierte sich die Forderung nach einer qualitativ hochwertigen Planung, Ausführung und Einregulierung der Anlagentechnik. Dazu sind kontinuierliche Weiterbildungsmaßnahmen und eine gute Kommunikation aller am Prozess Beteiligten unerlässlich.

Die Realisierung klimaneutraler Gebäude verursacht Mehrkosten, die gegenüber Gebäuden im EnEV-Standard für die hier analysierten Projekte ca. 330 €/m²_{beh. NGF} betragen. Zu berücksichtigen gilt hierbei, dass es sich bei den betrachteten Gebäuden um Forschungsprojekte handelte, die an keine monetären Rahmenbedingungen gekoppelt waren.

Eine Abweichung der Vorherberechnung mit der Messung für die Photovoltaikerträge in einer Größenordnung von maximal ± 4 % und im Bereich des Endenergiebedarfs um ca. 20 % zeigt ein zufriedenstellendes Ergebnis. Die Bewertungsmethode nach der DIN V 18599 und die Vorgaben der EnEV sind geeignete Instrumente für die Bilanzierung des Effizienzhaus Plus-Standards.

Nach Abschluss der dritten Projektphase zeigt sich, dass der Effizienzhaus Plus-Standard im Wohnungsbau marktreif ist. Für Ein- und Zweifamilienhäuser ist er sowohl im Neubaubereich als auch in der Bestandssanierung mit vertretbaren Mehrkosten gegenüber Gebäuden im gesetzlichen Mindeststandard nach EnEV realisierbar. Für die Umsetzung des Standards ist, wie generell für alle Bauprozesse, erforderlich, eine qualitativ hochwertige Planung, Ausführung und Einregulierung, mit einer guten Kommunikation aller an den Prozessen Beteiligten, unumgänglich. Bei Mietobjekten zeigten sich die Rahmenbedingungen zur Nutzung des selbst generierten erneuerbaren Stroms nach dem Mieterstromgesetz als noch nicht zufriedenstellend. Hier wurde, um den Verwaltungsaufwand gering zu halten, vorrangig auf Warmmietenmodelle mit einem Nutzerstromkontingent zurückgegriffen. Weitere Vermarktungsmöglichkeiten zur Nutzung selbst generierter erneuerbarer Energien im Nahumfeld sollten vereinfacht werden.

Zur Überprüfung des Effizienzhaus Plus-Standards im Betrieb durch den Nutzer und Betreiber sowie zur Optimierung von anlagentechnischen Komponenten

sollte ein Mindestmonitoring bzw. der Einbau von Messeinrichtungen an Wärmeerzeugern zur Erfassung der zugeführten und abgegebenen Energie vorgesehen werden.

Abschließend fehlt derzeit zur flächendeckenden Realisierung des Effizienzhaus Plus-Standards im Neubau, der Sanierung und im Quartier der Trend. Hier würde mehr Mut seitens des Gesetzgebers mit ambitionierten Vorgaben, bei der Festlegung eines geeigneten Gebäudestandards zum Erreichen der vereinbarten Klimaziele 2050, förderlich sein.

9 Literaturverzeichnis

- [1] Erhorn, H.; Bergmann, A.; Beckert, M.; Budde, E.; Reiß, J.; Wössner, S.: Energieeffizienter Neubau von Wohngebäuden. Begleitforschung und Querauswertung von Modellvorhaben. Endbericht Phase 1 des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik IBP, Stuttgart (2013).
- [2] Erhorn, H.; Bergmann, A.: Energieeffizienter Neubau von Wohngebäuden – Begleitforschung und Querauswertung von Modellvorhaben (Phase 2), Bericht WB 175/2015 des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik IBP, Stuttgart (2015). Verfügbar unter <https://www.zukunftbau.de/effizienzhaus-plus/forschung/forschung-netzwerk/technische-begleitforschung-und-querauswertung/>
- [3] Figgenger, J.; Haberschatz, D. et al.: Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm 2.0. Jahresbericht 2018, Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe RWTH Aachen, Aachen (2018).
- [4] Achelis, J.: EnEV-Auslegungsfragen XI-8 zu §5 EnEV 2009 (Anrechnung von Strom aus erneuerbaren Energien). Deutsches Institut für Bautechnik DIBT, Dezember 2009.
- [5] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW): Standardlastprofile Strom. www.bdew.de/energie/standardlastprofile-strom/, abgerufen am 28. Februar 2019.
- [6] Erhorn, H.; Bergmann, A.; Sinnesbichler H. et al.: Praxis-Vergleich verschiedener Speicherstrategien für Plusenergiehäuser in exemplarischen Wohnsiedlungen – Living Lab Plusenergiesiedlung Wuppertal. IBP-Bericht Nr. EER-015/2018/952, Holzkirchen (2018). Verfügbar unter <https://www.zukunftbau.de/forschungsfoerderung/projekte/1008187-1528/>
- [7] Stadtwerke Lauterbach: Wärmepumpen-Lastprofil. www.stadtwerke-lauterbach.de/netze/strom/lieferanten/lastprofile/, abgerufen am 29. November 2016.
- [8] Erhorn, H.: Potentielle Beiträge der Effizienzhaus Plus-Gebäude zum Klimaschutzprogramm der Bundesregierung. <https://www.ibp.fraunhofer.de/content/dam/ibp/ibp-neu/de/dokumente/publikationen/eer/beitraege-effizienzhaus-plus-gebaeude-zum-klimaschutzprogramm-der-bundesregierung.pdf>.
- [9] BAKA Bundesarbeitskreis Altbauserneuerung e. V. (16. Juli 2012). Effizienzhaus Plus im Altbau: Wettbewerb entschieden, Presseinformation.
- [10] GEMIS (G**l**obales **E**missions-**M**odell **i**ntegrierter **S**ysteme). IINAS Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalyse und -strategien, Darmstadt.
- [11] Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz [EEG] vom 7. August 2008 (BGBl I S.1658), zuletzt geändert durch Art. 9 GV. 20. Oktober 2016 | 1722.
- [12] VDI-Richtlinie: VDI 4645 Heizungsanlagen mit Wärmepumpen in Ein- und Mehrfamilienhäusern – Planung, Errichtung, Betrieb. Düsseldorf, VDI Verlag, März 2018.

Anhänge

Anhang 1: Kenndaten und Messergebnisse der Demonstrationsvorhaben im Effizienzhaus Plus-Standard

Anhang 2: Liste der Veröffentlichungen und Vorträge

Anhang 3: Poster Bau 2019

Anhang 4: Übersicht der Steckbriefe zu den Modellvorhaben (hier Effizienzhaus Plus-Wohngebäude)

Anhang 1 Kenndaten und Messergebnisse der Demonstrationsvorhaben im Effizienzhaus Plus-Standard

Tabelle A1.1:
Übersicht der Kenndaten der haustechnischen Anlagen.

Nr.	Haus	Nutzfläche A _n nach EnEV	beheizte Wohnfläche	Heizungs- und Trink- warmwasserbereitung: Wärmeerzeuger	Heizungs- und Trink- warmwasserbereitung: Wärmequelle	Heizungs- und Trink- warmwasserbereitung: Heizleistung	Heizungs- und Trink- warmwasserbereitung: Speicher	Lüftung
25	Geisenheim	378 m ²	319 m ²	Sole-Wasser-WP	Eisspeicher und Solar- Luft-Hybridkollektoren	7,5 kW	Kombispeicher (1.000 l)	dezentrale Lüftungsgerä- te mit WRG
30	Riedstadt-Crum- stadt	260 m ²	165 m ²	Sole-Wasser-WP	Sole	5,8 kW	Pufferspeicher 696 l	Zentrallüftungsgerät mit WRG
103	Stuttgart B10	77 m ²	82 m ²	Wasser-Wasser-WP	Eisspeicher 15 m ³	k. A.		Zentrallüftungsgeräte mit WRG (80 %)
201a	Neu-Ulm, Pfuher Str. 4/6	787 m ²	656 m ²	Sole-Wasser-WP dezentr. Frischwasserstation- en	Sole durch Erdsonden	28,6 kW (B0/W35) 45 kW (W10/W50)	Pufferspeicher (4*485 l) TWW Speicher (4*495 l)	Zentrallüftungsgeräte mit WRG (80 %)
201b	Neu-Ulm, Pfuher Str. 10/12	764 m ²	596 m ²	Sole-Wasser-WP (Heizen) dezentr. Abluft-WP (TWW)	Helix-Sonden Abluft	20 kW (B0/W35) 910 W	Pufferspeicher (4*720l) TW-Speicher je 200 l	Abluftanlage

Nr.	Haus	PV-Anlage: Art	PV-An- lage: Flä- che	PV-Anlage: Leis- tung	Solarthermie	Batterie (Speicherkapazität)
25	Geisenheim	monokristalline Aufdachmodule	104 m ²	18,9 kW _p	22 m ² Solar-Luft-Hybridkollektoren fassadenintegriert	-
30	Riedstadt-Crum- stadt	monokristalline Aufdachmodule	76,8 m ²	12 kW _p	8 m ²	-
103	Stuttgart B10	monokristalline Aufdachmodule	65 m ²	-	-	Lithium-Ionen-Mangan-Phosphat (11 kWh)
201a	Neu-Ulm, Pfuher Str. 4/6	monokristalline Aufdachmodule	238 m ²	39 kW _p	-	-
201b	Neu-Ulm, Pfuher Str. 10/12	monokristalline Aufdachmodule	164 m ²	24,9 kW _p	-	-

Tabelle A1.2:
Messergebnisse der Demonstrationsvorhaben der 1. Messperiode.

Nr.	Haus	Heizung und TWW [kWh]	Heizung und TWW [kWh]	Heizung und TWW [kWh]	Heizung und TWW [kWh]	Heizung und TWW [kWh]	Heizung und TWW [kWh]	Heizung und TWW [kWh]	Heizung und TWW [kWh]	Heizung und TWW [kWh]	Heizung und TWW [kWh]	Heizung und TWW [kWh]	Heizung und TWW [kWh]	Summe
		Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	kWh/a
14	Poing, Baufritz (Strom)	10	18	15	15	12	12	11	9	7	7	7	7	128
14	Poing, Baufritz (Gas)	12	329	1005	1197	1663	2037	1587	1590	843	304	81	18	10 666
15	Bremen, HO Immobilien	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Solar-Plus-Haus, Bremen	554	389	252	67	26	18	15	14	46	165	227	250	2025
18	Bad Homburg (Strom)	144	125	104	102	81	100	277	345	412	426	374	221	2710
18	Bad Homburg (Holz)	204	61	0	0	476	890	1461	2545	1861	1584	941	40	10 063
19	Kassel	86	125	113	110	97	99	111	204	537	710	476	211	2881
20	Burghausen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	566	654	1220
21	Aktiv-Stadthaus FfM (Strom)	10 653	9112	8681	5824	2793	2593	2558	2438	2334	5766	9722	11 887	74 361
21	Aktiv-Stadthaus FfM (Gas)	20	847	46	280	4070	1153	0	20	0	0	10	0	6445
22	Riedberg FfM	3458	7183	6841	3843	404	204	987	5820	4293	4186	4400	2532	44 151
24	Tübingen	2491	1716	1639	1426	1453	1233	1474	1726	2189	4433	4407	4214	28 401
25	Geisenheim	471	210	236	146	55	189	572	975	1553	1570	1088	406	7470
26	Deggendorf	168	1366	1151	358	0	0	0	0	0	0	0	84	3126
27	LaVidaVerde, Berlin (Strom)	444	781	649	686	470	391	339	440	877	450	111	133	5771
27	LaVidaVerde, Berlin (Holz)	8233	4457	2990	108	0	0	0	0	2365	4602	7846	9709	40 312
29	Buchen-Hollerbach	103	259	497	639	706	670	497	323	176	142	141	132	4285
30	Crumstadt	15	15	16	15	17	74	136	190	281	196	101	28	1085
31	Cordierstraße FfM	272	162	672	3213	7384	9110	8726	8289	4861	1152	338	290	44 469
201a	Neu-Ulm, Pfuhler Str. 4+6	759	846	994	885	836	814	713	828	814	826	824	508	9647
201b	Neu-Ulm, Pfuhler Str. 12+14	553	634	587	502	550	529	490	427	436	388	472	449	6017

Nr.	Haus	Hilfsenergie [kWh]	Hilfsenergie [kWh]	Hilfsenergie [kWh]	Hilfsenergie [kWh]	Hilfsenergie [kWh]	Hilfsenergie [kWh]	Hilfsenergie [kWh]	Hilfsenergie [kWh]	Hilfsenergie [kWh]	Hilfsenergie [kWh]	Hilfsenergie [kWh]	Hilfsenergie [kWh]	Summe
		Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	kWh/a
14	Poing, Baufritz	86	109	117	123	143	141	129	147	129	117	104	108	1453
15	Bremen, HO Immobilien	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Solar-Plus-Haus, Bremen	67	50	66	76	79	75	89	78	67	63	61	59	830
18	Bad Homburg	65	55	50	42	48	57	80	102	99	91	78	61	827
19	Kassel	51	64	60	96	112	117	125	73	122	154	165	181	1321
20	Burghausen	114	140	130	116	191	194	113	124	125	93	75	77	1492
21	Aktiv-Stadthaus FfM	2069	2111	2014	1832	1347	1232	1479	1404	1226	2013	1729	1915	20 371
22	Riedberg FfM	782	1425	1515	1052	1813	2227	1643	2345	2294	3350	2407	2725	23 577
24	Tübingen	347	350	502	486	527	548	522	548	462	501	507	532	5832
25	Geisenheim	110	196	297	145	97	223	259	95	102	317	264	227	2333
26	Deggendorf	115	90	88	102	95	80	70	127	119	148	184	229	1449
27	LaVidaVerde, Berlin	245	403	493	458	288	369	367	148	220	216	268	320	3796
29	Buchen-Hollerbach	27	28	27	28	28	25	28	28	28	27	28	28	329
30	Crumstadt	70	73	78	73	70	73	76	80	82	58	57	55	844
31	Cordierstraße FfM	921	935	899	1056	1331	1176	1455	1322	1010	583	716	772	12 175
201a	Neu-Ulm, Pfuher Str. 4+6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
201b	Neu-Ulm, Pfuher Str. 12+14*	553	634	587	502	550	529	490	427	436	388	472	449	6017

*einschl. Trinkwarmwasser (TWW)

Nr.	Haus	Elektroge- räte [kWh]	Elektroge- räte [kWh]	Elektroge- räte [kWh]	Elektroge- räte [kWh]	Elektroge- räte [kWh]	Elektroge- räte [kWh]	Elektroge- räte [kWh]	Elektroge- räte [kWh]	Elektroge- räte [kWh]	Elektroge- räte [kWh]	Elektroge- räte [kWh]	Elektroge- räte [kWh]	Summe
		Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	kWh/a
14	Poing, Baufritz	35	67	79	78	97	85	77	81	75	69	58	53	854
15	Bremen, HO Immobilien	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Solar-Plus-Haus, Bremen	269	251	310	344	330	332	333	301	268	248	255	222	3463
18	Bad Homburg	223	225	195	210	210	250	233	268	241	216	236	223	2730
19	Kassel	263	346	334	308	309	304	314	437	375	248	327	118	3681
20	Burghausen	286	350	304	310	369	376	362	337	381	491	441	476	4483
21	Aktiv-Stadthaus FfM*	13 760	12 683	13 176	12 615	13 021	12 598	12 443	12 125	12 005	14 507	14 009	14 558	157 500
22	Riedberg FfM**	1790	2266	3317	3672	3754	3957	3787	3377	3136	2983	3243	2685	37 966
24	Tübingen*	1917	1650	1548	1451	1442	1370	1578	1766	1909	2025	1963	1687	20 306
25	Geisenheim	13	392	424	321	277	412	368	8	7	759	462	430	3872
26	Deggendorf	56	55	55	51	64	96	99	162	117	116	118	129	1118
27	LaVidaVerde, Berlin*	1479	1552	1314	1579	1424	1314	1150	1430	1736	2204	2232	2139	19 553
29	Buchen-Hollerbach	53	27	42	40	49	47	34	30	45	27	28	29	452
30	Crumstadt	233	211	223	277	248	220	251	262	274	288	266	286	3036
31	Cordierstraße FfM*	2037	1770	2023	2253	2359	2409	2381	2050	2317	1925	2112	1939	25 574
201a	Neu-Ulm, Pfuhler Str. 4+6*	807	808	895	733	802	769	737	734	661	801	722	799	9268
201b	Neu-Ulm, Pfuhler Str. 12+14*	918	1014	1008	824	833	792	768	870	849	837	879	861	10 453

*einschl. Beleuchtung

**einschl. Beleuchtung, Aufzug, Allgemeinstrom

Nr.	Haus	Sonstiges [kWh]	Sonstiges [kWh]	Sonstiges [kWh]	Sonstiges [kWh]	Sonstiges [kWh]	Sonstiges [kWh]	Sonstiges [kWh]	Sonstiges [kWh]	Sonstiges [kWh]	Sonstiges [kWh]	Sonstiges [kWh]	Sonstiges [kWh]	Summe kWh/a
		Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	
14	Poing, Baufritz	16	20	21	19	21	21	19	22	20	21	20	21	241
15	Bremen, HO Immobilien	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Solar-Plus-Haus, Bremen	59	57	42	75	1	40	47	45	47	57	66	42	578
18	Bad Homburg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	Kassel	0	0	0	0	1	2	3	5	21	32	17	168	249
20	Burghausen	0	38	63	59	15	49	81	17	35	19	28	29	432
21	Aktiv-Stadthaus FfM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	Riedberg FfM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	Tübingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	Geisenheim	492	0	0	0	0	0	0	604	638	0	0	0	1733
26	Deggendorf	30	41	35	23	22	22	23	24	25	25	24	27	320
27	LaVidaVerde, Berlin	149	106	193	239	100	109	101	117	76	63	40	13	1305
29	Buchen-Hollerbach	264	329	320	318	278	318	334	306	374	260	299	296	3695
30	Crumstadt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	Cordierstraße FfM	37	33	34	63	140	103	138	120	101	97	0	11	876
201a	Neu-Ulm, Pfuher Str. 4+6	91	92	88	84	117	96	94	189	104	104	97	73	1229
201b	Neu-Ulm, Pfuher Str. 12+14	0	69	49	77	83	80	92	94	95	100	90	291	1120

Tabelle A1.3:
Messergebnisse der Demonstrationsvorhaben der 2. Messperiode.

Nr.	Haus	Heizung und TWW [kWh]	Heizung und TWW [kWh]	Heizung und TWW [kWh]	Heizung und TWW [kWh]	Heizung und TWW [kWh]	Heizung und TWW [kWh]	Heizung und TWW [kWh]	Heizung und TWW [kWh]	Heizung und TWW [kWh]	Heizung und TWW [kWh]	Heizung und TWW [kWh]	Heizung und TWW [kWh]	Summe
		Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	kWh/a
14	Poing, Baufritz (Strom)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	Poing, Baufritz (Wärme)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11 293
15	Bremen, HO Immobilien	56	131	309	535	467	416	238	110	91	23	25	39	2440
16	Solar-Plus-Haus, Bremen	409	340	259	104	20	14	14	16	15	107	318	342	1957
18	Bad Homburg (Strom)	130	96	72	49	141	332	424	553	818	672	622	341	4248
18	Bad Homburg (Holz)	0	0	0	0	0	8	0	0	40	0	60	0	109
19	Kassel	130	82	65	55	51	75	105	225	559	646	602	352	2947
20	Burghausen	378	50	8	0	0	0	0	0	0	0	79	288	804
21	Aktiv-Stadthaus FfM (Strom)	14 161	9506	7339	4408	3910	2546	2587	2323	3419	5124	8647	11 016	74 986
21	Aktiv-Stadthaus FfM (Gas)	92	0	71	2559	1460	20	0	10	0	0	143	1345	5700
22	Riedberg FfM	3689	5429	6336	5015	2141	3429	3521	2682	1995	2255	2101	2363	40 955
24	Tübingen	2348	1730	1535	1416	1476	1206	1263	1674	2314	3112	3926	3715	25 715
25	Geisenheim	264	189	80	40	57	264	238	954	1353	1078	1319	1076	6910
26	Deggendorf	175	955	1295	738	317	0	0	0	0	0	0	0	3480
27	LaVidaVerde, Berlin (Strom)	118	120	108	309	74	89	68	94	110	239	342	555	2227
27	LaVidaVerde, Berlin (Holz)	8563	8056	3679	1033	1137	1433	1307	1466	5966	8266	9858	11 048	61 812
29	Buchen-Hollerbach	149	376	476	504	540	509	511	309	226	134	118	116	3968
30	Crumstadt	17	15	16	16	16	58	167	258	299	135	58	19	1074
31	Cordierstraße FfM	45	106	520	4632	6120	7057	8799	7435	6130	2557	443	261	44 105
201a	Neu-Ulm, Pfuhler Str. 4+6	933	1125	1091	1134	1148	923	983	862	838	709	699	919	11 364
201b	Neu-Ulm, Pfuhler Str. 12+14	1912	3479	2723	5509	2872	762	520	133	11	31	109	1140	19 201

Nr.	Haus	Hilfsenergie [kWh]	Hilfsenergie [kWh]	Hilfsenergie [kWh]	Hilfsenergie [kWh]	Hilfsenergie [kWh]	Hilfsenergie [kWh]	Hilfsenergie [kWh]	Hilfsenergie [kWh]	Hilfsenergie [kWh]	Hilfsenergie [kWh]	Hilfsenergie [kWh]	Hilfsenergie [kWh]	Summe
		Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	kWh/a
14	Poing, Baufritz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1388
15	Bremen, HO Immobilien	53	37	19	26	14	20	21	19	22	19	22	22	295
16	Solar-Plus-Haus, Bremen	38	42	45	52	44	49	51	49	43	44	48	50	555
18	Bad Homburg	60	51	47	44	49	65	60	51	52	57	64	98	697
19	Kassel	151	166	139	144	112	149	133	143	174	172	189	202	1873
20	Burghausen	94	127	140	117	124	135	141	120	107	104	101	87	1399
21	Aktiv-Stadthaus FfM	1769	1597	1673	1290	1128	1364	1017	1444	729	1278	1492	1507	16 288
22	Riedberg FfM	1395	1336	1196	1273	1228	1655	209	280	158	139	1033	1387	11 290
24	Tübingen	661	615	687	837	414	459	459	388	361	382	424	359	6046
25	Geisenheim	187	193	191	61	88	101	113			104	180	152	1371
26	Deggendorf	174	173	170	173	199	173	170	161	139	87	86	104	1809
27	LaVidaVerde, Berlin	275	288	271	217	193	218	219	212	258	284	316	326	3075
29	Buchen-Hollerbach	27	28	27	28	28	26	28	27	28	27	28	28	329
30	Crumstadt	67	59	59	66	61	46	62	55	58	49	52	43	676
31	Cordierstraße FfM	842	830	860	1121	1224	1255	1662	1483	1407	912	695	764	13 055
201a	Neu-Ulm, Pfuhler Str. 4+6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
201b	Neu-Ulm, Pfuhler Str. 12+14*	491	570	561	526	574	548	456	374	364	325	358	428	5575

*einschl. Trinkwarmwasser (TWW)

Nr.	Haus	Elektroge- räte [kWh]	Elektroge- räte [kWh]	Elektroge- räte [kWh]	Elektroge- räte [kWh]	Elektroge- räte [kWh]	Elektroge- räte [kWh]	Elektroge- räte [kWh]	Elektroge- räte [kWh]	Elektroge- räte [kWh]	Elektroge- räte [kWh]	Elektroge- räte [kWh]	Elektroge- räte [kWh]	Summe
		Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	kWh/a
14	Poing, Baufritz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	342
15	Bremen, HO Immobilien	177	179	139	161	144	154	137	119	135	154	121	125	1745
16	Solar-Plus-Haus, Bremen	193	172	187	219	216	211	223	212	214	223	262	238	2570
18	Bad Homburg	237	211	179	134	207	248	229	257	245	230	246	257	2682
19	Kassel	376	278	282	298	253	260	235	295	365	419	325	379	3764
20	Burghausen	423	415	392	437	376	286	334	373	579	633	821	780	5849
21	Aktiv-Stadthaus FfM*	14 987	12 800	13 281	12 652	13 020	12 234	12 693	13 049	13 415	14 503	14 911	15 569	163 114
22	Riedberg FfM**	2545	2239	2041	1916	1529	1545	1430	1516	1312	1426	3040	3609	24 150
24	Tübingen	1547	1520	1428	1384	1461	1128	1345	1745	1862	2001	1972	1767	19 159
25	Geisenheim	336	399	410	253	457	507	343	501	593	515	528	613	5453
26	Deggendorf	127	130	126	125	135	129	148	136	146	145	141	160	1649
27	LaVidaVerde, Berlin	1553	1538	1425	1446	1196	1197	1128	1334	1564	1579	1728	1869	17 557
29	Buchen-Hollerbach	326	357	345	354	450	399	384	332	359	390	364	359	4420
30	Crumstadt	289	283	294	260	273	270	293	331	303	309	330	296	3531
31	Cordierstraße FfM*	1955	1835	2036	2283	2240	2232	2475	2065	2157	2030	2067	1915	25 290
201a	Neu-Ulm, Pfuhler Str. 4+6*	823	831	828	791	820	751	811	728	660	446	649	680	8818
201b	Neu-Ulm, Pfuhler Str. 12+14*	919	994	983	879	960	846	842	821	834	796	813	904	10 591

*einschl. Beleuchtung **einschl. Beleuchtung, Aufzug, Allgemeinstrom

Nr.	Haus	Sonstiges [kWh]	Sonstiges [kWh]	Sonstiges [kWh]	Sonstiges [kWh]	Sonstiges [kWh]	Sonstiges [kWh]	Sonstiges [kWh]	Sonstiges [kWh]	Sonstiges [kWh]	Sonstiges [kWh]	Sonstiges [kWh]	Sonstiges [kWh]	Summe
		Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	kWh/a
14	Poing, Baufritz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	276
15	Bremen, HO Immobilien	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Solar-Plus-Haus, Bremen	77	50	59	50	55	46	41	63	235	81	75	183	1014
18	Bad Homburg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	Kassel	4	3	3	5	3	3	4	9	20	24	21	0	98
20	Burghausen	40	41	45	40	41	53	37	27	16	31	8	31	411
21	Aktiv-Stadthaus FfM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	Riedberg FfM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	Tübingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	Geisenheim	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	Deggendorf	25	32	34	29	29	24	25	24	25	24	24	25	321
27	LaVidaVerde, Berlin	95	83	95	118	135	99	95	108	99	54	84	89	1156
29	Buchen-Hollerbach	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	Crumstadt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	Cordierstraße FfM	43	53	47	73	86	109	157	130	118	81	69	49	1015
201a	Neu-Ulm, Pfuher Str. 4+6	84	92	92	87	95	100	115	119	114	89	128	101	1216
201b	Neu-Ulm, Pfuher Str. 12+14	83	83	83	83	82	83	83	83	110	107	99	105	1084

Anhang 2 Liste der Veröffentlichungen, Vorträge und Workshops

Veröffentlichungen

Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat und Bundesinstitut für Bau-Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Herausgeber): Wege zum Effizienzhaus Plus – Grundlagen und Beispiele für energieerzeugende Gebäude. 6. aktualisierte Auflage, Berlin (Nov. 2018), Online-Artikelnummer »BMI 18003«.

German Federal Ministry of the Interior, Building and Community (BMI) and Federal Institute for Research on Building, Urban Affairs and Spatial Development (Publishers): Strategies for the Efficiency Houses Plus – Principles and examples of energy-generating buildings. 2nd English Edition, Berlin (2019), Online Order-Item number: »BMI 18004«.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (Herausgeber): Wege zum Effizienzhaus Plus – Grundlagen und Beispiele für energieerzeugende Gebäude. 5. aktualisierte Auflage, Berlin (Nov. 2016).

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (Herausgeber): Wege zum Effizienzhaus Plus – Grundlagen und Beispiele für energieerzeugende Gebäude. 4. aktualisierte Auflage, Berlin (Jan. 2016).

Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety (BMUB) (Publisher): What makes an Efficiency House Plus? 1st English Edition, Berlin (2015).

Alten, P.; Erhorn, H.: Sieben Jahre Effizienzhaus Plus. Bauliche Klimaschutzbeiträge für Jedermann. Energieeffizienz in Gebäuden – Jahrbuch 2018, S. 133 – 140, VME Verlag, Berlin (2018).

Alten, P.; Erhorn, H.: Effizienzhaus Plus. Bauliche Klimaschutzbeiträge für Jedermann. Bundesbaublatt 68 (2018), H. 5, S. 58 – 59, Bauverlag, Gütersloh (2018).

Alten, P.; Erhorn, H.; Friemert, P.: Effizienzhaus Plus – ein Gebäudeansatz für 2050. Energieeffizienz in Gebäuden – Jahrbuch 2017, S. 77 – 87, VME Verlag, Berlin (2017).

Bergmann, A.: Efficiency House Plus – Renovation of 2 Row Houses from 1938, Neu-Ulm, Germany. Highlighted Case auf dem EU BUILD-UP Portal (2019). Verfügbar unter <http://www.buildup.eu/en/node/57170>.

Bergmann, A.; Erhorn H.: Realisierte Potenziale der Energieerzeugungsanlagen in Wohngebäuden im Effizienzhaus Plus-Standard. Bauphysik 40 (2018), H. 5, S. 389 – 395, Verlag Ernst und Sohn, Berlin (2018).

Bergmann, A.; Erhorn, H.: Kleiner als gedacht, Monitoring zeigt Defizite bei Wärmepumpensystemen. Gebäudeenergieberater GEB 13 (2017), H. 5, S. 36 – 40, Gentner Verlag, Stuttgart (2017).

Bergmann, A.; Erhorn, H.: Energieeffizienz elektrisch angetriebener Wärmepumpen – Praxisergebnisse aus dem Monitoring. IBP-Mitteilung 44 (2017), Mitteilung Nr. 549, Fraunhofer IBP, Stuttgart (2017).

Erhorn, H.; Bergmann, A.: fünf Jahre Effizienzhaus Plus mit Elektromobilität – Deutschland baut klimaneutral! Zukunft Bau Jahresbericht 2015 (unveröffentlicht).

Erhorn, H.; Erhorn-Kluttig, H.; Reiß, J.: Plus Energy Schools in Germany – Pilot Projects and Key Technologies. Energy Procedia 78 (2015), P. 3336 – 3341, Elsevier (2015).

Erhorn-Kluttig, H.: What is a 'Plus Energy Building' or 'Energy Surplus Building'? Ask the Expert Block on EU BUILD-UP Portal (2016). Verfügbar unter www.buildup.eu/en/node/47907.

Erhorn-Kluttig, H.; Erhorn, H.; Reiß, J.: Plus Energy – a New Energy Performance Standard in Germany for Both Residential and Non-residential Buildings. Advances in Building Energy Research (2015), Vol. 9, p. 73 – 88, Taylor and Francis (2015).

Leistner, P.; Sedlbauer, K.; Erhorn, H.: Zukunftsraum Schule – Bildungsbauten nachhaltig gestalten. Tagungsband zum 6. Kongress Zukunftsraum Schule. Herausgeber: Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP (2019). Verfügbar unter https://www.zukunftsraum-schule.de/pdf/kongress-2019/02_Tagungsband_2019.pdf.

Schmidt, W.: Effizienzhaus Plus-Standard vor der Marktreife. de – das Elektrohandwerk, Heft 10 (2019), S. 40 – 44. Verlag Hüthig GmbH, Heidelberg (2019).

Siegele, C.: Das große Versprechen – Sanierung zweier Zeilenbauten zum Effizienzhaus Plus-Standard. db 151 (2018), H. 6, S. 116 – 121, Konradi Verlag (2018).

Vorträge

Februar 2020

Erhorn-Kluttig, H.; Preuss, J.: Erkenntnisse zu Effizienzhaus Plus-Wohngebäuden und -Bildungsbauten (bautec 2020).

Berlin

Mai 2019

Erhorn, H.: Vorschläge zur Kosteneinsparung beim Planen und Bauen (Berliner Energietage 2019).

Berlin

Januar 2019

Erhorn, H.: Retrospektive 35 Jahre bauliche Energieforschung (BAU 2019).

München

Januar 2019

Bergmann, A.: Ergebnisse der Begleitforschung, Planungstipps für die Realisierung (BAU 2019).

München

September 2018

Erfolgreiche Effizienzhaus Plus-Initiative (5 Jahre »FertighausWelt Wuppertal« Pressekonferenz).

Wuppertal

Mai 2018

Erhorn-Kluttig, H.: Potentiale und Hemmnisse auf dem Weg zur Klimaneutralität in Gebäuden (Berliner Energietage 2018).

Berlin

April 2018

Bergmann, A.: Efficiency House Plus: A New Generation of High Performance Buildings (Internationale Konferenz »NZEB for all«).

Zagreb

März 2018

Erhorn, H.: Effizienzhaus Plus – Die zentralen Komponenten und die Frage des Speichers (GRE-Kongress 2018).

Kassel

Februar 2018

Erhorn, H.: Was bedeutet klimaneutral Bauen praktisch? (bautec 2018).

Berlin

November 2017

Erhorn, H.; Reiß J.: Zehn Jahre energetische Schulforschung – Resümee (Netzwerktreffen).

Stuttgart

November 2017

Bergmann, A.: Sechs Jahre Effizienzhaus Plus: Praxisbeispiele für Wohn- und Nichtwohngebäude (Effizienzhaustagung).

Hannover

Oktober 2017

Bergmann, A.: Effizienzhaus Plus – Ergebnisse und Tendenzen aus der Begleitforschung (Workshop).

Berlin

Juli 2017

Erhorn-Kluttig, H.: Effizienzhaus Plus: Vom Pilotgebäude bis zum Netzwerk (BayWa).

Hügelshart

Juni 2017

Erhorn, H.: The Energy Efficiency House Plus Approach (Korean Expert Workshop).

Stuttgart

Mai 2017

Bergmann, A.: Begleitforschung Effizienzhaus Plus – Ergebnisse und Tendenzen (Berliner Energietage).

Berlin

April 2017

Erhorn, H.: Der Effizienzhaus Plus-Ansatz (BMW-Think-Tank zur künftigen Gebäudebewertung).

Berlin

April 2017

Erhorn, H.: Innovation Effizienzhaus Plus (RSBK Energie Dialog).

Stuttgart

Januar 2017

Bergmann, A.: Ergebnisse aus der Begleitforschung – Wo gilt es nachzubessern? (BAU 2017).

Berlin

Januar 2017

Erhorn, H.: Gebäudestandards in Deutschland im Vergleich – Wer hat noch den Überblick? (BAU 2017).

Berlin

November 2016

Erhorn, H.: Vorstellung Forschungsprojekt Living Lab – Praxisvergleich verschiedener Speicherstrategien für Effizienzhäuser Plus in exemplarischen Wohnsiedlungen (Netzwerktreffen).

Wuppertal

Mai 2016

Bergmann, A.: Ergebnisse aus der Begleitforschung Effizienzhaus Plus – Technisches Monitoring (Netzwerktreffen).

Neu-Ulm

Februar 2016

Bergmann, A.: Randbedingungen für Effizienzhäuser Plus – Erfahrungen aus drei Jahren Monitoring (bautec 2016).

Berlin

Februar 2016

Erhorn, H.: Zehn Jahre Forschungsinitiative EnEff:Schule. Wo stehen wir heute? (bautec 2016).

Berlin

Januar 2016

Erhorn, H.: Aktuelles aus dem Effizienzhaus Plus-Netzwerk (Allgäuer Baufachtag).

Oberstdorf

Januar 2016

Bergmann, A.: Effizienzhaus Plus – Wo gilt es nachzubessern? Ergebnisse aus der Begleitforschung.

München

Dezember 2015

Erhorn, H.: The Age of Positive Energy Buildings has Come (COP 21, Sideevent).

Paris

November 2015

Erhorn, H.: Potentiale der Effizienzhaus Plus-Konzepte im Geschosswohnungsbau (KfW-BMUB-BMWi-Förderfachgespräch).

Berlin

Oktober 2015

Erhorn, H.: Trends zur Zukunft des Bauens (XELLA-Jahrestagung).

Kloster Lehnin

Oktober 2015

Erhorn, H.: Enhance Nearly Zero Energy Buildings to a Growing Plus Energy Market (ICTP Forum).

Holzkirchen

Oktober 2015

Erhorn, H.: Energieeffizientes Bauen und Sanieren mit Effizienzhaus Plus-Konzepten (ICCA Konferenz).
Hannover

Oktober 2015

Erhorn, H.: Effizienzhaus Plus: Die neue Generation des Bauens (Sparkassen Immobilien-tage).
Böblingen

Oktober 2015

Erhorn, H.: Bilanzierungsverfahren für die Energieeffizienz in Gebäuden in Deutschland (Deutsch-Japanische Konsultation).
Frankfurt

Juli 2015

Erhorn, H.: Die Zukunft des Bauens (Hypo-Vereinsbank-Forum).
Nürnberg

Juli 2015

Bergmann, A.: BMUB Effizienzhaus Plus-Programm – Ergebnisse und Erfahrungen aus zwei Jahren Monitoring (OTTI-Fachforum).
Hamburg

Workshops

Februar 2020

16. öffentlicher Workshop, Fachsymposium und Netzwerktreffen Effizienzhaus Plus (bautec 2020).
Berlin

November 2019

15. öffentlicher Workshop und Netzwerk Effizienzhaus Plus-Treffen (IBP-Kongress Zukunftsraum Schule).
Stuttgart

Januar 2019

14. öffentlicher Workshop und Netzwerktreffen (BAU 2019).
München

Februar 2018

13. öffentlicher Workshop, Fachsymposium und Netzwerktreffen Effizienzhaus Plus (bautec 2018).
Berlin

November 2017

12. öffentlicher Workshop und Netzwerk Effizienzhaus Plus-Treffen (IBP-Kongress Zukunftsraum Schule).
Stuttgart

Januar 2017

11. öffentlicher Workshop und Netzwerk Effizienzhaus Plus-Treffen (BAU 2017).
München

November 2016

10. interner Workshop Netzwerk Effizienzhaus Plus (Fertighauswelt).
Wuppertal

Mai 2016

9. interner Workshop Effizienzhaus Plus (NUWOG).
Neu-Ulm

Februar 2016

8. öffentlicher Workshop, Fachsymposium und Netzwerktreffen Effizienzhaus Plus (bautec 2016).
Berlin

Oktober 2015

1. deutsch-japanische Konsultation zur Harmonisierung der Bewertung von Plusenergiehäusern (Nassauische Heimstätten).
Frankfurt

Anhang 3 Poster Bau 2019

Projektposter (Format DIN A 1):

- P00 Modellhaus, Berlin
- P01 Köln, HUF HAUS
- P02 Köln, SchwörerHaus
- P03 Köln, Bien-Zenker
- P04 Köln, WeberHaus
- P05 Köln, FingerHaus
- P06 Münnerstadt
- P07 Weifa
- P08 Stelzenberg
- P09 Eußenheim
- P10 Brieselang
- P11 Unterkirnach
- P12 Köln, LUXHAUS
- P13 Lüneburg
- P14 Poing, Baufritz
- P15 Bremen, HO Immobilien
- P16 Bremen, Solar-Plus-Haus
- P17 Schwabach
- P18 Bad Homburg
- P19 Kassel
- P20 Burghausen
- P21 Aktiv-Stadthaus, FfM
- P22 Riedberg, FfM
- P23 Darmstadt
- P24 Tübingen
- P25 Geisenheim
- P26 Deggendorf
- P27 Berlin, LaVidaVerde
- P28 Bischofswiesen
- P29 Buchen-Hollerbach
- P30 Crumstadt
- P31 Cordierstraße, FfM
- P32 Leonberg
- P33 Hamburg, Velux LichtAktiv Haus
- P34 Neu-Ulm, Pfuhler Straße 4+6
- P35 Neu-Ulm, Pfuhler Straße 12+14



Effizienzhaus Plus

Modellhaus Berlin



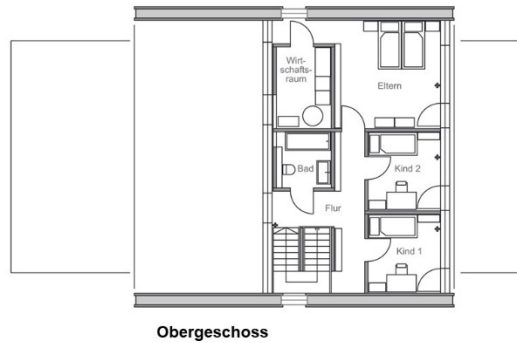
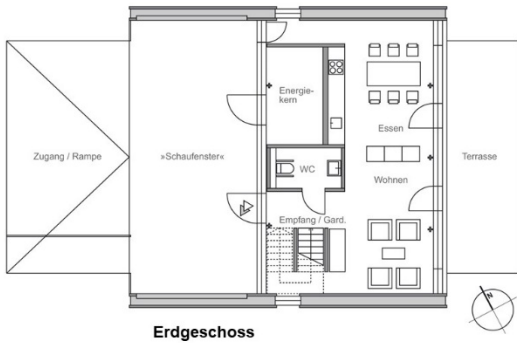
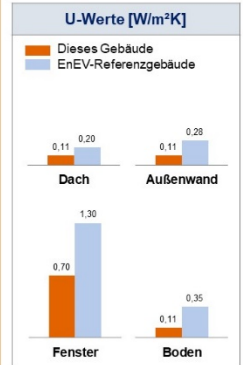
STECKBRIEF NR. 0

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	634 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,75 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	203 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	9.633 kWh/a
Kostengruppe KG 300	1.080.000 €	Kostengruppe KG 400	566.000 €

ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,33 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	29,76 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	7,50 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	19,41 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-47,4 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-137,4 kWh/m ² a

GEBÄUDE

Städtebaulich optimierte Ausrichtung bei größtmöglicher Kompaktheit des Gebäudes. Holztafelbauweise mit hohem Wärmeschutz der Boden-, Dach- und opaken Wandelemente durch eingeblassene Zellulosedämmung in den Konstruktionszwischenräumen. Wärmebrückenminimierte Bauteilanschlüsse. Glasfassadenteile mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit Argon-Edelgasfüllung in den Scheibenzwischenräumen. Außenliegender Sonnenschutz aus Aluminiumlamellen auf der vollverglasten süd-östlichen Fassade. Deckung des Energiebedarfs durch Photovoltaik-Module auf der gesamten Dachfläche und der süd-westlichen Fassade.



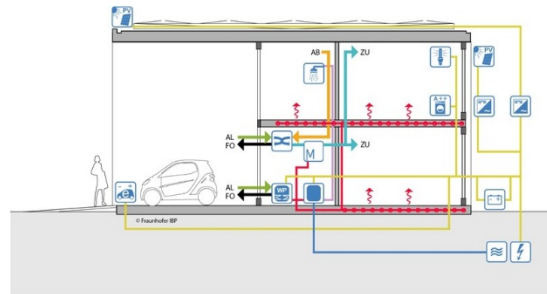
ANLAGENTECHNIK

HEIZUNGSANLAGE
Luft-/Wasser-Wärmepumpe (Heizleistung 5,8 kW) mit integriertem Pufferspeicher (500 l) und Heizstab (9 kW) zur Erwärmung des Trinkwarmwassers, zur Versorgung des Nachheizregisters der Lüftungsanlage und zur Deckung des Heizbedarfs der Fußbodenheizung.

LÜFTUNGSANLAGE
Zentrale Lüftungsanlage zur Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung (WRG ca. 80 %)

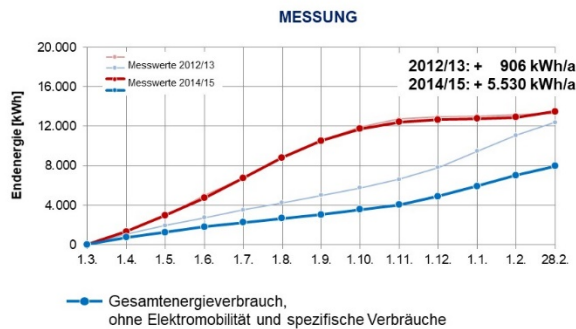
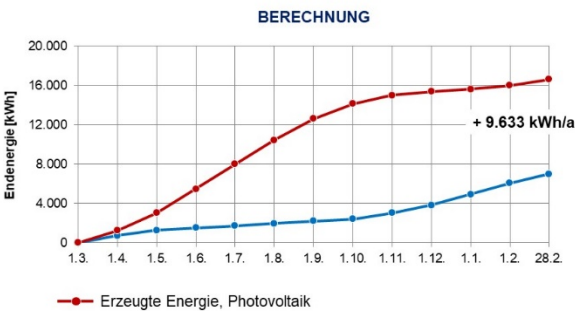
PV-ANLAGE
Dach: monokristalline Photovoltaik-Module (98,2 m²; Nennleistung 14,1 kW_p)
Süd-Vest-Fassade: amorphe Dünnschicht-Module zur Aufnahme der Energie aus diffuser und direkter Strahlung (73,0 m²; Nennleistung 8,0 kW_p)

BATTERIE
Lithium-Ionen-Batterie-Pack aus gebrauchten Autobatterien (Speicherkapazität 40 kWh)



- Batterie
- Elektroauto
- Elektrogeräte
- Leuchten
- Lüftung Wärmerückgewinnung
- Photovoltaikanlage
- Stromnetz
- Speicher
- Trinkwasser
- Warmwasser
- Wärmepumpe
- Wärmetauscher
- Wechselrichter

ENDENERGIE



FÖRDERER



PROJEKTTEAM

ARCHITEKT
Werner Sobek Engineering & Design
Stuttgart
www.wernersobek.com

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG
Werner Sobek Green Technologies
Stuttgart
www.wernersobek.com

MONITORING
Fraunhofer – Institut für Bauphysik
Stuttgart
www.ibp.fraunhofer.de/ies

BEGLEITFORSCHUNG





Effizienzhaus Plus

Green[r]evolution HUF HAUS Köln



STECKBRIEF NR. 1

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	1.219 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,58 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	390 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	2.980 kWh/a
Grundpreis (ab OK Bodenplatte)	659.882 €	Mehrkosten Effizienzhaus Plus	96.899 €

ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,31 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	31,31 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	6,20 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	16,20 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-14,90 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-45,50 kWh/m ² a

GEBÄUDE

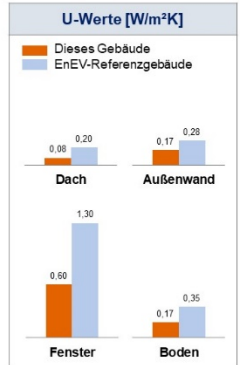
Offenes Raumkonzept und großzügige Glasfronten bilden ein angenehmes Wohngefühl. Eine zentrale Lichtachse verbindet den Treppenaufgang mit dem Essbereich.

Transmissionswärmeverluste werden durch geringe U-Werte der Gebäudehülle sowie eine wärmebrückenreduzierte Konstruktion minimiert.

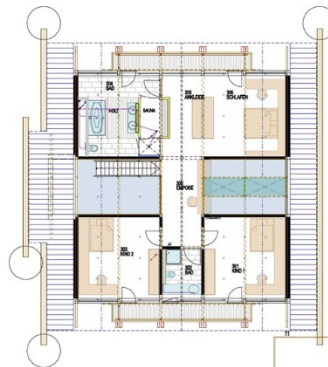
Außenwand aus 28 cm starker Holzfachwerkkonstruktion und außenseitigem Wärmedämm-Verbundsystem.

Holz-Alu-Fenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung.

PV-Anlage ist als Energiedach elegant in die Dacheindeckung integriert.



Erdgeschoss



Obergeschoss

ANLAGENTECHNIK



HEIZUNGSANLAGE

Sole-Wasser-Wärmepumpe (max. Heizleistung: 12,8 kW) zum Heizen und Kühlen des Gebäudes mittels Fußbodenheizung sowie zur Warmwasserbereitung.



LÜFTUNGSANLAGE

Wohnraumlüftungsanlage mit 95 % Wärmerückgewinnungsgrad. Im Gebäude vorhandene Luftfeuchtigkeit wird durch einen Enthalpie-Wärmetauscher teilweise zurückgewonnen. Kühlaufsatz für Lüftungsgerät zur Unterstützung der passiven Kühlung über die Fußbodenheizung. (zusätzliche Kühlleistung: 1,8 kW)



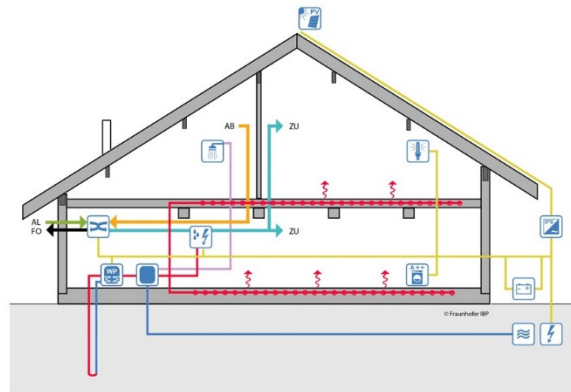
PV-ANLAGE

Dachintegrierte Photovoltaikanlage (103,7 m²; Nennleistung 14,5 kW_p)



BATTERIE

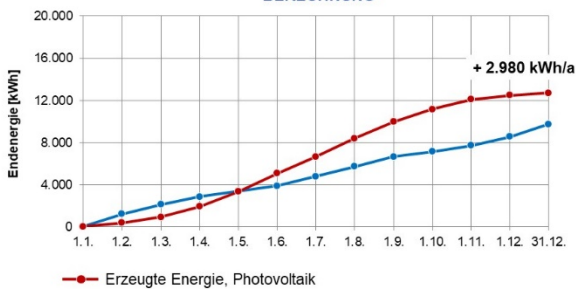
Batteriespeicher (Speicherkapazität 13,2 kWh)



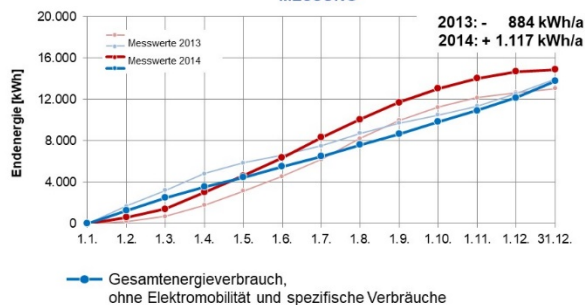
- Batterie
- Leuchten
- Speicher
- Warmwasser
- elektrische Befehung
- Lüftung Wärmerückgewinnung
- Stromnetz
- Wärmepumpe
- Elektrogeräte
- Photovoltaikanlage
- Trinkwasser
- Wechselrichter

ENDENERGIE

BERECHNUNG



MESSUNG



FÖRDERER



PROJEKTTEAM

ARCHITEKT
Manfred Adams, Karl Eckert, Jürg Kurtz,
Dirk Müller-Jahoke
HUF HAUS GmbH & Co. KG, Hartenfels
www.huf-haus.com

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG
redblue energy
Muschelbach
www.redblue-energy.com

MONITORING
Fraunhofer - Institut für Bauphysik
Stuttgart
www.ibp.fraunhofer.de/ies

BEGLEITFORSCHUNG





Effizienzhaus Plus

Plan 550 SchwörerHaus Köln



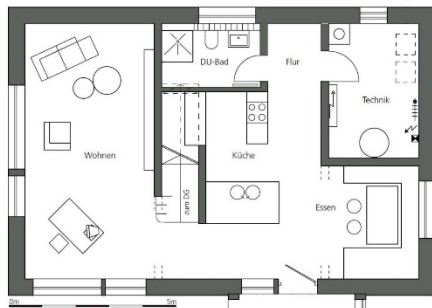
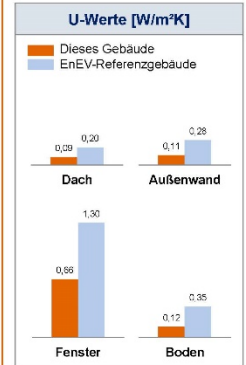
STECKBRIEF NR. 2

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	758 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,66 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	243 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	2.263 kWh/a
Kostengruppe KG 300	335.000 €	Kostengruppe KG 400	114.000 €

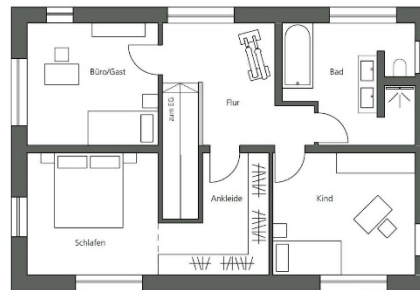
ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,15 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	24,80 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	6,20 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	16,00 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-9,30 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-30,00 kWh/m ² a

GEBÄUDE

Beton sachlich gehaltener Baukörper in kompakter Ausführung. In Holztafelbauweise erstellte Gebäudekonstruktion. Minimierung der Transmissionswärmeverluste durch geringe U-Werte (Gebäudehülle) sowie eine wärmebrückenreduzierte Konstruktion. Außenwand aus 47 cm starker Holztafelkonstruktion einschließlich einer zweiten Dämmschicht auf der Außenseite. Satteldach mit 30° Neigung und einer 48 cm dicken Dämmschicht. Fenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung (U-Wert 0,78 W/m²K) bzw. Passiv-Solution Fenster (U-Wert 0,66 W/m²K).



Erdgeschoss



Obergeschoss

ANLAGENTECHNIK



HEIZUNGSANLAGE

Frischluftheizung, bestehend aus dem Kompaktgerät zur kontrollierten Lüftung mit Wärmerückgewinnung, nachgeschalteter Wärmepumpe und keramischen Direktheizelementen. Die Wärmepumpe nimmt Restwärme aus der Abluft auf und setzt sie in Heizleistung um. Warmwasserbereitung über Thermosolaranlage (4 Kollektoren auf Westdach) bzw. ergänzend über elektrisches Ladesystem bei nicht ausreichender Sonneneinstrahlung. Wird zur Raumbeheizung keine Heizleistung benötigt, kann die Abluft ebenfalls zur Warmwasserbereitung verwendet werden.



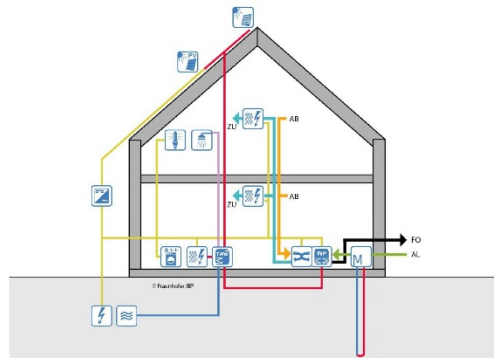
LÜFTUNGSANLAGE

Regelung der Betriebsart und die Wahl der Lüfterstufe aus dem Pilotraum mittels Fernbedienteil, Nachtabsenkung möglich. Raumweise regelbare Zusatzheizung für individuelle Temperatur. Vortemperierung der Außenluft mittels Erdreichwärmetauscher.



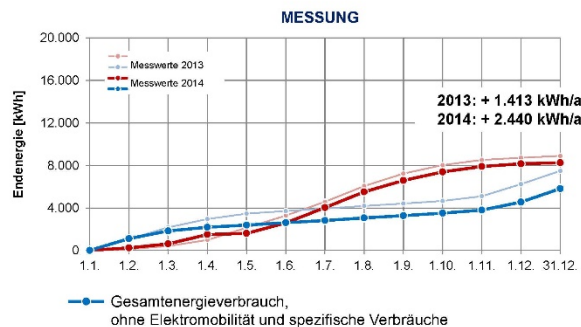
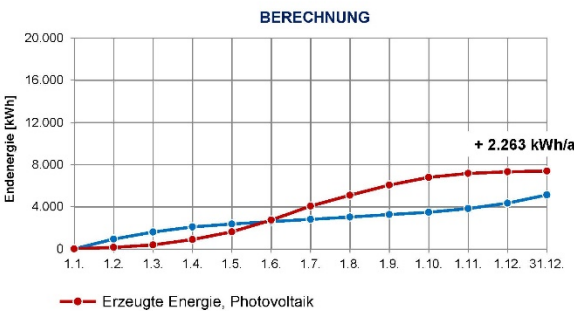
PV-ANLAGE

In-Dach Photovoltaik-Anlage auf dem Ost- und Westdach (87,3 m²; Nennleistung ca. 10 kW_p)



- Elektrische Beheizung
- Photovoltaikanlage
- Trinkwarmwasserspeicher
- Wärmepumpe
- Elektrogeräte
- Solarthermieanlage
- Trinkwasser
- Wärmetauscher
- Leuchten
- Stromnetz
- Warmwasser
- Wechselrichter
- Lüftung Wärmerückgewinnung

ENDENERGIE



FÖRDERER



Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat



www.forschungsinitiative.de

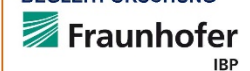
PROJEKTTEAM

ARCHITEKT
SchwörerHaus / Franca Wacker
Hohenstein
www.schwoererhaus.de

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG
SchwörerHaus KG
Hohenstein
www.schwoererhaus.de

MONITORING
Fraunhofer – Institut für Bauphysik
Stuttgart
www.ibp.fraunhofer.de/ee

BEGLEITFORSCHUNG



www.ibp.fraunhofer.de/ee





Effizienzhaus Plus

Concept-M BIEN-ZENKER Köln



STECKBRIEF NR. 3

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	776 m³	Hüllflächenfaktor A/V	0,72 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	248 m²	Stromüberschuss, prognostiziert	4.957 kWh/a
Kostengruppe KG 300	587.658 €	Kostengruppe KG 400	314.469 €

ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,17 W/m²K
Nutzenergiebedarf	52,04 kWh/m²a
Endenergiebedarf	8,80 kWh/m²a
Primärenergiebedarf q _p	22,80 kWh/m²a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-19,99 kWh/m²a
Primärenergieüberschuss	-60,71 kWh/m²a

GEBÄUDE

Das elegante Architektenhaus verbindet Design, Komfort, Innovation und Nachhaltigkeit vorbildlich miteinander und kreiert so ein neues Wohnerebnis.

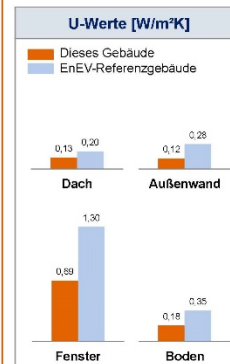
Minimierung der Transmissionswärmeverluste durch geringe U-Werte (Gebäudehülle) sowie eine wärmebrückenreduzierte Konstruktion.

Außenwand aus 20 cm starker Holzrahmenfachwerkkonstruktion und einer zweiten Dämmschicht auf der Außenseite.

25° geneigtes Satteldach mit 36 cm dicken Mineralfaser-Dämmschicht.

Holz-Alu-Fenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung (U_g-Wert 0,50 W/m²K).

Steuerbare Außenjalousien über Gebäudeautomation „Haus-Manager by ViciOne“.



Erdgeschoss



Obergeschoss

ANLAGENTECHNIK



HEIZUNGSANLAGE

Doppelwärmepumpe (Luft/Luft und Sole/Wasser) in einem Kompaktgerät zur Erwärmung des Heiz- und Trinkwarmwassers. Die Sole/Wasser-Wärmepumpe mit 3,5 kW Heizleistung versorgt hierbei die Fußbodenheizung mit Wärme, die Luft/Luft-Wärmepumpe übernimmt die Warmwasserbereitung und die Zulufterwärmung.



LÜFTUNGSANLAGE

Zentrale Lüftungsanlage zur Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung



PV-ANLAGE

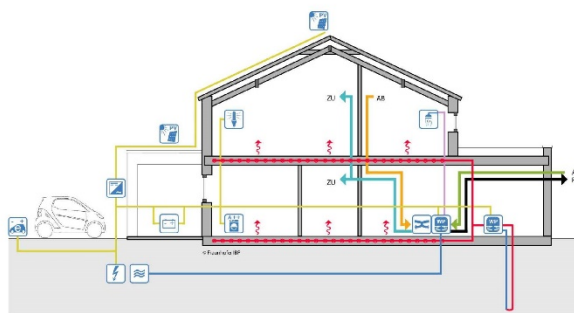
Dachintegrierte Hochleistungs-Photovoltaik-Module (52,5 m²), sowie semitransparente Module auf dem Pergolen-Vordach (12,3 m²) (gesamte Nennleistung 10,6 kW_p)

Ergänzende PV-Anlage auf Pavillon (Nennleistung 5,7 kW_p)



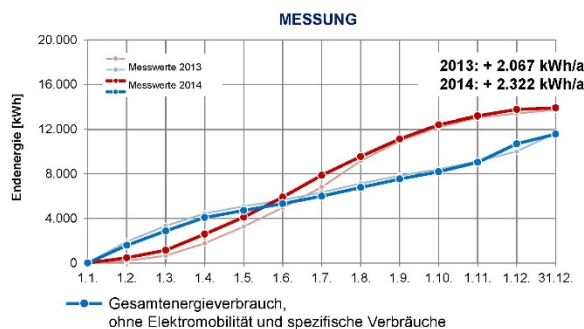
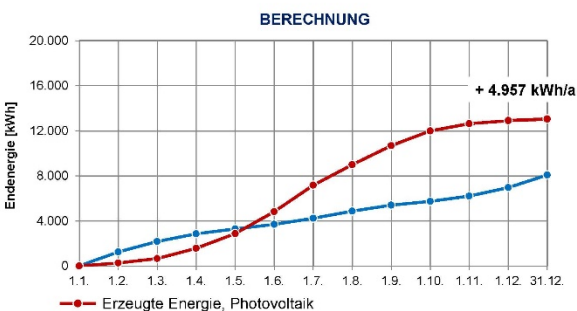
BATTERIE

Lithium-Eisen-Phosphat-Batteriespeicher (Speicherkapazität 8,4 kWh)



- Batterie
- Leuchten
- Stromnetz
- Wärmepumpe
- Elektroauto
- Lüftung Wärmerückgewinnung
- Trinkwasser
- Wechselrichter
- Elektrogeräte
- Photovoltaikanlage
- Warmwasser

ENDENERGIE



FÖRDERER



Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat



www.forschungsinitiative.de

PROJEKTTEAM

ARCHITEKT

BIEN-ZENKER GmbH
Schlichtern
www.bien-zenker.de

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG

BIEN-ZENKER GmbH
Schlichtern
www.bien-zenker.de

MONITORING

Fraunhofer – Institut für Bauphysik
Stuttgart
www.ibp.fraunhofer.de/ee

BEGLEITFORSCHUNG



www.ibp.fraunhofer.de/ee





Effizienzhaus Plus

Generation 5.0 WeberHaus Köln



STECKBRIEF NR. 4

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	742 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,72 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	237 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	2.067 kWh/a
Verkaufspreis	238.000 €	zzgl. Effiz.haus Plus-Standard	45.000 €

ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,25 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	28,38 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	8,80 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	22,80 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-8,70 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-29,40 kWh/m ² a

GEBÄUDE

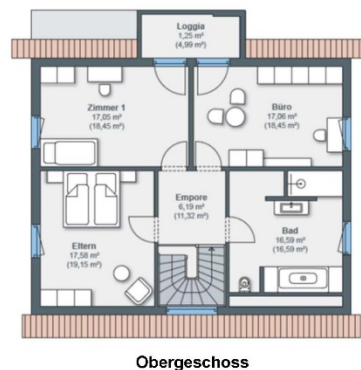
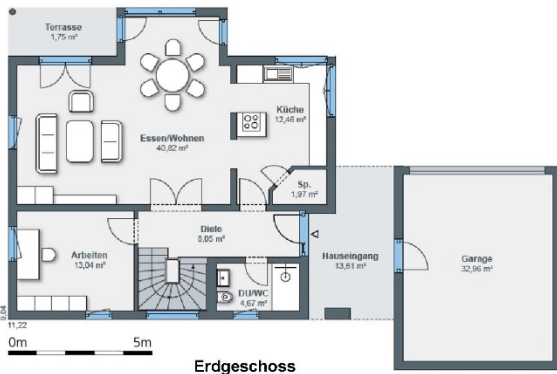
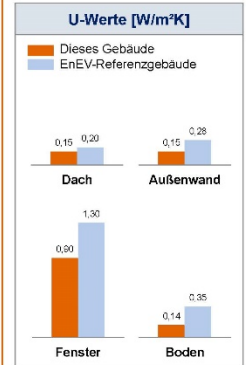
Das innovative Ausstellungshaus präsentiert sich als nahezu quadratförmiger Gebäudetyp mit versetztem Pultdach und giebelseitigem Eingang.

Minimierung der Transmissionswärmeverluste durch geringe U-Werte (Gebäudehülle) sowie eine wärmebrückenreduzierte Konstruktion.

Außenwand aus 16 cm starker Holzrahmenfachwerkkonstruktion und einer zusätzlichen 10 cm dicken Holzfaserdämmschicht auf der Außenseite.

Massive Bodenplatte mit 10 cm dicker Dämmschicht unter schwimmendem Estrich und zusätzlich 12 cm starker Perimeterdämmung unter der Betonplatte.

Holz-Fenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung (U-Wert 0,90 W/m²K).



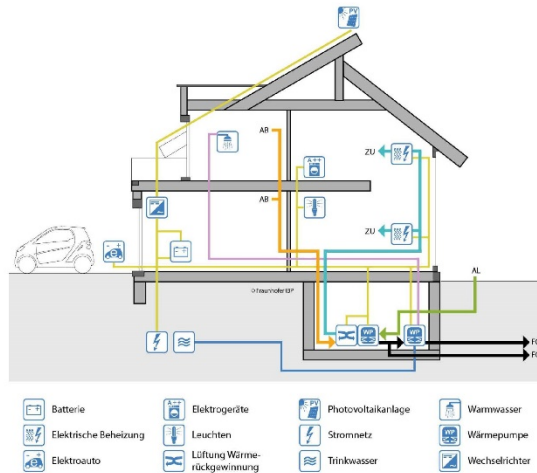
ANLAGENTECHNIK

HEIZUNGSANLAGE
Frischluf-Wärmetechnik zum Beheizen und Belüften der Räume. Elektrische Nachheizung über elektrische Konvektoren in Bädern und WCs. Die mit dem Lüftungszentralgerät gekoppelte Luftwärmepumpe bereitet das Warmwasser. Ein 295 Liter fassender Brauchwasserspeicher steht zur Verfügung.

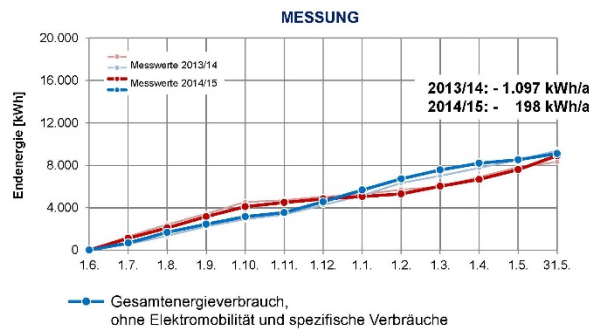
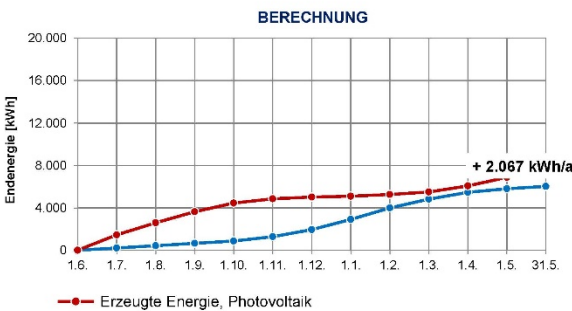
LÜFTUNGSANLAGE
Zentrale Lüftungsanlage zur Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung (WRG ca. 70 %). Die Hauptregelung der Lüftungsanlage erfolgt über ein Display im Wohnbereich, in den einzelnen Räumen jeweils individuell mit einem Thermostat.

PV-ANLAGE
Auf-Dach-Photovoltaik-Module (60,5 m², Nennleistung 8,8 kW_p)

BATTERIE
Blei-Gel-Batterie, Speicherkapazität 5,8 kWh



ENDENERGIE



FÖRDERER



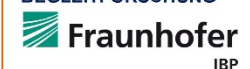
PROJEKTTEAM

ARCHITEKT
WeberHaus GmbH, Hamid von Berg
Rheinair-LinX
www.weberhaus.de

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG
SolarWorld AG, www.solarworld.de
Hager GmbH & Co. KG, www.hager.de
Eltako GmbH, www.eltako.com
Zimmermann GmbH & Co. KG, www.zimmermann-lueftung.de

MONITORING
Fraunhofer – Institut für Bauphysik Stuttgart
www.ibp.fraunhofer.de/ee

BEGLEITFORSCHUNG





Effizienzhaus Plus

VIO 400 FingerHaus Köln



STECKBRIEF NR. 5

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	610 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,75 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	195 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	349 kWh/a
Kostengruppe KG 300	232.740 €	Kostengruppe KG 400	44.060 €

ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,21 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	29,60 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	9,90 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	25,80 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-1,80 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-11,00 kWh/m ² a

GEBÄUDE

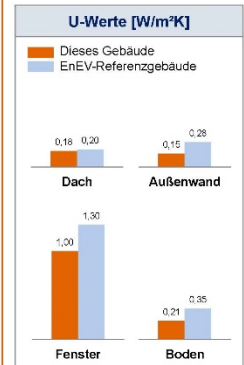
Das Gebäude präsentiert sich kompakt als nahezu quadratförmiger Gebäudetyp mit attraktivem Rechteckerker im Wohn-/Essbereich. Es wurde von der Deutschen Energie-Agentur (dena) mit dem Gütesiegel Effizienzhaus 55 zertifiziert.

Minimierung der Transmissionswärmeverluste durch geringe U-Werte (Gebäudehülle) sowie eine wärmebrückenreduzierte Konstruktion.

Außenwand aus 16 cm starker Holzrahmenkonstruktion und einem zusätzlichen 8 cm dickem Wärmedämm-Verbundsystem.

Lastabtragende Perimeterdämmung unter der Fundamentplatte mit seitlicher Randdämmung.

Kunststoff-Fenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung (U_g-Wert 0,60 W/m²K).



Erdgeschoss



Obergeschoss

ANLAGENTECHNIK



HEIZUNGSANLAGE

Split Luft/Wasser-Wärmepumpe mit integrierter Kühlfunktion und ergänzendem Kombispeicher zur Erwärmung des Heiz- und Trinkwarmwassers. Intelligente Haussteuerung FingerGy der Haustechnik wie Licht, Heizung, Rollläden etc. mit nur einem „FingerTipp“.



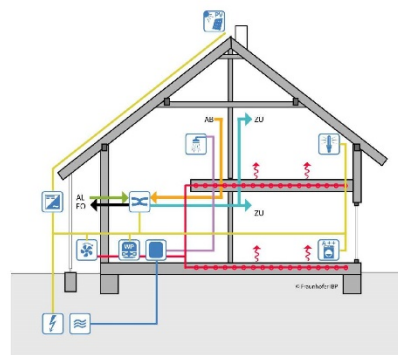
LÜFTUNGSANLAGE

Zentrale Lüftungsanlage zur Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung



PV-ANLAGE

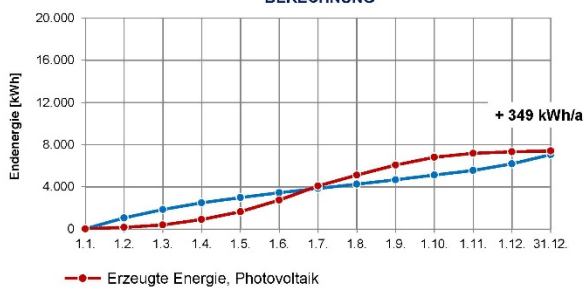
Auf-Dach Photovoltaik-Module (60,4 m²)



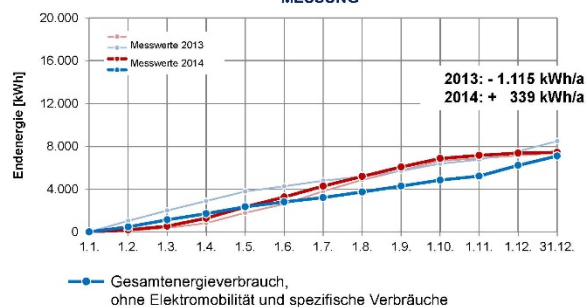
- Elektrogeräte
- Leuchten
- Lüftung Wärmerückgewinnung
- Photovoltaikanlage
- Speicher
- Split Wärmepumpe
- Stromnetz
- Trinkwasser
- Warmwasser
- Wärmepumpe
- Wechselrichter

ENDENERGIE

BERECHNUNG



MESSUNG



FÖRDERER



Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat



www.forschungsinitiative.de

PROJEKTTEAM

ARCHITEKT

FingerHaus GmbH
Frankenberg/Eder
www.fingerhaus.de

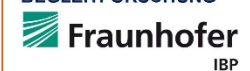
TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG

FingerHaus GmbH
Frankenberg/Eder
www.fingerhaus.de

MONITORING

Fraunhofer – Institut für Bauphysik
Stuttgart
www.ibp.fraunhofer.de/eeer

BEGLEITFORSCHUNG



www.ibp.fraunhofer.de/eeer





Effizienzhaus Plus

Münnerstadt



STECKBRIEF NR. 6

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	1.158 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,58 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	370 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	12.293 kWh/a
Kostengruppe KG 300 + Kostengruppe KG 400			408.600 €

ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,15 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	15,24 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	4,05 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	10,52 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-33,19 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-95,41 kWh/m ² a

GEBÄUDE

Das dreigeschossige Wohngebäude mit Büroeinheit verfügt südseitig über großzügige Fensterflächen zur Belichtung und Außenbeziehung.

Minimierung der Transmissionswärmeverluste durch geringe U-Werte (Gebäudehülle) sowie eine wärmebrückenfreie Konstruktion.

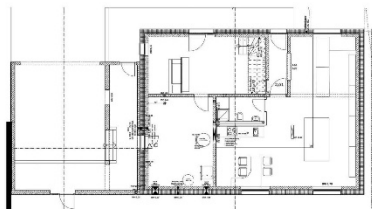
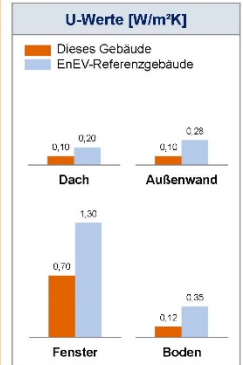
Außenwand aus 30 cm starker Holzrahmenkonstruktion und einer zusätzlichen Holzfaserverplatte auf der Außenseite.

Holzfenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung (U_g-Wert: 0,6 W/m²K) ausgeführt.

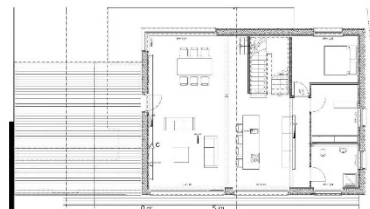
Jalousien zur Südseite liegen außen und sind automatisch steuerbar.

Bodenplatte auf 30 cm starker lastabtragender Perimeterdämmung ausgeführt.

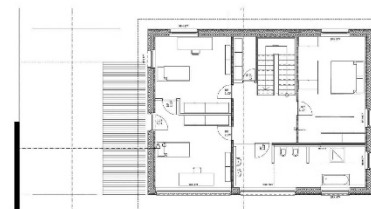
Dachhaut des Wohngebäudes komplett aus Solarmodulen zur Stromerzeugung.



Untergeschoss



Erdgeschoss



Obergeschoss

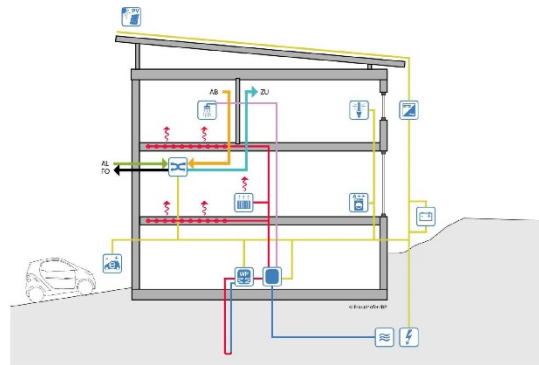
ANLAGENTECHNIK

WP HEIZUNGSANLAGE
Sole/Wasser-Wärmepumpe mit Pufferspeicher (500 l) versorgt die Fußbodenheizung mit niedrigerer Vorlauftemperatur und sichert die Bereitstellung des Trinkwarmwassers.

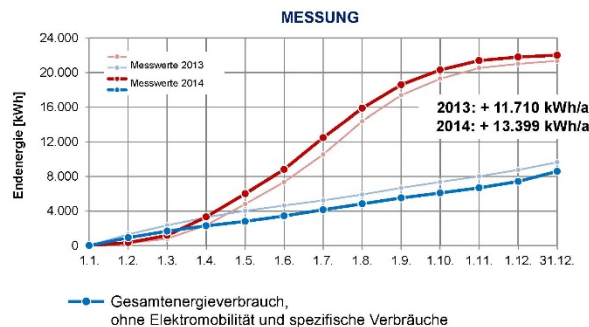
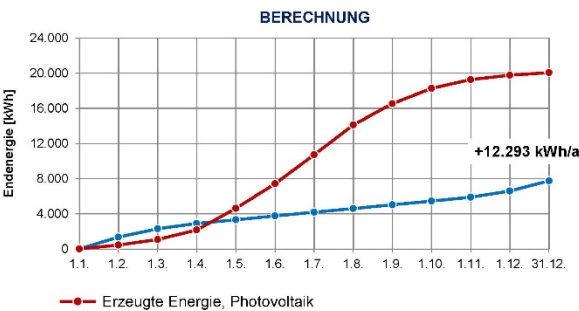
LÜFTUNGSANLAGE
Zentrale Lüftungsanlage zur Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung (WRG: 93 %)

PV-ANLAGE
Monokristalline Photovoltaik-Module (135 m²; Nennleistung 23,7 kW_p)

BATTERIE
Lithium-Ionen-Batterie, Speicherkapazität 11 kWh



ENDENERGIE



Hochschule Augsburg University of Applied Sciences
Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen



FÖRDERER



Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat



www.forschungsinitiative.de

PROJEKTTEAM

ARCHITEKT

Andreas Miller
Münnerstadt
www.miller-ib.de

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG

Andreas Miller
Münnerstadt
www.miller-ib.de

MONITORING

Hochschule Augsburg
www.hs-augsburg.de

BEGLEITFORSCHUNG



www.ibp.fraunhofer.de/en





Effizienzhaus Plus

Weifa



STECKBRIEF NR. 7

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	801 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,65 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	256 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	15.125 kWh/a
Kostengruppe KG 300	283.500 €	Kostengruppe KG 400	117.035 €

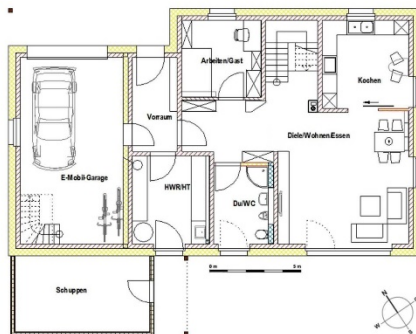
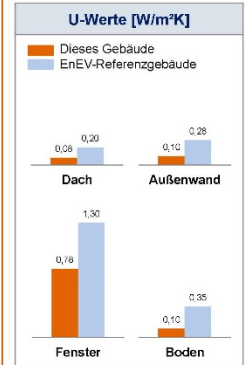
ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,13 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	20,90 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	4,70 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	7,1 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-59,08 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-172,60 kWh/m ² a

GEBÄUDE

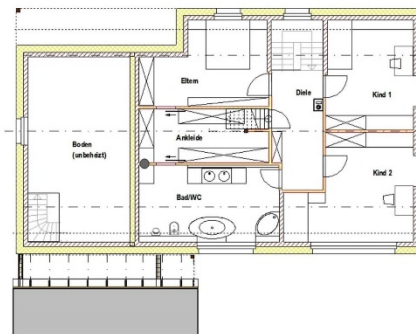
Das zweigeschossige Wohnhaus besteht aus einem Passivhaus-Wohnbereich, einem angebauten nicht-beheizten Nebengebäude und einem angebauten Schuppen, über den das Hausdach abgeschleppt ist. Außenwände in massiver Bauweise aus 17,5 cm Kalksandstein mit 30 cm Wärmedämm-Verbundsystem. Die Bodenplatte des nicht unterkellerten Gebäudes wurde mit einer 30 cm starken Dämmung unterhalb der Bodenplatte versehen.

Die Fenster wurden als Holz-Aluminium-Verbund-Drehkipfenster mit Dreischeibenverglasung (4 mm Floatglas) plus einer zusätzlichen äußeren Scheibe (6 mm Floatglas, Luftzwischenraum, Hinterlüftung variabel einstellbar, Lamellen) ausgeführt.

In-Dach-PV-Module auf fast komplett beiden Seiten des Satteldaches (37° geneigt). Die Module ersetzen eine konventionelle Dacheindeckung.



Erdgeschoss



Obergeschoss

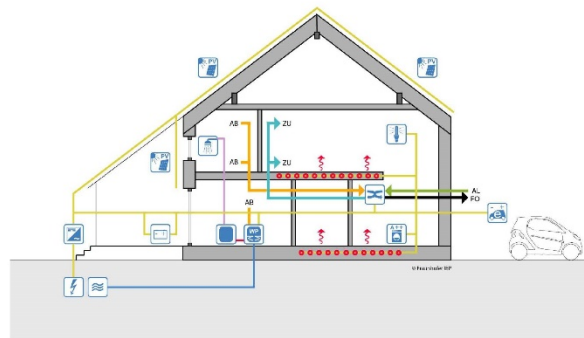
ANLAGENTECHNIK

HEIZUNGSANLAGE
Elektrische Fußbodenheizung vorrangig mit PV-Strom. Luft/Wasser-Wärmepumpe für Warmwasser-Bereitung, die die Energie der Umgebungsluft nutzt. Optional Kaminofen (im Wohnbereich) über Direktabstrahlung bzw. über das angeschlossene Heizregister (2 kW) zur Speicherbeladung.

LÜFTUNGSANLAGE
Zentrale Lüftungsanlage zur Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung und Defroster

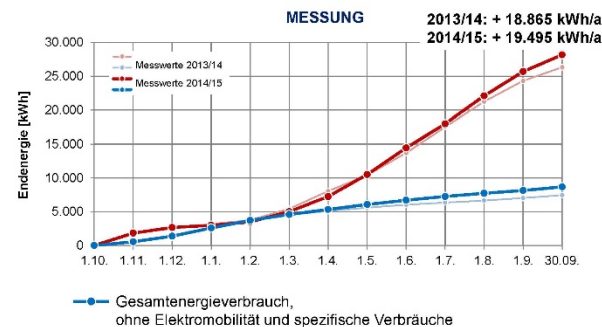
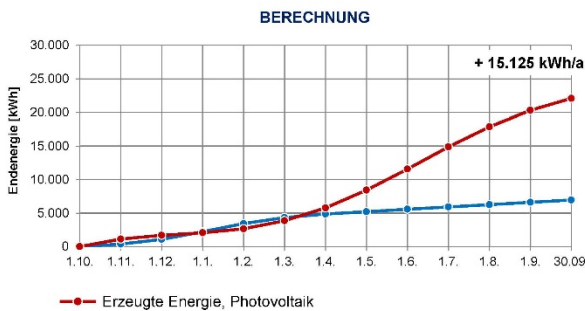
PV-ANLAGE
In-Dach Photovoltaik-Anlage (213 m²)

BATTERIE
Batteriepack, Speicherkapazität 14,4 kWh



- Batterie
- Leuchten
- Speicher
- Warmwasser
- Elektroauto
- Lüftung Wärmerückgewinnung
- Stromnetz
- Wärmepumpe
- Elektrogeräte
- Photovoltaikanlage
- Trinkwasser
- Wechselrichter

ENDENERGIE



FÖRDERER



Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat



www.forschungsinitiative.de

PROJEKTTEAM

ARCHITEKT

fART - Freie Architekten Richter & Trautzettel
Kerstin Richter, Weifa

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG

fA Wagner-Elektrik
Weifa
www.wagner-elektrik.de

MONITORING

TU Dresden - Institut für Energietechnik, Professur für Gebäudeenergie-technik und Wärmeversorgung
www.tu-dresden.de

BEGLEITFORSCHUNG



www.ibp.fraunhofer.de/en





Effizienzhaus Plus

»Ecolodge« Stelzenberg



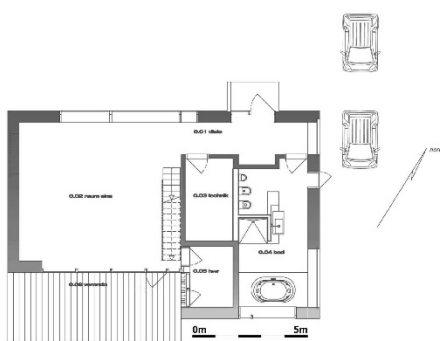
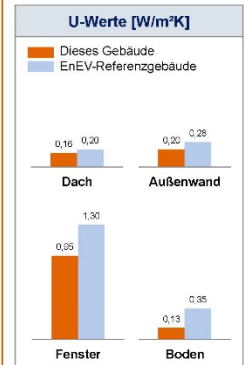
STECKBRIEF NR. 8

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	675 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,72 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	216 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	1.920 kWh/a
Kosten für die Realisierung	360.000 €		

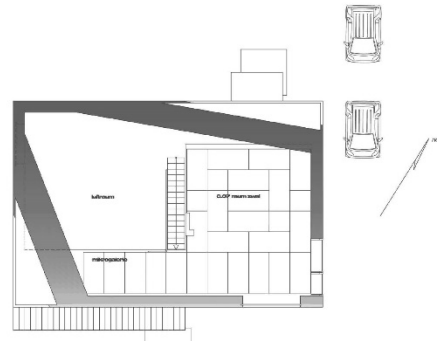
ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,27 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	38,63 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	9,62 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	25,00 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	- 8,89 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	- 30,11 kWh/m ² a

GEBÄUDE

Das Gebäude dient als Vermietungsobjekt für Hochschulmitarbeiter und Touristen (Bikerregion). Monolithische, wärmebrückenreduzierte Außenwandkonstruktion aus Porenbeton mit innenseitigem Lehmputz und außenseitiger hinterlüfteter Holzverschalung. Das Satteldach ist mit fallenden Traufen und steigendem Firstgrat als Pfettendach ausgebildet und zu 85% mit Photovoltaikmodulen belegt. Holzfenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung. Gebäude mit Flachgründung auf Schaumglasschotter und gedämmter Bodenplatte ausgeführt.



Erdgeschoss



Obergeschoss

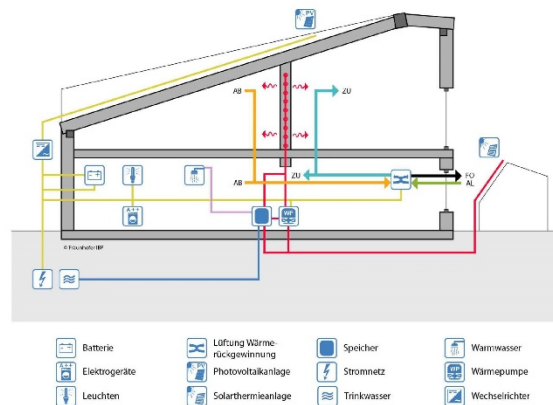
ANLAGENTECHNIK

HEIZUNGSANLAGE
Sole/Wasser-Wärmepumpe mit integriertem Latent-Speicher (Wasser/Eisspeicher). Als Wärmequelle dienen 6 Kollektoren auf Nebengebäude, die bei ausreichendem Sonnenschein direkt den Pufferspeicher (Inhalt: 1050 l) erwärmt. Heizwärmeverteilung über Wandflächenheizung

LÜFTUNGSANLAGE
Zentrale Lüftungsanlage zur Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung (WRG: 93 %)

PV-ANLAGE
In-Dach Photovoltaik-Anlage aus CIGS Dünnschicht-Solarzellen (75 m²; Nennleistung 8,5 kW_p)

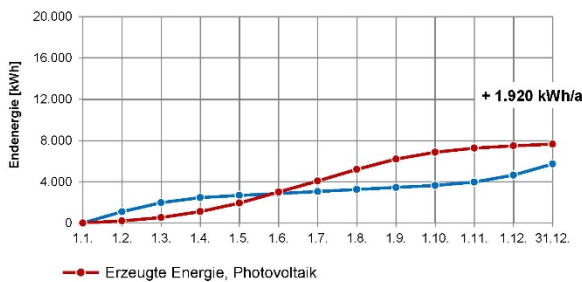
BATTERIE
Batteriespeicher, Speicherkapazität 8 kWh



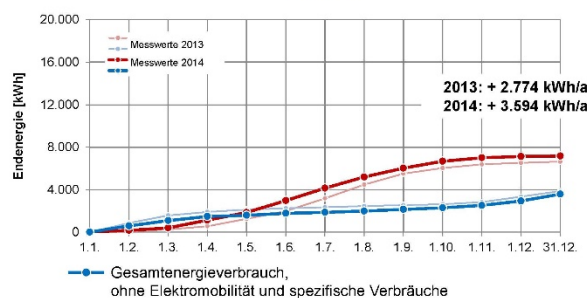
- Batterie
- Elektrogeräte
- Leuchten
- Lüftung Wärme-Rückgewinnung
- Photovoltaikanlage
- Solarthermieanlage
- Speicher
- Stromnetz
- Trinkwasser
- Wärmepumpe
- Wechslericher
- Wasserpumpe
- Wasserversorgung

ENDENERGIE

BERECHNUNG



MESSUNG



FÖRDERER



Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat



www.forschungsinitiative.de

PROJEKTTEAM

ARCHITEKT

Marcus Schwarz
Köln

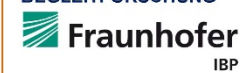
TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG

Fs. Gläser, Nonnweiler
Bauer Elektrotechnik, Kaiserslautern
Consolar - Solare Energiesysteme GmbH, Löffelbach
www.consolar.de

MONITORING

Fraunhofer - Institut für Techno- und Wirtschaftsinformatik, Kaiserslautern
www.itwm.fraunhofer.de

BEGLEITFORSCHUNG



www.ibp.fraunhofer.de/er





Effizienzhaus Plus

Eußenheim



STECKBRIEF NR. 9

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	1.276 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,59 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	409 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	8.816 kWh/a
Kostengruppe KG 300	435.614 €	Kostengruppe KG 400	203.275 €

ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,17 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	21,97 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	0,60 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	1,70 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-21,80 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-61,90 kWh/m ² a

GEBÄUDE

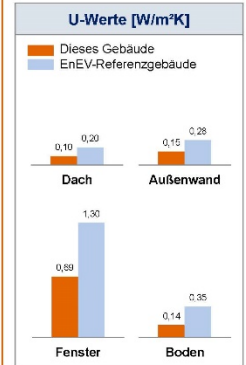
Das Gebäude entstand auf einem ehemals landwirtschaftlich genutzten Anwesen und fügt sich städtebaulich verträglich in den alten Kern des Dorfes Eußenheim ein.

Das Gebäude ist in Massivbauweise mit tragenden Außenwänden aus Hochlochziegeln und einem ergänzenden 26 cm starken mineralischen Dämmsystem errichtet.

Das Dach ist als thermisch getrennte Holzkonstruktion im System Haller-Dach konstruiert.

Die Holz-Alu-Fenster sind auf der Nordseite sind mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung versehen. Auf den sonnenbeschienenen Fassaden sind sie mit 3+1 Verglasungen mit innenliegender Jalousie mit Lichtlenkung ausgeführt.

Unter der Bodenplatte wurde eine 20 cm starke Polystyrol-Extruderschaum-Ebene eingebracht.



Erdgeschoss



Obergeschoss

ANLAGENTECHNIK



HEIZUNGSANLAGE

Sole/Wasser-Wärmepumpe (Heizleistung: modulierend 7,5 bis 9,1 kW) in Verbindung mit Dachabsorberanlage und Eisspeicher. Wärmepumpe bedient durch Heißgasauskopplung die Warmwasserversorgung des Schichtspeichers und mit der niedrigeren Verdichter-Wärme die Heizebene zur Versorgung der Wandflächenheizung. Wärmepumpe wird vorrangig tagsüber mit eigenem PV-Strom betrieben und kann so meistens aus dem Dachabsorber auf dem Nebengebäude als Wärmequelle die Energie gewinnen. Reicht dies nicht aus, wird ein Eisspeicher als Wärmequelle genutzt. Wärmepumpe läuft nur, wenn die Kollektorflächen nicht genügend Wärme produzieren, ansonsten direkte Speicherbeladung. Eisspeicher wird im Sommer regeneriert.



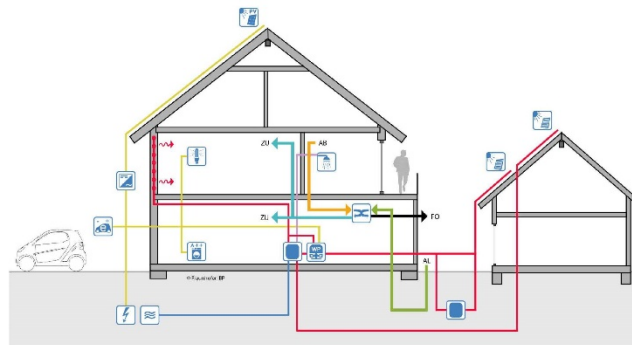
LÜFTUNGSANLAGE

Zentrale Lüftungsanlage zur Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung



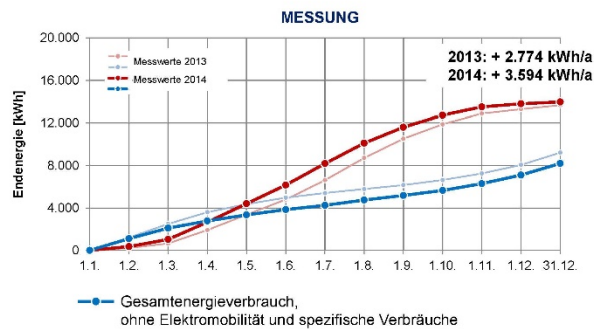
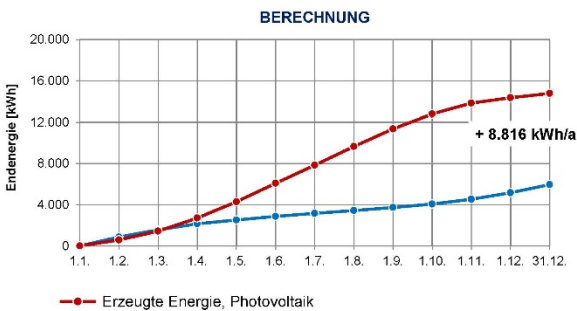
PV-ANLAGE

In-Dach Photovoltaik-Anlage (93,9 m²; Nennleistung 13,4 kW_p)



- Elektroauto
- Elektrogeräte
- Leuchten
- Lüftung/Wärmerückgewinnung
- Photovoltaikanlage
- Solarthermieanlage
- Speicher
- Stromnetz
- Tin/wasser
- Warmwasser
- Wärmepumpe
- Wechselrichter

ENDENERGIE



FÖRDERER



Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat

FORSCHUNGSINITIATIVE
ZukunftBAU
www.forschungsinitiative.de

PROJEKTTEAM

ARCHITEKT

Werner Haase
Karlstadt
www.arch-haase-karlstadt.de

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG

Ingenieurbüro Günther GmbH
Dresden / Karlstadt
www.g-ingenieurs.de

MONITORING

Wolfgang Sorge
Ingenieurbüro für Bauphysik, Nürnberg
www.ibsorge.de

BEGLEITFORSCHUNG

Fraunhofer
IBP



www.ibp.fraunhofer.de/eur

www.bmi.bund.de



Effizienzhaus Plus

»M1 Elbe-Massivhaus« Brieselang



STECKBRIEF NR. 10

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	584 m³	Hüllflächenfaktor A/V	0,75 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	187 m²	Stromüberschuss, prognostiziert	3.921 kWh/a
Kostengruppe KG 300	305.000 €	Kostengruppe KG 400	51.800 €

ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,19 W/m²K
Nutzenergiebedarf	30,52 kWh/m²a
Endenergiebedarf	2,64 kWh/m²a
Primärenergiebedarf q _p	6,87 kWh/m²a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-21,51 kWh/m²a
Primärenergieüberschuss	-63,31 kWh/m²a

GEBÄUDE

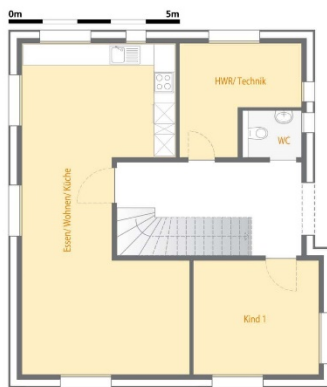
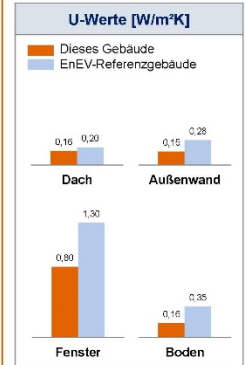
Die Gestaltung des Hauses wird durch seine baulich effiziente, kompakte und sachliche Grundform bestimmt. Markantes Detail ist dabei die zu Gunsten der Solarnutzung asymmetrisch verschobene Firstlinie.

Außenwände aus zweischichtigen Porenbetonsteinen mit Kern aus hoch wärmedämmender mineralischer Dämmplatte.

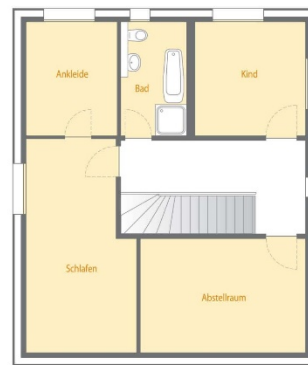
Kunststofffenster mit Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung (U_w = 0,8 W/m²K).

Hochgedämmte Bodenplatte mit integrierter Fußbodenheizung.

Gedämmtes Satteldach mit ca. 30° Neigung und Tonziegeleindeckung. Die asymmetrisch ausgelegte Dachfläche fasst in südlicher Richtung Photovoltaik- und Solarthermie-Elemente. Zusätzlich ist unterhalb der Traufe eine Reihe PV-Elemente installiert.



Erdgeschoss



Obergeschoss

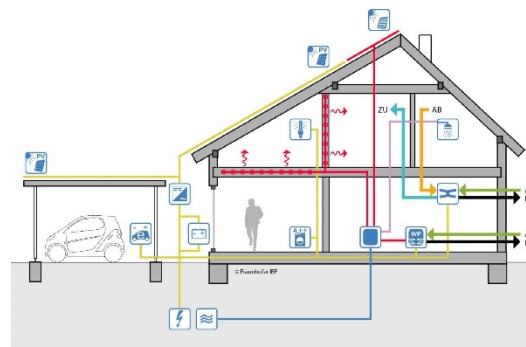
ANLAGENTECHNIK

HEIZUNGSANLAGE
Luft/Wasser-Wärmepumpe in Kombination mit thermischer Solaranlage (10 m²) und Pufferspeicher (1000 l). Fußbodenheizung ergänzt um Wandheizung und Wandkühlung im Obergeschoss. Ausgeklügeltes System für Trinkwarmwasser mittels Edelstahlwellrohr im Pufferspeicher (ähnlich einem Durchlauferhitzer).

LÜFTUNGSANLAGE
Zentrale Lüftungsanlage zur Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung

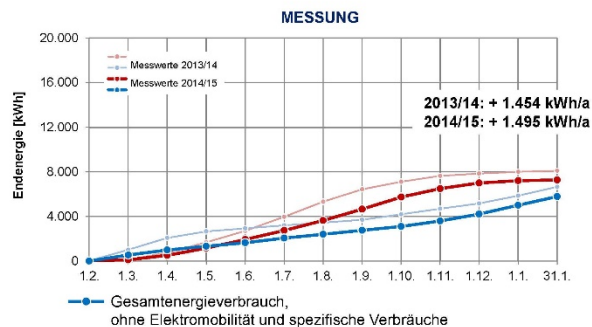
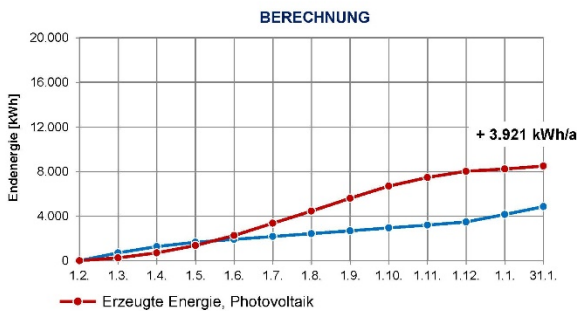
PV-ANLAGE
Auf-Dach Photovoltaik-Anlage (45 m²) ergänzt um eine Fassadenanlage (12 m²) und einer Anlage auf dem Carport (15 m²) (Nennleistung 9,3 kW_p)

BATTERIE
Batteriespeicher, Speicherkapazität 24 kWh



- Batterie
- Elektroauto
- Elektrogeräte
- Leuchten
- Lüftung Wärmerückgewinnung
- Photovoltaikanlage
- Solarthermieanlage
- Stromnetz
- Speicher
- Trinkwasser
- Wärmepumpe
- Wormwasser
- Wechslericher

ENDENERGIE



FÖRDERER



www.bmi.bund.de



www.forschungsinitiative.de

PROJEKTTEAM

ARCHITEKT

Form Nord
Schweinf
www.form-nord.de

WT - Wolfgang Tomson
Planungsgesellschaft mbH
www.wtomson.de

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG

multitherm GmbH
Bretzsch
www.multitherm.de

multiwatt Energiesysteme GmbH
Rostock
www.multiwatt.de

MONITORING

Xella Technologie- und
Forschungsgesellschaft mbH
Kloster Lehnin
www.xella.com

BEGLEITFORSCHUNG



IBP



www.ibp.fraunhofer.de/eur





Effizienzhaus Plus

Unterkirnach



STECKBRIEF NR. 11

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	1.374 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,70 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	440 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	11.003 kWh/a
Kostengruppe KG 300	370.000 €	Kostengruppe KG 400	83.000 €

ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,14 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	18,20 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	4,00 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	10,40 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-30,72 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-88,35 kWh/m ² a

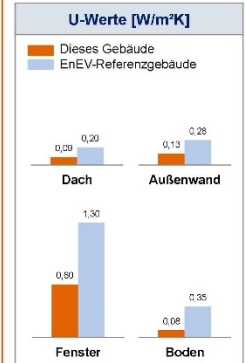
GEBÄUDE

Das Architektenhaus mit Einliegerwohnung steht am Rande eines Neubaugebietes mitten im Naturpark Südschwarzwald.

Das Hauptgebäude wurde in massiver Bauweise mit einem 30 cm dickem Wärmedämm-Verbundsystem errichtet, das Nebengebäude mit der Einliegerwohnung (über der Garage) in Holzständerbauweise mit Wärmedämmung zwischen der 26 cm starken Holzkonstruktion.

Die Kunststoff-Alu-Fenster haben eine 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung.

Die Dächer wurden als Pull- bzw. Flachdach ausgeführt, die zwischen den Holz-Stegträger als Sparren, mit Zellulosedämmung ausgeflockt wurden. Sie sind vollständig mit PV-Elementen belegt.



Erdgeschoss



Obergeschoss

ANLAGENTECHNIK



HEIZUNGSANLAGE

Die Wärmeversorgung des Hauses erfolgt über ein Lüftungscompactgerät mit integrierter Sole/Wasser-Wärmepumpe und nachgeschaltetem Pufferspeicher (inkl. integriertem Heizstab). Die Wärmepumpe wird über einen 200 m² großen Erdreichwärmetauscher versorgt. Zur Heizwärmeverteilung dient eine Fußbodenheizung.



LÜFTUNGSANLAGE

Zentrale Lüftungsanlage zur Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung (WRG ca. 83 %)



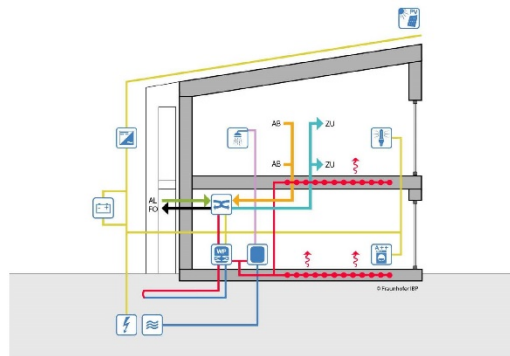
PV-ANLAGE

Polykristalline Auf-Dach Photovoltaik-Anlage (180 m²; Nennleistung 26,2 kW_p)



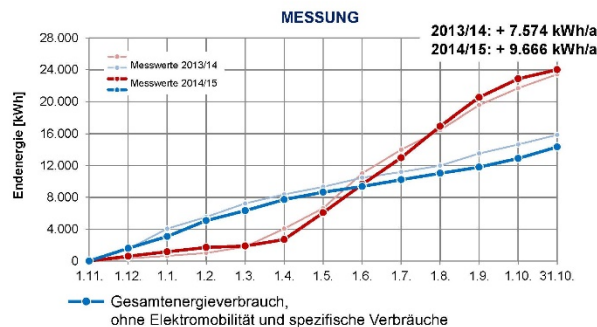
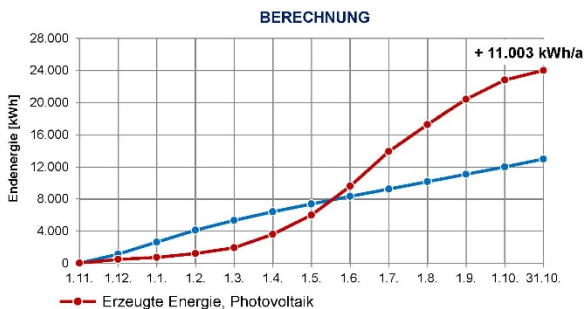
BATTERIE

Lithium-Ionen-Batterie, Speicherkapazität 4,5 kWh



- Batterie
- Elektrogeräte
- Leuchten
- Lüftung Wärmerückgewinnung
- Photovoltaikanlage
- Speicher
- Stromnetz
- Trinkwasser
- Warmwasser
- Wärmepumpe
- Wechselrichter

ENDENERGIE



FÖRDERER



Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat



www.forschungsinitiative.de

PROJEKTTEAM

ARCHITEKT

Günter Limberger, Donaueschingen

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG

Ökologische Energietechnik GmbH, Donaueschingen
Barchnagel Elektroinstallations, VS – Marbach
Paulius Straub Solarstromanlagen, Köln

MONITORING

CS Instruments GmbH Süd, VS – Tammheim
www.cs-instruments.de

BEGLEITFORSCHUNG



www.ibp.fraunhofer.de/er





Effizienzhaus Plus

LUXHAUS | frame. Köln



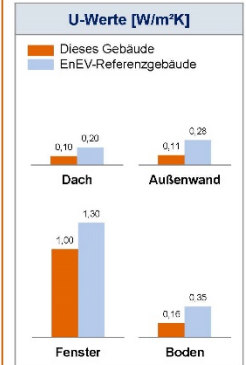
STECKBRIEF NR. 12

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	922 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,75 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	295 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	974 kWh/a
Verkaufspreis	610.000 €	zzgl. Effiz.haus-Plus-Standard	90.000 €

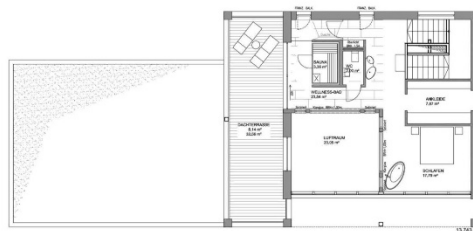
ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,17 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	29,65 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	7,10 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	18,46 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-7,33 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-24,37 kWh/m ² a

GEBÄUDE

Bei diesem Gebäude trifft moderne Technik auf schlichte Elemente der Bauhausarchitektur. Hohe Wärmedämmwirkung der Boden-, Dach- und geschlossenen Wandelemente in Holztafelbauweise. Die als Pfosten-Riegel-Fassade aus Aluminium realisierte Glasfassade maximiert solare Wärmegewinne. Zur Vermeidung hoher Kühllasten im Sommer ist eine witterungsgeführte Verschattungssteuerung eingebaut. Die Kunststoffenster sind mit einer 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung (U_g = 0,6 W/m²K) ausgeführt. Das Flachdach aus Holztafelelementen mit einer Auf-Dach-Dämmung nimmt eine Auf-Dach Photovoltaik Anlage auf.



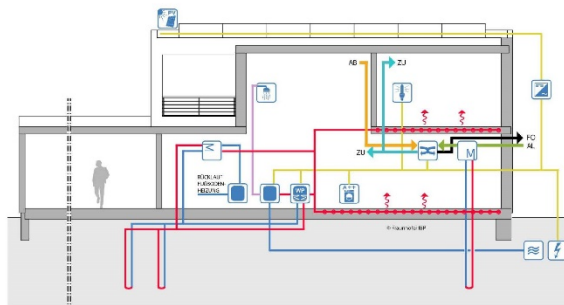
Erdgeschoss



Obergeschoss

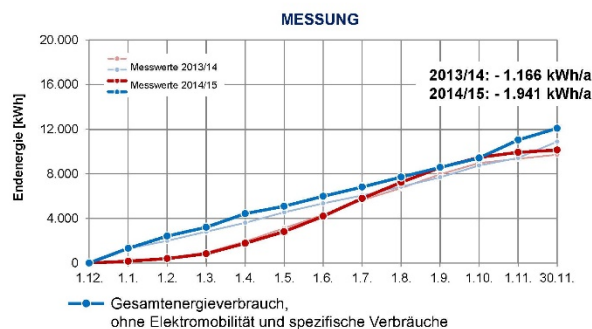
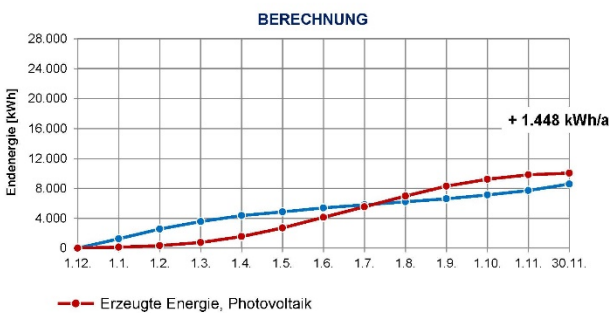
ANLAGENTECHNIK

- HEIZUNGSANLAGE**
Sole/Wasser-Wärmepumpe mit Erdwärmesonden für Wärmeerzeugung (Heizung und Warmwasser). Pufferspeicher (100 l) verlängert die Laufzeit der Wärmepumpe und verringert die Taktung im Teillastbetrieb. Verteilung der Wärme mittels Niedertemperatur-Flächenheizungssystem. Warmwasserspeicher (300 l) für Warmwasserbereitung.
- LÜFTUNGSANLAGE**
Zentrale Lüftungsanlage zur Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung (WRG ca. 90 %)
- PV-ANLAGE**
Polykristalline Auf-Dach Photovoltaik-Module (68 m²; Nennleistung 9,9 kW_p)



- Elektrogeräte
- Photovoltaikanlage
- Trinkwasser
- Wärmetauscher
- Leuchten
- Speicher
- Warmwasser
- Wechselrichter
- Lüftung/Wärmerückgewinnung
- Stromnetz
- Wärmepumpe

ENDENERGIE



FÖRDERER



PROJEKTTEAM

ARCHITEKT
Melanie Wöppelmann
LUXHAUS GmbH & Co. KG
Georgensmünd
www.luxhaus.de

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG
Christoph Deuster
LUXHAUS GmbH & Co. KG
Georgensmünd
www.luxhaus.de

MONITORING
Fraunhofer – Institut für Bauphysik
Stuttgart
www.ibp.fraunhofer.de/ee

BEGLEITFORSCHUNG



www.ibp.fraunhofer.de/ee



LUXHAUS.



Effizienzhaus Plus

Lüneburg



STECKBRIEF NR. 13

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	538 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,74 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	172 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	3.424 kWh/a
Kostengruppe KG 300	135.000 €	Kostengruppe KG 400	124.000 €

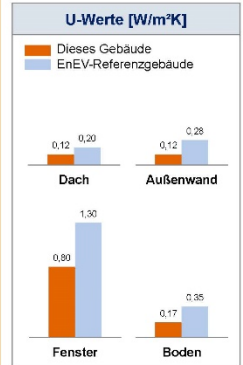
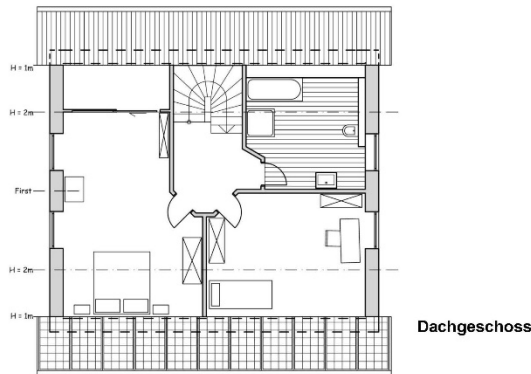
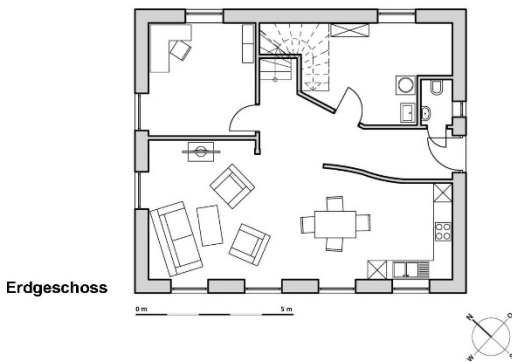
ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,18 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	29,67 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	15,61 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	40,59 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-19,91 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-63,90 kWh/m ² a

GEBÄUDE

Die ökologische Bauweise stand bei diesem Gebäude im Vordergrund des Entwurfs. Massiver Verblendstein im EG und Lärchenholzschalung im OG bilden die äußere Ansicht des Gebäudes. Die Außenwände sind in Holzrahmenbauweise (26 cm breit) erstellt, außen zusätzlich mit 8 cm dicken Weichfaserplatten und innen mit OSB-Platten beplankt. In den Zwischenraum der Konstruktion wurde Zellulosedämmung eingebaut. Weitere Holzflex-Dämmung (6 cm) wurde raumseitig in der Installationsebene verbaut.

Die Holzfenster sind mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung ausgestattet.

Das Dach ist komplett mit wasserabweisenden Holzweichfaserplatten (6 cm) versehen und mit einer Vollsparrendämmung (26 cm Zellulosedämmung) ausgeführt. Auf der Nordseite des Daches sind Tonziegel und im Süden PV-Elemente als In-Dachkonstruktion angeordnet.



ANLAGENTECHNIK



HEIZUNGSANLAGE

Die Wärmeversorgung des Gebäudes erfolgt elektrisch direkt. Vier elektrische Marmor Wandheizkörper (mit Thermostatregler) befinden sich im EG mit einer Gesamtheizleistung von 2.800 W. Im OG sind das Bad mit einer 600 W Wandheizung und das Schlafzimmer mit einer 800 W Wandheizung versehen. Die Warmwasserbereitung erfolgt mittels elektronischer Durchlauferhitzer an 5 Zapfstellen im Haus.



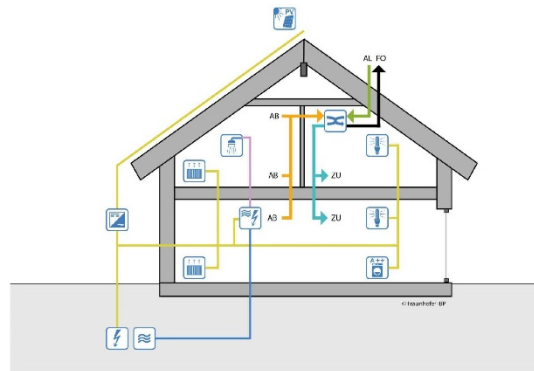
LÜFTUNGSANLAGE

Zentrale Lüftungsanlage zur Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung



PV-ANLAGE

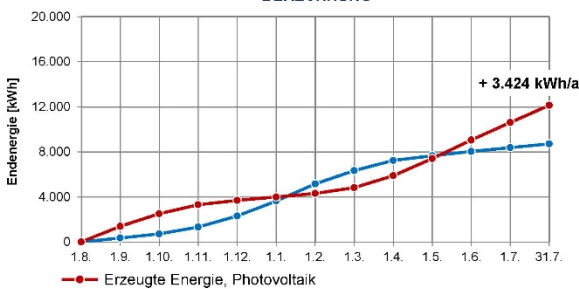
In-Dach Photovoltaik-Anlage (66 m²; Nennleistung 12,6 kW_p)



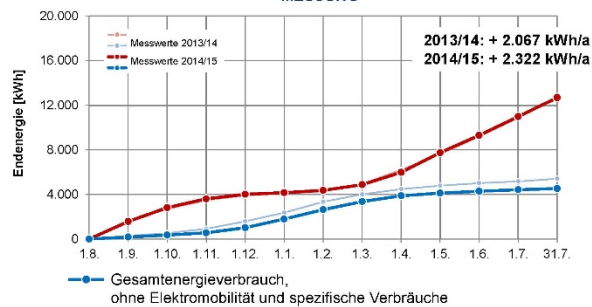
- Durchlauferhitzer
- Leuchten
- Stromnetz
- Wechslerlichter
- Elektrogeräte
- Lüftung Wärmerückgewinnung
- Trinkwasser
- Warmwasser
- Heizung elektrisch
- Photovoltaikanlage
- Warmwasser

ENDENERGIE

BERECHNUNG



MESSUNG



FÖRDERER



www.bmi.bund.de



www.forschungsinitiative.de

PROJEKTTEAM

ARCHITEKT

Wolfgang Dimke, Lüneburg
www.w-dimke.de

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG

Wolfgang Dimke, Lüneburg
Jürgen Moll, Lüneburg

MONITORING

Leuphana Universität Lüneburg
www.leuphana.de

BEGLEITFORSCHUNG



www.ibp.fraunhofer.de/er





Effizienzhaus Plus

»BAUFRITZ Alpenchic« Poing



STECKBRIEF NR. 14

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	845 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,68 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	270 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	236 kWh/a
Kostengruppe KG 300	(nicht dokumentiert)	Kostengruppe KG 400	(nicht dokumentiert)

ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,27 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	36,85 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	50,70 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	55,77 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-0,88 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-88,65 kWh/m ² a

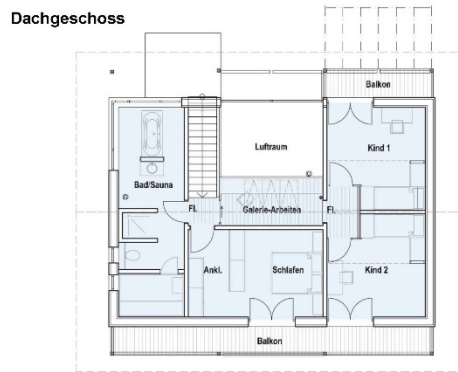
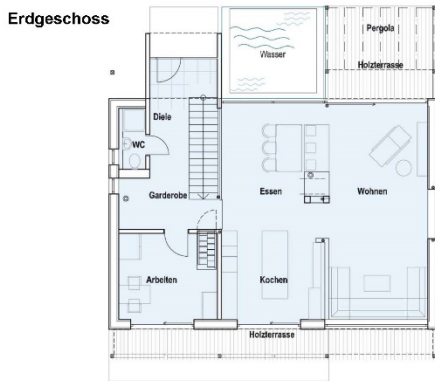
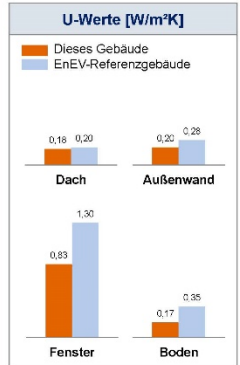
GEBÄUDE

Der rechteckige Baukörper, die weiten Fassadenschützenden Dachüberstände und die Holzschindel-fassade des Einfamilienhauses schaffen einen sichtbaren Bezug zur alpenländischen Bau-tradition. Minimierung der Transmissionswärmeverluste durch geringe U-Werte (Gebäudehülle) sowie eine wärmebrückenreduzierte Konstruktion.

Außenwand aus 24 cm starker Holzrahmenkonstruktion mit Holbelspandämmung zwischen den Konstruktionshölzern und einer zusätzlichen Holzfaserdämmschicht auf der Außenseite.

Die Holzfenster sind mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit U-Werten zwischen 0,7 und 1,1 W/m²K ausgeführt (Normfenster mit Baufritz-Bauteilen 0,83 W/m²K).

Das Satteldach enthält eine 24 cm dicke Holzfaserdämmschicht den zwischen Konstruktionshölzern und dient der Aufnahme einer In-Dach Photovoltaikanlage.



ANLAGENTECHNIK

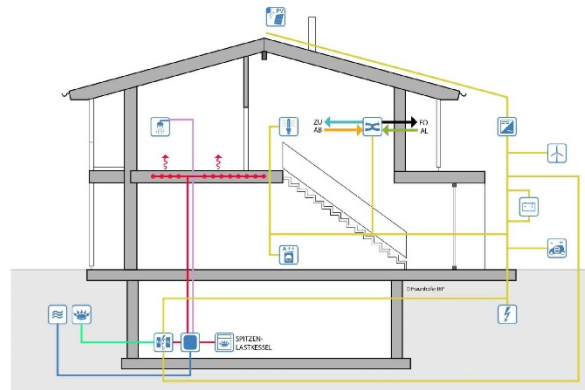
HEIZUNGSANLAGE
Brennstoffzellenheizgerät zur Bereitstellung von Heizwärme, Trinkwarmwasser und Strom. Gespeist wird das Gerät mit Erdgas. Zur Erzeugungseinheit dient ferner ein Gas-Brennwertgerät. In seiner Funktion als Spitzenlastmodul schaltet es bei besonders hohem Wärmebedarf automatisch zu. Daneben ist ein Pufferspeicher (170 l) in das Versorgungskonzept integriert.

LÜFTUNGSANLAGE
Zentrale Lüftungsanlage zur Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung

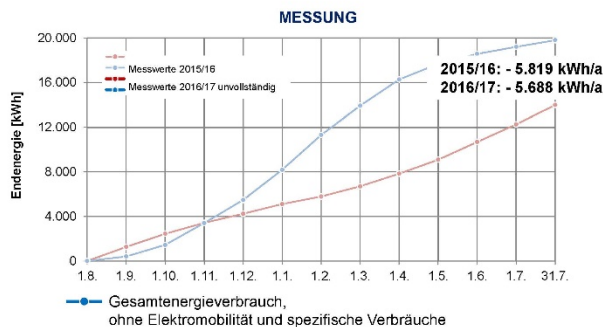
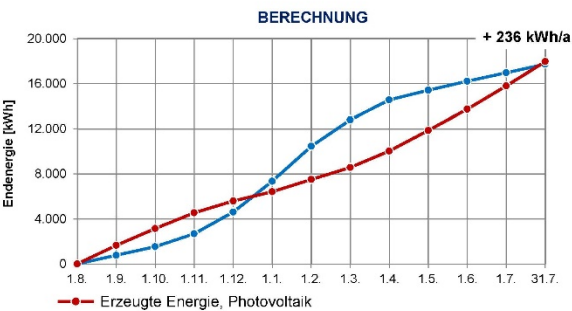
PV-ANLAGE
In-Dach Photovoltaik-Module als Dachziegel ausgebildet (80 m²; Nennleistung 12,6 kW_p)

WINDRAD
Windrad mit einer Leistung von 2.500 kWh/a, generiert auch bei Bewölkung und nachts Energie.

BATTERIE
Lithium-Ionen-Batterie, Speicherkapazität 3,7 kWh



ENDENERGIE



FÖRDERER



PROJEKTTEAM

ARCHITEKT
Georg Schauer,
Bau-Fritz GmbH & Co. KG
www.baufritz.com

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG

Heizung: Höfmeier GmbH
Brennstoffzelle: Viessmann Werke Allendorf
PV: OKO-HAUS GmbH
Windrad: MRT-Wind GmbH
Elektroppeicher: VARTA-Storage GmbH
Hausautomation: BootUp GmbH
Elektro: Fürstlich Fügler v. Glöttische
E-Works GmbH & Co. KG

MONITORING

Fraunhofer – Institut für Bauphysik
Stuttgart
www.ibp.fraunhofer.de/eeer

BEGLEITFORSCHUNG





Effizienzhaus Plus

Haus Osterloh, Bremen



STECKBRIEF NR. 15

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	758 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,73 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	243 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	546 kWh/a
Baukosten ohne Gebäudeautomation	350.000 €		

ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,24 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	23,20 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	8,90 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	23,00 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-2,24 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-11,50 kWh/m ² a

GEBÄUDE

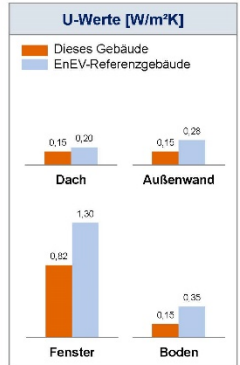
Das Einfamilienhaus ist im modernen Bauhausstil erstellt. Große Fensterflächen mit Übereckverglasungen sorgen für lichtdurchflutete Räume.

Die Transmissionswärmeverluste des massiven Gebäudes werden durch die geringen U-Werte der Gebäudehülle sowie einer wärmebrückenreduzierten Konstruktion minimiert.

Die Außenwand besteht aus einem 42,5 cm dicken hocheffizienten porositärem Ziegel-Mauerwerk mit außenseitigem Wärmedämmputz (1,5 cm).

Die Fenster wurden mit einer 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung ausgeführt.

Die elastisch gebettete Bodenplatte wurde mit einer Wärmedämmung aus extrudiertem Polystyrolhartschaum gegen das Erdreich ausgeführt.



Erdgeschoss



Obergeschoss

ANLAGENTECHNIK



HEIZUNGSANLAGE

Sole/Wasser-Wärmepumpe (Heizleistung 5,9 kW) mit integriertem Pufferspeicher (500 l) zur Erwärmung des Heiz- und Trinkwassers. Wärmeverteilung erfolgt über Fußbodenheizung und ergänzenden Handtuchheizkörper in den Bädern. Warmwasser wird über einen Durchlaufwarmwasserwärmetauscher mittels Wärme aus dem oberen Bereich des Pufferspeichers bereitgestellt.



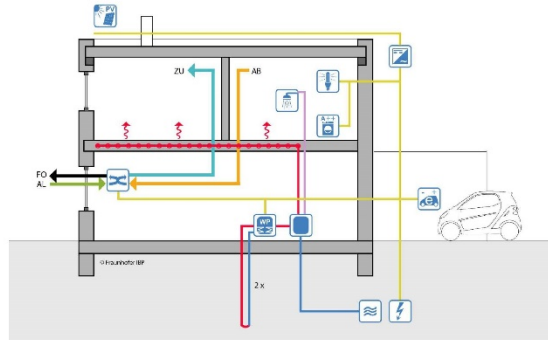
LÜFTUNGSANLAGE

Zentrale Lüftungsanlage zur Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung (WRG ca. 90 %)



PV-ANLAGE

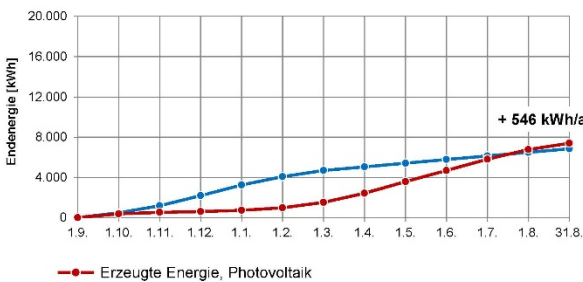
Dach: monomokristalline Photovoltaik-Module (55,5 m²; Nennleistung 8,7 kW_p)



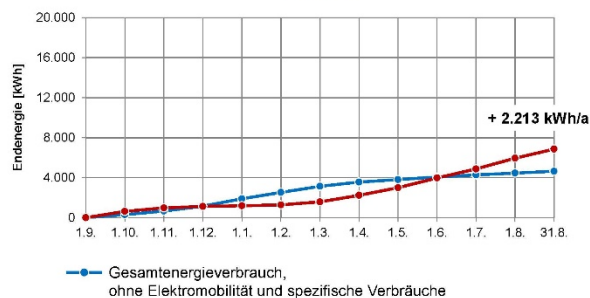
- Elektroauto
- Lüftung Wärmerückgewinnung
- Stromnetz
- Wärmepumpe
- Elektrogeräte
- Photovoltaikanlage
- Trinkwasser
- Wechselschalter
- Leuchten
- Speicher
- Warmwasser

ENDENERGIE (Erstes Messjahr: September 2013 bis August 2014)

BERECHNUNG



MESSUNG



FÖRDERER



Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat



PROJEKTTEAM

ARCHITEKT

Gruppe GME-Architekten BDA, Achim
www.gruppe-gme.de

HO Immobilien + Baukonzepte GmbH, Achim
www.Ho-Immobilien.de

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG

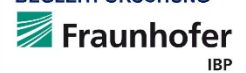
Fb. Cordes & Graefe Haustechnik Bremen
www.cordes-graefe.de

ViciOne Gebäudeautomation ACX GmbH, Lichtenstein
www.acx-gmbh.de

MONITORING

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung Bremen
www.ifam.fraunhofer.de

BEGLEITFORSCHUNG



www.ibp.fraunhofer.de/enr

www.bmi.bund.de



Effizienzhaus Plus

Solar Plus Haus, Bremen



STECKBRIEF NR. 16

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	624 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,84 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	200 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	938 kWh/a
Kostengruppe KG 300	393.000 €	Kostengruppe KG 400	145.000 €

ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,21 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	28,48 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	4,61 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	12,00 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-4,69 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-17,39 kWh/m ² a

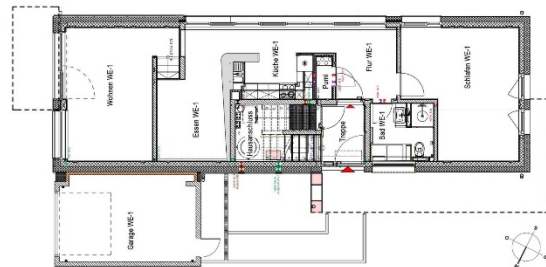
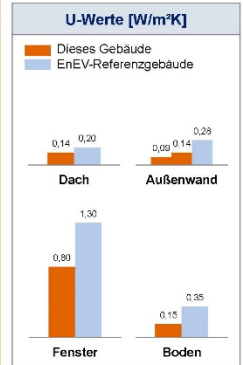
GEBÄUDE

Das Zweifamilienhaus wurde auf einem sehr schmalen Grundstück errichtet. Eine großzügige Gaube im Dachgeschoss sichert eine akzeptable Stehhöhe bei Einhaltung der Eingeschossigkeit des Bebauungsplans.

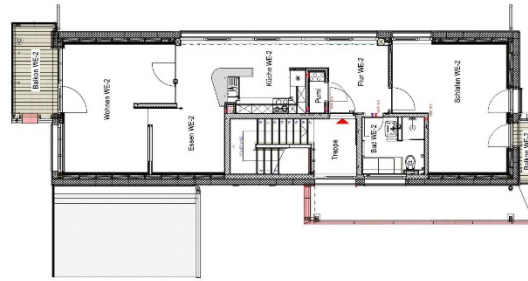
Das Haus verfügt über einen hervorragenden Wärmeschutz, eine nahezu wärmebrückenfreie Konstruktion und erfüllt den KfW-Effizienzhaus40-Standard.

Die massive Außenwand im Erdgeschoss besteht aus einem 17,5 cm dicken Porenbeton-Mauerwerk mit außenseitiger 20 cm dicken Dämmung und einer Aluminium-Wellblechverkleidung sowie teilweise einem Wärmedämmverbundsystem. Das Obergeschoss wurde in Holzrahmenbauweise errichtet.

Die Fenster wurden mit einer 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung und hochgedämmten Fensterrahmenprofilen ausgeführt.



Erdgeschoss



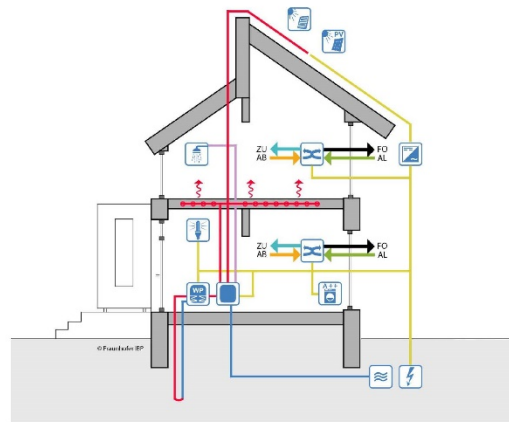
Dachgeschoss

ANLAGENTECHNIK

HEIZUNGSANLAGE
Sole/Wasser-Wärmepumpe (Heizleistung 6 kW) mit integriertem Pufferspeicher (100 l), sowie dachintegrierte thermische Solarkollektoren (10 m²), die einen 500 l fassenden Pufferspeicher bedienen und die Erwärmung des Heiz- und Trinkwarmwassers sicher stellen. Als Wärmequelle dient eine Erdwärmesonde mit einer Tiefe von 90 m. Die Wärme wird über eine Fußbodenheizung an die Räume abgegeben.

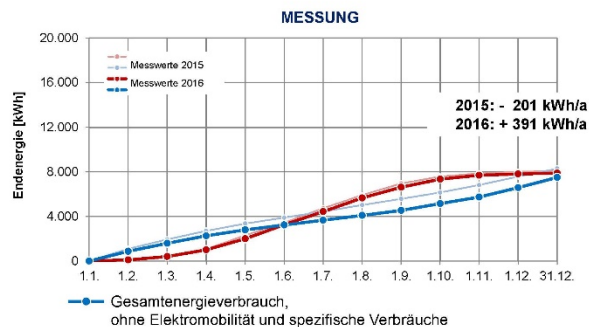
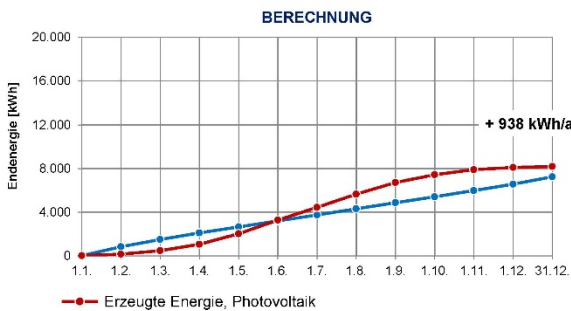
LÜFTUNGSANLAGE
Wohnungszentrale Lüftungsanlage zur Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung (WRG ca. 90 %)

PV-ANLAGE
Dach: Photovoltaik-Module (57 m²; Nennleistung 10,8 kW_p)



- Elektrogeräte
- Leuchten
- Lüftung Wärmerückgewinnung
- Photovoltaikanlage
- Solarthermieanlage
- Speicher
- Stromnetz
- Trinkwasser
- Warmwasser
- Wärmepumpe
- Wechselrichter

ENDENERGIE



FÖRDERER



Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat



www.forschungsinitiative.de

PROJEKTTEAM

ARCHITEKT
ARCHITYPE, Architektur und Multimedia, Babette Klepzig, Bremen
www.architype.com

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG
Elbe Energiecheck – Energieberatung + Planung
Matthias Schulz, Neua Bleckede
www.elbe-energiecheck.de

MONITORING
Energie- u. Sachverständigenbüro
Hubert Westkämper, Elmflath
www.hubert-westkaemper.de

BEGLEITFORSCHUNG



www.ibp.fraunhofer.de/en





Effizienzhaus Plus

Schwabach



STECKBRIEF NR. 17

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	741 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,59 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	312 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	1.046 kWh/a
Kostengruppe KG 300	195.000 €	Kostengruppe KG 400	52.600 €

ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,20 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	28,40 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	14,27 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	37,00 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-3,36 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-16,63 kWh/m ² a

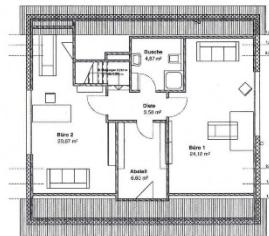
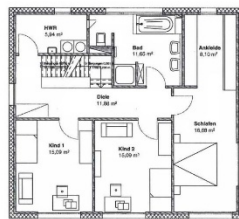
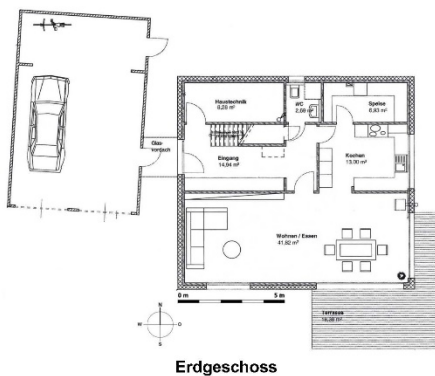
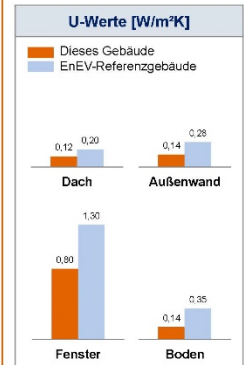
GEBÄUDE

Das Einfamilienhaus besteht aus einem einfach gehaltenen, kompakten Baukörper ohne auskragende oder angesetzte Bauteile.

Für die Außenwände wurden 49 cm dicke Hochlochziegel (Wärmeleitfähigkeit: 0,07 W/mK) verwendet.

Das Dach erhielt zwischen den Konstruktionsträgern eine 30 cm dicke Dämmschicht aus Mineralwolle und eine Sparrenabdeckung aus Holzfaserdämmstoff (3,5 cm).

Alle Fenster wurden als Passivhausfenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung und einem U-Wert von 0,80 W/m²K ausgeführt.



Obergeschoss

Dachgeschoss

ANLAGENTECHNIK



HEIZUNGSANLAGE

Die Beheizung erfolgt über ein Lüftungscentralgerät mit integrierter frequenzmodulierter Luft/Luft-Wärmepumpe. Zur zusätzlichen Konditionierung der Zuluft bei Spitzen-Wärmebedarf sind in den Luftauslässen elektrische Nacherhitzer installiert. Ablufträume wie zum Beispiel Bad und WC werden über elektrische Konvektoren beheizt.

Über einen Abzweig im Luftkanalnetz nach dem Lüftungscentralgerät wird die Fortluft als Wärmequelle für eine nachgeschaltete Luft-Wasser-Wärmepumpe genutzt. Damit wird das Trinkwarmwasser in deren integrierten 290-Liter-Speicher erwärmt. Der Speicher verfügt auch über einen Zusatzheizstab.



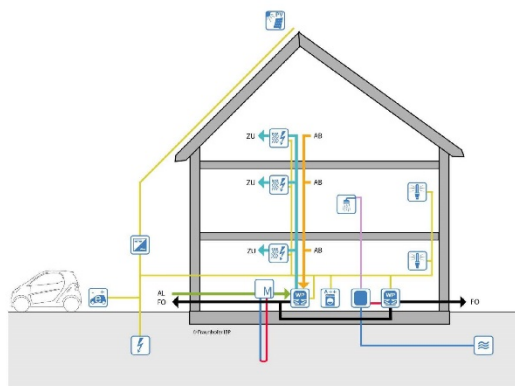
LÜFTUNGSANLAGE

Zentrale Lüftungsanlage zur Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung (WRG ca. 80 %) mit regeltem Sommerbypass und Erdreichwärmetauscher zur geregelten Vorkonditionierung der Außenluft.



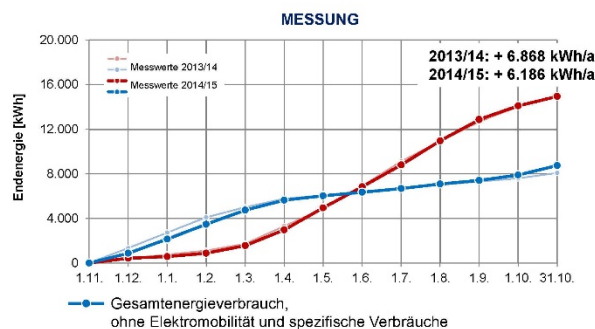
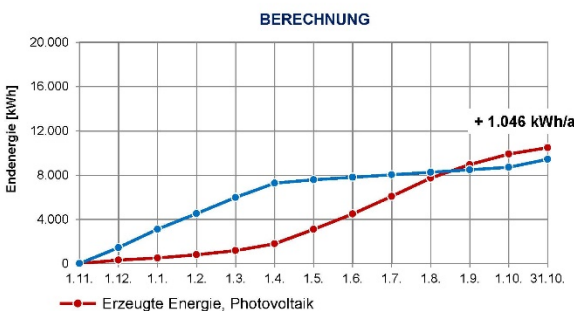
PV-ANLAGE

Dach: monokristalline Photovoltaik-Module (98,2 m²; Nennleistung 14,4 kW_p)



- Elektrisches Heizsystem
- Leuchten
- Stromnetz
- Wärmepumpe
- Elektroauto
- Photovoltaikanlage
- Trinkwasser
- Wärmetauscher
- Elektrozähler
- Speicher
- Warmwasser
- Wechsrichter

ENDENERGIE



FÖRDERER



Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat



www.forschungsinitiative.de

PROJEKTTEAM

ARCHITEKTIN

Dipl.-Ing. (FH) Carmen Hausner, Schwabach

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG

Bernecker & Rösch GmbH, Schwabach
www.bernecker-roesch.de

MONITORING

Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm, Institut für Energie und Gebäude (ieg), www.th-nuernberg.de

BEGLEITFORSCHUNG



www.ibp.fraunhofer.de/ger



Bernecker & Rösch
Ihr Partner in Sachen Elektro

Wir machen das.

STADTWERKE



SCHWABACH GMBH



Effizienzhaus Plus

Bad Homburg



STECKBRIEF NR. 18

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	950 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,61 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	304 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	2.066 kWh/a
Kostengruppe KG 300	323.000 €	Kostengruppe KG 400	120.000 €

ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,24 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	13,33 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	8,60 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	13,00 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-6,79 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-32,10 kWh/m ² a

GEBÄUDE

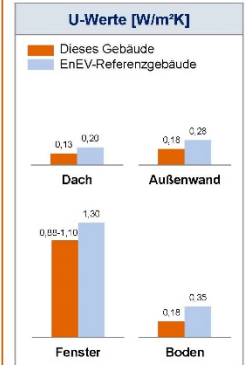
Bei der Konzeption des Effizienzhaus Plus stand die Anpassung an das kleine, asymmetrische Grundstück sowie die Einfügung in die Nachbarschaft durch die klassische Bauform und das Satteldach entwerflich im Vordergrund.

Die Transmissionswärmeverluste des Gebäudes werden durch geringe U-Werte der Gebäudehülle sowie eine wärmebrückenreduzierte Konstruktion minimiert und entspricht dem KfW-Effizienzhaus55-Standard.

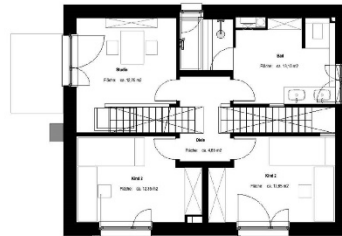
Die Außenwand besteht aus einem 42,5 cm dicken hocheffizienten Ziegelmauerwerk.

Das Dach ist im System Haller mit 24 cm Mineralwolle und 8 cm Polystyrol-Hartschaumdämmung ausgeführt.

Die Fenster sind mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung ausgeführt.



Erdgeschoss



Obergeschoss



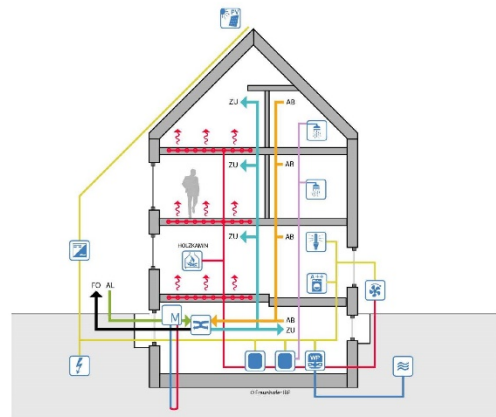
Dachgeschoss

ANLAGENTECHNIK

HEIZUNGSANLAGE
Split Luft/Wasser-Wärmepumpe (Heizleistung 6,4 kW) mit integriertem Heizungs-Pufferspeicher (1000 l) und bivalentem Warmwasserspeicher (500 l) zur Erwärmung des Heiz- und Trinkwarmwassers. Wasserführender Scheitholzofen kann das Heizsystem im Winter unterstützen (Nennleistung 14,4 kW; 75 % Wärmeabgabe an den Pufferspeicher). Heizwärme wird über Niedertemperatur-Fußbodenheizung den Räumen zugeführt.

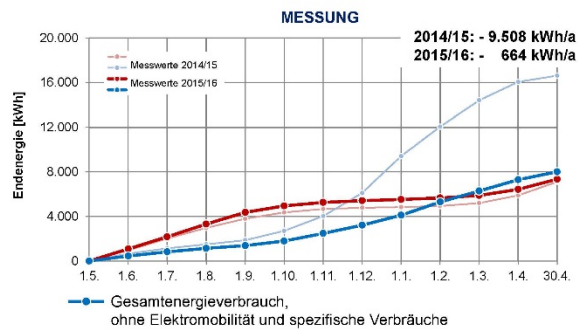
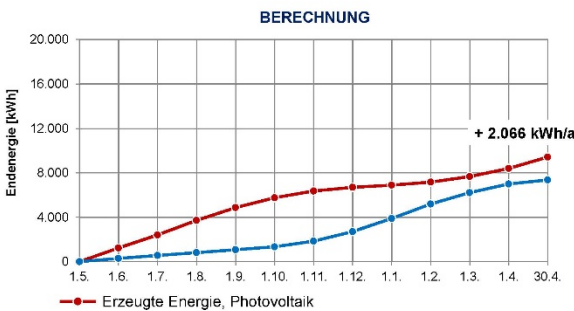
LÜFTUNGSANLAGE
Zentrale Lüftungsanlage zur Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung (WRG: 86 %). Zusätzlich ist in das System ein Solewärmetauscher integriert, der das Erdreich als Wärmequelle mit einbindet. Im Winter wird so die Außenluft aus Frostschutzgründen vorerwärmt und im Sommer vorgekühlt.

PV-ANLAGE
Dachintegrierte monokristalline Photovoltaik-Anlage in schwarzer Optik mit einem Modulwirkungsgrad von 21 % (45,7 m²; Nennleistung 9,4 kW_p).



- Elektrogeräte
- Photovoltaikanlage
- Stromnetz
- Wärmepumpe
- Leuchten
- Speicher
- Trinkwasser
- Wärmetauscher
- Lüftung Wärmerückgewinnung
- Split Wärmepumpe
- Warmwasser
- Wechselrichter

ENDENERGIE



FÖRDERER



PROJEKTTEAM

ARCHITEKT
bb22 architekten + stadtplaner
Martin Wilhelm, Frankfurt
www.bb22.net

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG

Fehl & Sohn GmbH
Gebäudetechnik, Frauensteinau
www.fehlundsohn.de

Elektro Buchmann,
Wehrheim
www.elektrobuchmann.de

MONITORING

ina - Planungsgesellschaft mbH
Isabell Passig, Darmstadt
www.ina-darmstadt.de
Ein Spin-off der
Technischen Universität Darmstadt,
Fachbereich Architektur
FG Entwerfen und Energieeffizientes Bauen

BEGLEITFORSCHUNG



www.ibp.fraunhofer.de/en





Effizienzhaus Plus

Kassel



STECKBRIEF NR. 19

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	1.510 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,50 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	419 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	3.118 kWh/a
Kostengruppe KG 300	370.000 €	Kostengruppe KG 400	195.200 €

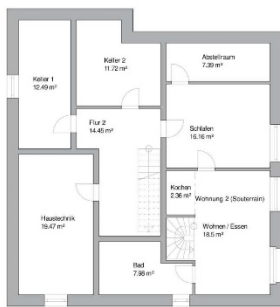
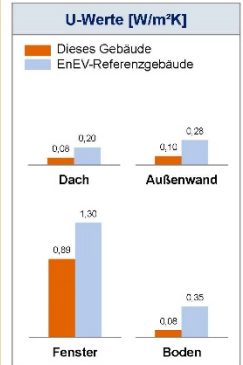
ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,19 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	21,89 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	0,40 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	1,10 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-7,40 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-22,40 kWh/m ² a

GEBÄUDE

Ziel des Bauherren war es, ein architektonisch modernes Gebäude in einer zukunftsorientierten Bauweise zu errichten, um durch einen niedrigen Energieverbrauch den sparsamen Umgang mit den Ressourcen ohne Komforteinbußen zu vereinbaren und auf Dauer niedrige Energiekosten anzustreben. Die Außenwände bestehen aus einem 24 cm Kalksandsteinmauerwerk mit einem 30 cm dicken Wärmedämmverbundsystem.

Der beheizte Keller wurde mit einer bewehrten Fundamentplatte auf einer Wärmedämmung von ca. 40 cm dicken Schotterdecke aus Glasschaum im Kaltbereich gegründet und zusätzlich mit 2 Lagen Hart-/Partikelschaum (20 cm) im Warmbereich gedämmt.

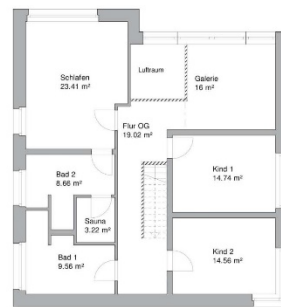
Kunststofffenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung



Untergeschoss



Erdgeschoss



Obergeschoss

ANLAGENTECHNIK



HEIZUNGSANLAGE

Sole/Wasser-Wärmepumpe, die als Wärmequelle das Wasser eines Solareisspeichers nutzt. Angeschlossen ist ein Kombipufferspeicher mit einem Fassungsvermögen von 900 l. Der Solareisspeicher wird von einer 16,74 m² großen Solarkollektorfäche gespeist. Wärmeverteilung im Gebäude über Niedertemperatur Flächenheizsysteme im Fußboden. Über eine Frischwasser-Durchflussstation wird das Gebäude mit Trinkwasser versorgt.



LÜFTUNGSANLAGE

Zentrale Lüftungsanlage zur Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung (WRG ca. 88 %) und ergänzendem Erdwärmetauscher



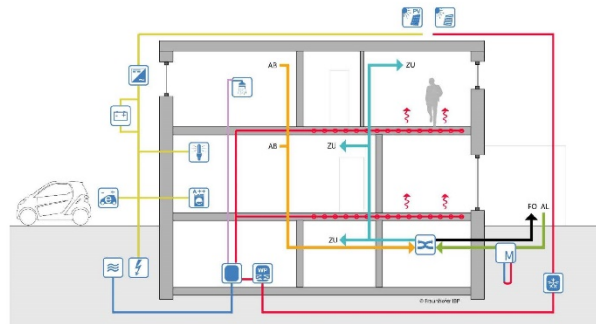
PV-ANLAGE

Monokristalline Photovoltaik-Module auf dem Dach (88,2 m²) und auf der West-Fassade (14,7 m²) (Gesamt-Nennleistung 15,8 kW_p)



BATTERIE

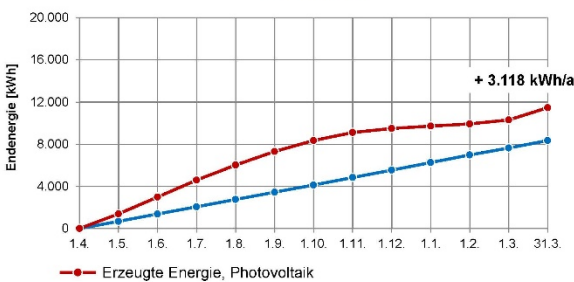
Lithium-Ionen-Batterie, Speicherkapazität 6,3 kWh



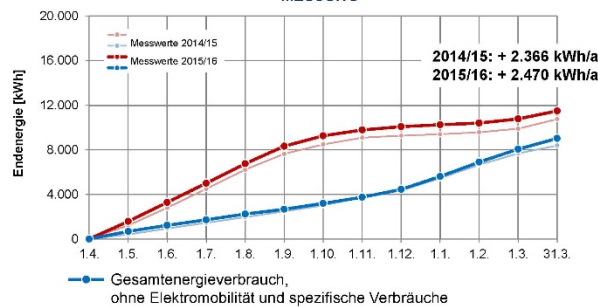
- Batterie
- Elektrogeräte
- Photovoltaikanlage
- Stromnetz
- Wärmepumpe
- Exspeicher
- Leuchten
- Solarthermieanlage
- Trinkwasser
- Wärmetauscher
- Flektromobilität
- Lüftung
- Wärmerückgewinnung
- Speicher
- Warmwasser
- Wechselrichter

ENDENERGIE

BERECHNUNG



MESSUNG



FÖRDERER



Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat



www.forschungsinitiative.de

PROJEKTTEAM

ARCHITEKT

Ingenieurbüro für Bauwesen
Francesco Barbo, Fildabrick
www.activ-haus.de

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG

Vinber GmbH
Kassel
www.vinber.de

MONITORING

Universität Kassel, Fachbereich Architektur,
Fachgebiet Bauphysik
www.uni-kassel.de/es

BEGLEITFORSCHUNG



www.ibp.fraunhofer.de/es





Effizienzhaus Plus

»EHplus« Burghausen



STECKBRIEF NR. 20

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	1.216 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,56 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	389 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	5.961 kWh/a
Kostengruppe KG 300	375.000 €	Kostengruppe KG 400	207.000 €

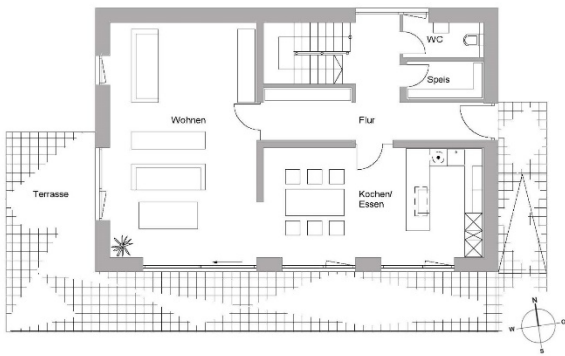
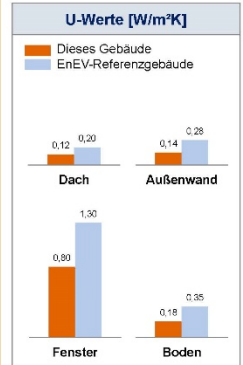
ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,20 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	25,84 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	0,50 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	1,34 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-15,30 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-43,50 kWh/m ² a

GEBÄUDE

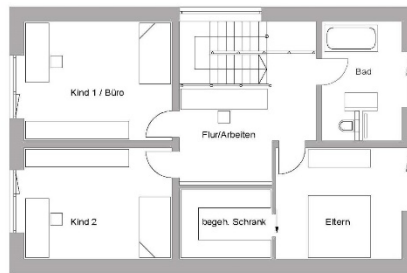
Die monolithische Ziegelbauweise (weiß verputzt) des konventionellen Einfamilienhauses ist regionaltypisch.

Die Außenwände wurden mit hocheffizienten perlitgefüllten Ziegelmauerwerk (49 cm) ausgeführt. Die Fenster wurden in einer Holz-Alu-Konstruktion mit 3-Scheiben- Wärmeschutzverglasung und Dämmkammertechnologie eingebaut.

Das Satteldach wurde als gedämmte Pfetten-Sparrendach-Konstruktion ausgeführt. Die Dachdeckung auf der Nordseite erfolgte mit einer naturroten Flachdachpappe, das Süd-Dach erhielt eine In-Dachlösung mit sowohl thermischen Solar- als auch Photovoltaik-Modulen.



Erdgeschoss



Obergeschoss

ANLAGENTECHNIK



HEIZUNGSANLAGE

Thermische In-Dach-Solaranlage (51 m²) mit saisonalem Wärmespeicher (48.000 l) zur Erwärmung des Heiz- und Trinkwarmwassers. Solarenergie wird vorrangig direkt in das Heizsystem eingespeist, überschüssige Sonnenenergie wird in zweiteiligen Wasser-Schichtenspeicher eingelagert und bedarfsgerecht über eine innenliegende Wärmepumpe mit Wärmetauscher an das Gebäude abgegeben.



LÜFTUNGSANLAGE

Dezentrale Lüftungsanlage zur Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung



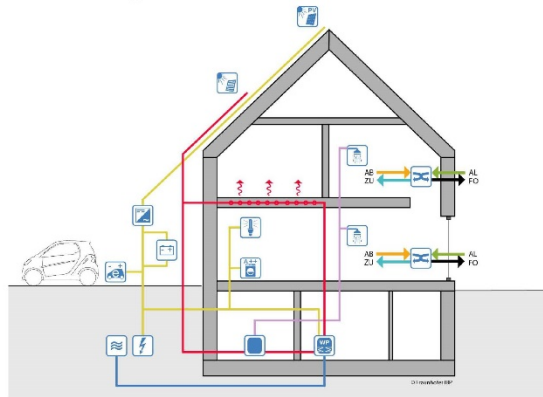
PV-ANLAGE

Wohnhaus: In-Dach Photovoltaik-Anlage (32 m²; Nennleistung 4,2 kW_p)
Garagedach: Auf-Dach Photovoltaik-Anlage (39,2 m²; Nennleistung 6,3 kW_p)



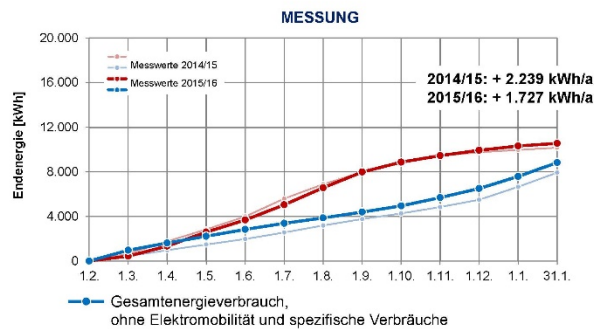
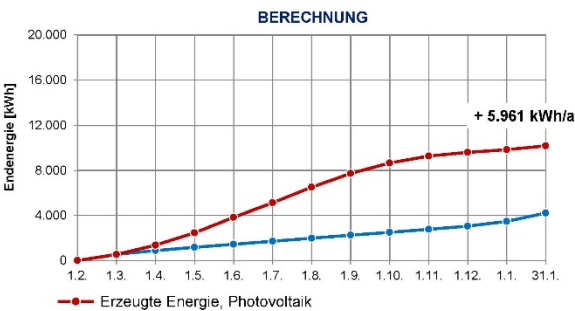
BATTERIE

Hocheleistungs-Lithium-Eisensulfat-Batterie, Speicherkapazität 10,8 kWh



- Batterie
- Elektroauto
- Elektrogeräte
- Leuchten
- Lüftung Wärmerückgewinnung
- Photovoltaikanlage
- Solarthermieanlage
- Speicher
- Stromnetz
- Trinkwasser
- Warmwasser
- Wärmepumpe
- Wechselschalter

ENDENERGIE



FÖRDERER



www.bmi.bund.de



www.forschungsinitiative.de

PROJEKTTEAM

ARCHITEKT

Architekturbüro
Georg Dusch, Straubing

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG

BayWa AG
Pflankirchen
www.baywa.de

Schlagmann Poroton GmbH
Zeilarn
www.ahp-schlagmann-baywa.de

MONITORING

Technische Hochschule Deggendorf,
Technologiecampus Freyung
www.th-dieg.de/delfc-freyung

BEGLEITFORSCHUNG



www.ibt.fraunhofer.de/enr





Effizienzhaus Plus

»Aktiv-Stadthaus« Frankfurt



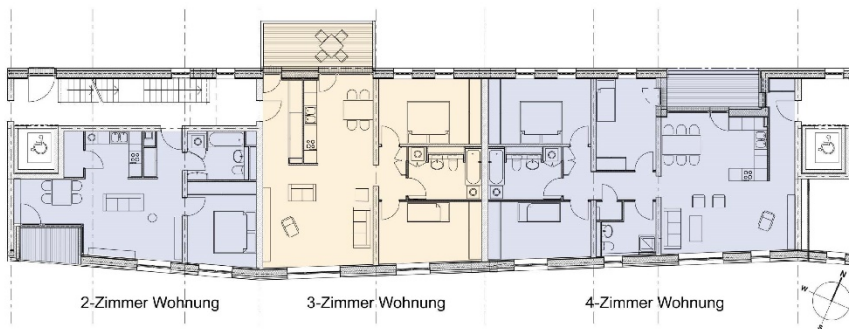
STECKBRIEF NR. 21

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	31.217 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,34 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	8.789 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	43.622 kWh/a
Kostengruppe KG 300	12.870.000 €	Kostengruppe KG 400	5.540.000 €

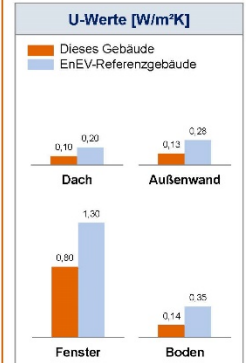
ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,29 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	27,96 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	4,90 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	12,71 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-4,96 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-19,94 kWh/m ² a

GEBÄUDE

Innerstädtisches Mehrfamilienhaus mit 74 Wohneinheiten, als eines der innovativsten Geschosswohngebäude Europas. Über der Erdgeschossfassade erhebt sich auf der Südseite eine im Grundriss leicht gefaltete Fassade. Die Außenwände bestehen zum größten Teil aus Holzkonstruktion mit vorgesetzter Unterkonstruktion für PV-Module oder Plattenverkleidung. Das Kaldach nimmt große Teile der Photovoltaikanlage auf und ist aus einer Sparrenkonstruktion aus Holz erstellt. Die darunterliegende Stahlbetondecke ist mit einer 44 cm dicken Wärmedämmung versehen. 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung der Fenster mit U-Werten zwischen 0,72 - 0,80 W/m²K.



Regelgeschoss Wohnungstypen



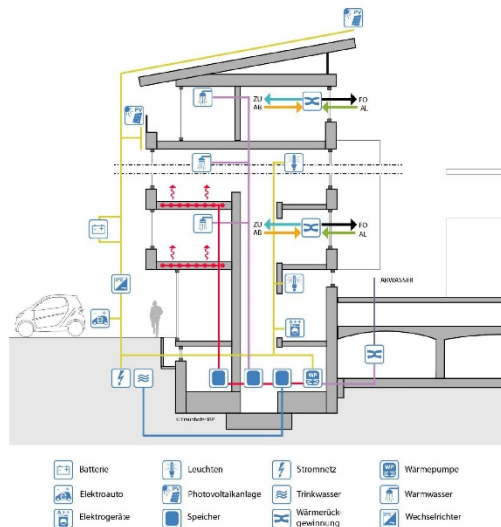
ANLAGENTECHNIK

HEIZUNGSANLAGE
Wasser/Wasser-Wärmepumpe (Heizleistung 120 kW) gekoppelt mit 3 großen thermischen Pufferspeichern (3 x 5 m³) zur Erwärmung des Heiz- und Trinkwassers. Damit kann der Wärmepumpenbetrieb vom Wärmebedarf zeitlich entkoppelt und in die Tagesstunden verschoben werden. Als Wärmequelle dient dabei das Abwasser eines benachbarten Schmutzwasserkanals. Getrennte Verteilnetze auf verschiedenem Temperaturniveau für Heizung und Warmwasser. Die Wärmeübertragung in den Wohnungen erfolgt über Fußbodenheizungen.

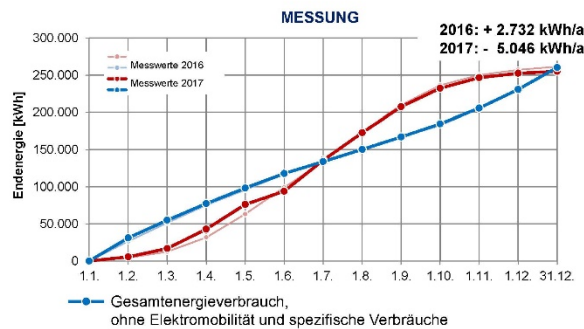
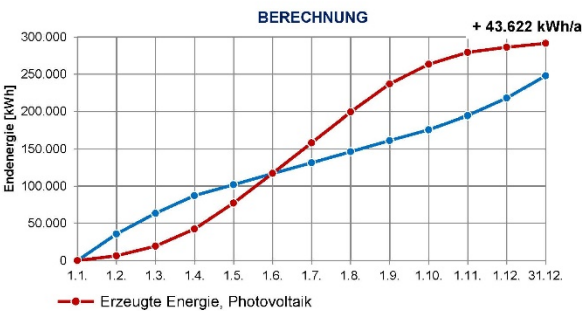
LÜFTUNGSANLAGE
Dezentrale Lüftungsanlage zur Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung

PV-ANLAGE
Auf-Dach Photovoltaik-Anlage (1200 m²; Nennleistung 250 kW_p)
Fassadenintegrierte Photovoltaik-Anlage (725 m²; Nennleistung 120 kW_p)

BATTERIE
Lithium-Eisen-Phosphat-Batterie, Speicherkapazität 250 kWh



ENDENERGIE



FÖRDERER



www.bmi.bund.de



PROJEKTTEAM

ARCHITEKT
HHS Planer + Architekten AG
Kassel
www.hhs.ag

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG
EGS-plan, Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH, Stuttgart
www.stz-egs.de

MONITORING
Steinbeis Transferzentrum (Energie-, Gebäude- und Solartechnik), Stuttgart
www.stz-egs.de

BEGLEITFORSCHUNG



www.ibp.fraunhofer.de/en





Effizienzhaus Plus

»Riedberg« Frankfurt



STECKBRIEF NR. 22

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	8.517 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,31 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	2.407 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	24.524 kWh/a
Kostengruppe KG 300	(nicht dokumentiert)	Kostengruppe KG 400	(nicht dokumentiert)

ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,27 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	18,87 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	2,03 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	5,27 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-10,19 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-31,09 kWh/m ² a

GEBÄUDE

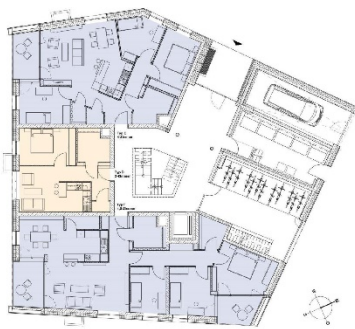
Kompakter Baukörper mit Erschließungskern und tageslichtoptimierten Grundrissen. Jede der 17 Wohnungen verfügt über eine Loggia und wurde entworfen unter der Anforderung einer effektiven natürlichen Lüftung entwickelt.

Minimierung der Transmissionswärmeverluste durch geringe U-Werte (Gebäudehülle) sowie eine warmbrückenreduzierte Konstruktion.

Außenwand aus 24 cm starkem Stahlbeton, einer 26 cm starken Dämmschicht auf der Außenseite und einer hinterlüfteten Fassadenbekleidung (partiell mit Photovoltaikelementen).

Pultdach mit 10° Neigung und 30 cm dicken Dämmschicht, dient auch der Aufnahme einer PV-Anlage.

Fenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung (U-Wert 0,80 W/m²K) können mit Jalousien individuell verschattet werden.



Erdgeschoss



Regelgeschoss

ANLAGENTECHNIK



HEIZUNGSANLAGE

Die Wärme wird durch eine Sole/Wasser-Wärmepumpe erzeugt. Diese versorgt über zwei Temperaturniveaus zu einem das Fußbodenheizungssystem, sowie das Nachheizregister der Lüftungsanlage und zum anderen die Warmwasserbereitung in den Wohnungen mittels Frischwasserstationen. Die Energiequellen für die Wärmepumpe bilden ein unterirdischer Eisspeicher mit 98.000 Liter Wasservolumen und 11 Solar-/Umgebungsluft-Absorber (Entzugsleistung ca. 480W/m²K bei einer Rohrlänge von 600 m je Kollektor). Die Fußbodenheizung kann im Sommer in Verbindung mit dem Eisspeicher auch zu Kühlzwecken verwendet werden.



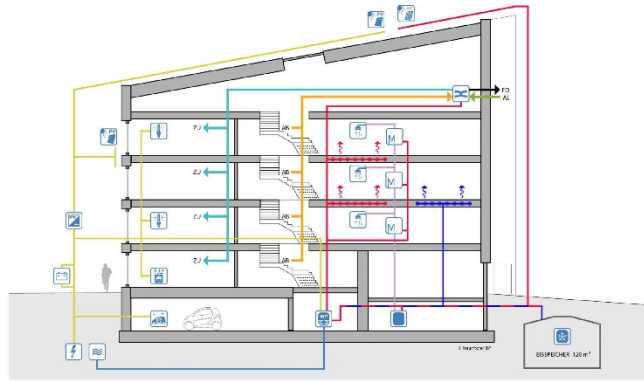
LÜFTUNGSANLAGE

Zentrale Lüftungsanlage zur Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung



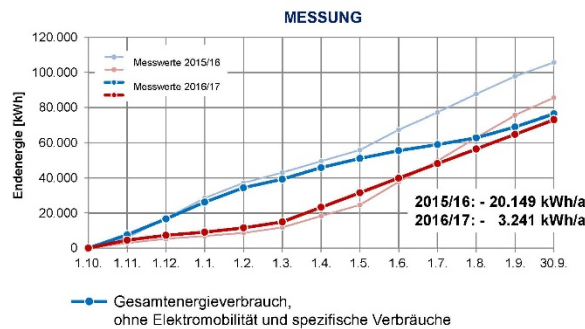
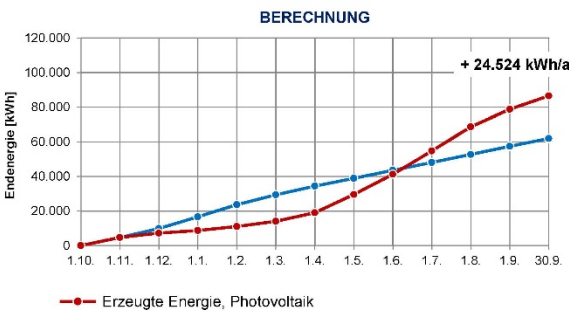
PV-ANLAGE

Auf-Dach Photovoltaik-Anlage (426 m²; Nennleistung 80 kW_p) und fassadenintegrierte Photovoltaikmodule in der Südfassade (127 m²; Nennleistung 15,16 kW_p)



- Batterie
- Elektrogeräte
- Lüftung Wärmerückgewinnung
- Solarabsorber
- Stromnetz
- Warmwasser
- Wärmespeicher
- Elektronauto
- Leuchten
- Photovoltaikanlage
- Speicher
- Trinkwasser
- Wärmepumpe
- Wechselrichter

ENDENERGIE



FÖRDERER



Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat



www.forschungsinitiative.de

PROJEKTTEAM

ARCHITEKT

HHS Planer + Architekten AG
Kassel
www.hhs.ag

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG

EGS-plan, Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH, Stuttgart
www.stz-egs.de

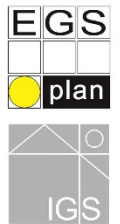
MONITORING

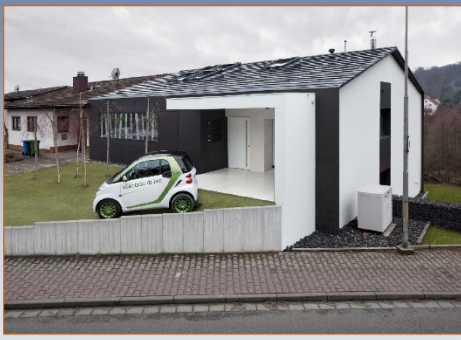
TU Braunschweig, Institut für Gebäude- und Solartechnik - IGS
www.tu-braunschweig.de/igs

BEGLEITFORSCHUNG



www.ibp.fraunhofer.de/en





Effizienzhaus Plus

»energy+Home« Darmstadt



STECKBRIEF NR. 23

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	916 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,65 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	293 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	1.930 kWh/a
Sanierungskosten	1.760 €/m ²	Mehrkosten EHplus-Standard	ca. 47.000 €

ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,30 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	33,91 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	18,59 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	26,90 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-6,60 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-23,87 kWh/m ² a

GEBÄUDE

Mit dem Reihenhendhaus aus den 70er Jahren wurde die Sanierung eines Wohnhauses zu einem Effizienzhaus-Plus mit Elektromobilität realisiert.

Der Entwurf zielt durch die zur Ost- und Westseite differenzierte Fassadenausbildung und durch die neue Flexibilität des Gebäudes auf verbesserte Tageslichtverhältnisse in den Innenräumen ab.

Außenwände, Kellergrundfläche sowie Dach erhielten Dämmschichten mit Dicken zwischen 100 und 280 mm. In unzugänglichen Bereichen z. B. zur Nachbarbebauung hin, wurde eine Innendämmung mit Hochleistungsdämmstoffen ausgeführt.

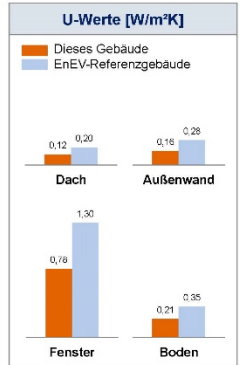
Verdoppelung der Fensterflächen, Ausführung mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung. Neue Dachfenster bringen das Zenitlicht bis in das in den Hang gebaute Untergeschoss. Im Obergeschoss wurde der mittlere Tageslichtquotient von vorher ca. 1,2 auf über 6 gesteigert.



Erdgeschoss



Untergeschoss

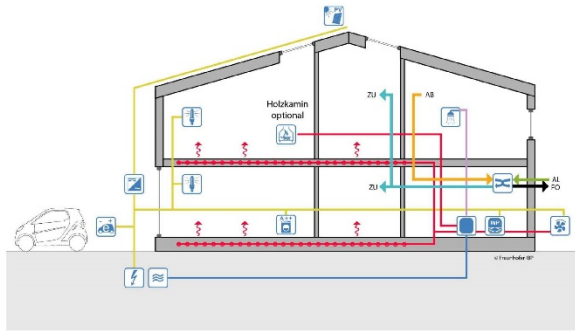


ANLAGENTECHNIK

HEIZUNGSANLAGE
Luft/Wasser-Wärmepumpe, die die entzogene Umweltwärme an einen Kombispeicher weiter gibt. Verteilung der Heizwärme durch Niedertemperatur-Flächenheizung im Fußboden.
Ergänzend Holzkaminofen mit Warmwasserwärmetauscher zur Sicherung der vollständigen Wärmeversorgung in kalten Winterperioden eingeplant. Wärme des Ofens soll über Wärmetauscher direkt zur Warmwassererzeugung und zur Ladung des Kombispeichers genutzt werden.

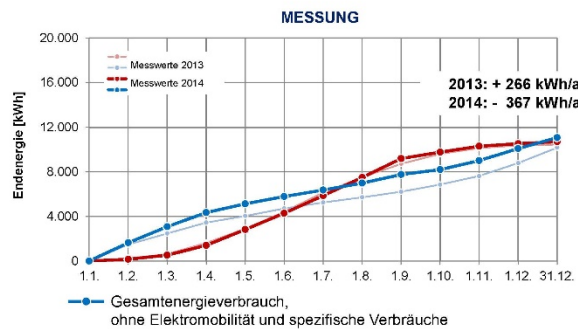
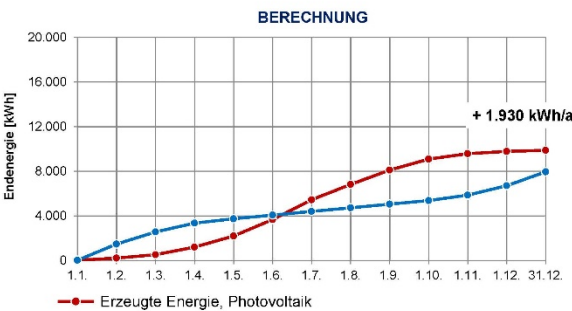
LÜFTUNGSANLAGE
Zentrale Lüftungsanlage zur Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung

PV-ANLAGE
Monokristalline In-Dach Photovoltaik-Anlage (95,6 m², Nennleistung 12,6 kW_p)



- Außeneinheit
- Leuchten
- Speicher
- Warmwasser
- Elektroauto
- Lüftung Wärmerückgewinnung
- Stromnetz
- Wärmepumpe
- Elektrogeräte
- Photovoltaikanlage
- Trinkwasser
- Wechselrichter

ENDENERGIE



FÖRDERER



www.bmi.bund.de



PROJEKTTEAM

ARCHITEKT
Tichelmann & Barillas
Ingenieurgesellschaft mbH, Darmstadt
www.tsb-ing.de

Lang + Volkwein
Architekten und Ingenieure, Darmstadt
www.lang-volkwein.de

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG
Tichelmann & Barillas
Ingenieurgesellschaft mbH, Darmstadt
www.tsb-ing.de

Versuchsanstalt für Holz und Trockenbau,
Darmstadt
www.vht-darmstadt.de

MONITORING
TU Darmstadt, Fachbereich Architektur, Fachgebiet Tragwerksentwicklung und Bauphysik
www.twe.architektur.tu-darmstadt.de

Versuchsanstalt für Holz und Trockenbau,
Darmstadt
www.vht-darmstadt.de

BEGLEITFORSCHUNG

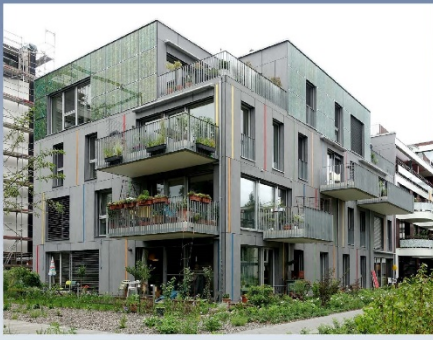


www.ibp.fraunhofer.de/en



INSTITUT FÜR TROCKEN- UND LICHTBAU





Effizienzhaus Plus*

* objektspezifische Definitionsanpassung durch Fördergeber

»Licht + Luft« Tübingen



STECKBRIEF NR. 24

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	3.838 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,38 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	1.228 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	17.648 kWh/a*
Kostengruppe KG 300	1.437.450 €	Kostengruppe KG 400	699.605 €

* ohne Berücksichtigung des Fernwärmebedarfs

ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,25 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	15,27 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	35,78 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	0,00 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	21,41 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-40,32 kWh/m ² a

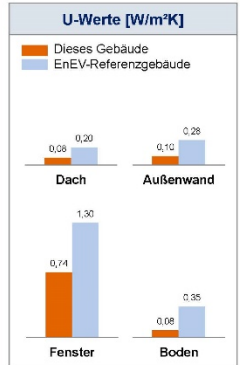
GEBÄUDE

Das klar gegliederte Gebäude der Baugemeinschaft befindet sich in einer gut besonnten Lage auf dem Gelände der „alten Weberer“.

Die Außenwände des Mehrfamilienhauses werden als hochwärmegedämmte Holz-Gefach-Konstruktion ausgeführt. An den Südost- und Südwestseiten des Dachgeschosses bilden hinterlüftete PV-Elemente den Wetterschutz. Die Nordwestseite wird als Lochfassade ausgebildet.

Die Holzfenster sind mit einer 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung ausgebildet.

Das Dach ist als Flachdach ausgebildet, auf dem Photovoltaikmodule als Auf-Dach-Konstruktion angeordnet sind.



Erdgeschoss



Dachgeschoss

ANLAGENTECHNIK



HEIZUNGSANLAGE

Die Wärmeversorgung für Heizung und Warmwasser erfolgt über die Fernwärmeleitung der Stadtwerke Tübingen. Für das Baugebiet besteht Anschlusszwang an das Fernwärmenetz. Die Wohnräume werden über eine Fußbodenheizung mit Wärme versorgt.



LÜFTUNGSANLAGE

Zentrale Lüftungsanlage zur Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung (WRG ca. 80 %)



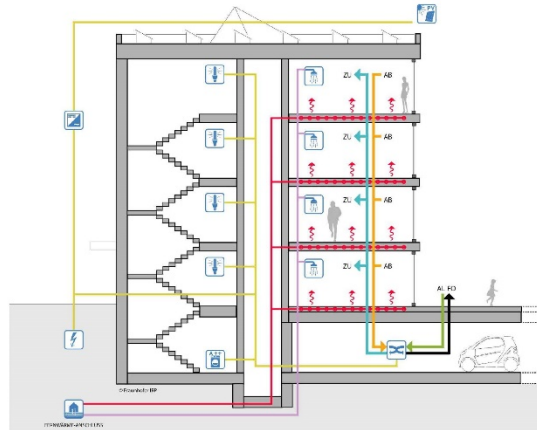
PV-ANLAGE

Auf-Dach Photovoltaik-Anlage und fassadenintegrierte Module (341 m²; Nennleistung 36 kW_p)



BATTERIE

Lithium-Eisen-Phosphat Batterie (Speicherkapazität 40 kWh)

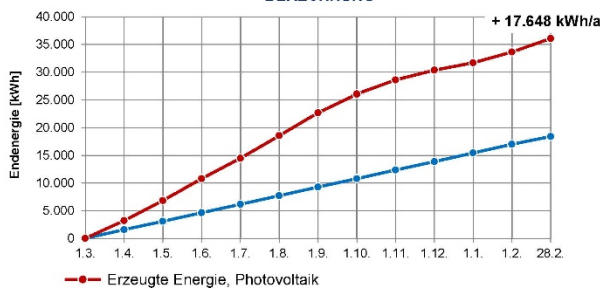


- Elektrogeräte
- Lüftung Wärmerückgewinnung
- Stromnetz
- Wechselrichter
- Leuchten
- Photovoltaikanlage
- Warmwasser

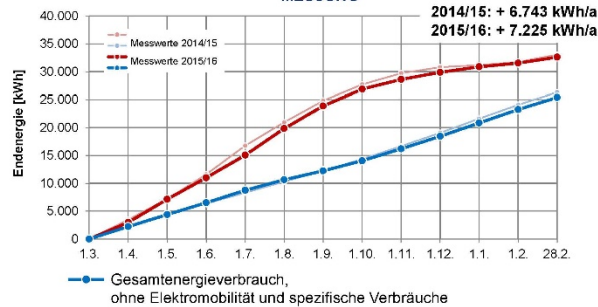
ENDENERGIE – STROM*

* ohne Berücksichtigung des Fernwärmebedarfs

BERECHNUNG



MESSUNG



Hochschule für Technik Stuttgart



FÖRDERER



Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat



www.forschungsinitiative.de

PROJEKTTEAM

ARCHITEKT

Wamslar Architekten
Martin Wamslar, Markdorf
www.wamslar-architekten.de

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG

TRANSPLAN Technik-Bauplanung GmbH
Stuttgart
www.transplan-technik.de
Ingenieurbüro Fischer
Tübingen

MONITORING

Hochschule für Technik
Stuttgart
www.hft-stuttgart.de

BEGLEITFORSCHUNG



www.ibp.fraunhofer.de/ger





Effizienzhaus Plus

Geisenheim



STECKBRIEF NR. 25

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	1.244 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,71 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	331 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	4.816 kWh/a
Kostengruppe KG 300	k. A.	Kostengruppe KG 400	k. A.

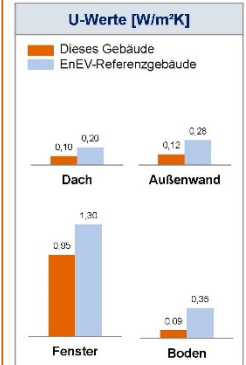
ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,21 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	31,94 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	6,20 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	16,20 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-14,00 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-44,30 kWh/m ² a

GEBÄUDE

Der Entwurf sieht einen zweigeschossigen Riegel vor, der sich nach Westen mit einer gefalteten Glasfassade öffnet. Ein großer Dachüberstand und ein Laubengang im Obergeschoss sollen eine Überhitzung des Gebäudes im Sommer verhindern. Im Erdgeschoss befinden sich zwei Schülerwohnungen und ein „Raum der Stille“, im Obergeschoss sind neben zwei Schülerwohnungen ein Besprechungsraum angeordnet.

Die Außenwände sind in Holzständerbauweise mit einer Dämmschichtstärke von 32 cm ausgeführt. Die hoch energieeffizienten Holzfenster mit einer Dreischeibenverglasung sind an der Ostfassade in einer Lochfassade ausgeführt und an der Westseite in einer Glasfassade integriert.

Das Flachdach wurde mit einer 45,5 cm dicken Zellulose Einblasdämmung zwischen Doppelstegträgern ausgeführt. Gleichzeitig nimmt das Dach die Unterkonstruktion für die PV-Anlage auf.



Grundriss Erdgeschoss



Grundriss Obergeschoss

ANLAGENTECHNIK



HEIZUNGSANLAGE

Solar unterstützte Luft-/Wasserwärmepumpe (Heizleistung 6,7 kW) mit Hybridkolektoren an Südfassade (ca. 22 m²). Bei Sonneneinstrahlung Leitung der Wärme in Pufferspeicher zur Versorgung der Heizkörper, Fußbodenheizung und Bereitung des Trinkwarmwassers. Bei höherem Energiebedarf als im Pufferspeicher vorrätig, Zuschaltung der Wärmepumpe. Bei geringer Sonneneinstrahlung Umleitung der gewonnenen Energie aus Hybridkolektoren in Eisspeicher. Bereitung des Trinkwarmwassers über Frischwasserstationen in jeder Wohnung.



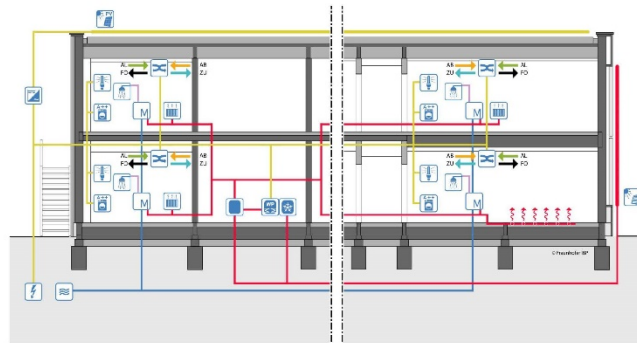
LÜFTUNGSANLAGE

Die Lüftung des Gebäudes ist dezentral geregelt, jede Wohnung verfügt über eine eigenes Lüftungsmodul mit Wärmerückgewinnung.



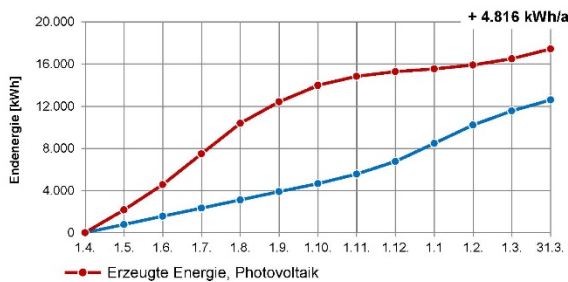
PV-ANLAGE

Photovoltaikanlage mit 63 Solarmodulen aus polykristallinen Solarzellen (104 m²; Nennleistung 18,9 kWp).

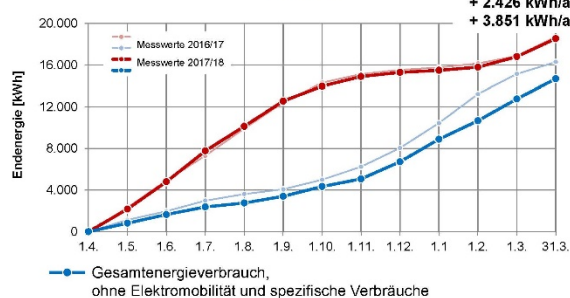


ENDENERGIE

BERECHNUNG



MESSUNG



FÖRDERER



Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat



www.forschungsinitiative.de

www.bmi.bund.de

PROJEKTTEAM

ARCHITEKT

Drexler Guinand Jusulin Architekten GmbH, Frankfurt am Main
dgi.eu

BAUHERR

Hessisches Baumanagement, Frankfurt
hbm.hessen.de

MONITORING

ina - Planungsgesellschaft mbH
Isabell Passig, Darmstadt
www.ina-darmstadt.de
Ein Spin-off der
Technischen Universität Darmstadt,
Fachbereich Architektur
FG Entwerfen und Energieeffizientes Bauen

BEGLEITFORSCHUNG



www.ibp.fraunhofer.de/en

IBP





Effizienzhaus Plus

Deggendorf



STECKBRIEF NR. 26

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	643 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,73 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	206 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	1.807 kWh/a
Kostengruppe KG 300	179.000 €	Kostengruppe KG 400	99.000 €

ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,20 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	31,97 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	5,21 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	13,53 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-8,78 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-28,50 kWh/m ² a

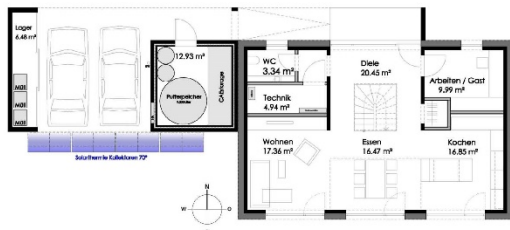
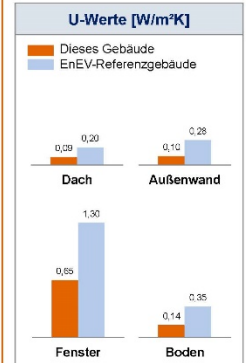
GEBÄUDE

Das Haus zeichnet sich durch eine kompakte Kubatur und ein auf das Nötigste reduziertes Raumprogramm aus. Es ergibt sich ein zweigeschossiger quaderförmiger Baukörper mit Satteldach. Die Außenwände sind aus Betonfertigteilen erstellt und mit einem 30 cm dicken hocheffizienten Wärmedämmverbundsystem versehen.

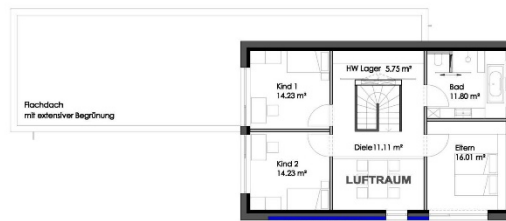
Die Bodenplatte liegt auf einer 16 cm hohen Perimeterdämmung auf. Oberseitig ist sie zusätzlich mit einer Wärmedämmung sowie einem schwimmenden Estrich auf Trittschalldämmung versehen.

Die Fenster sind als Kunststofffenster mit einer 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung ausgebildet.

Das Dach ist als Kalt-Dach zur Aufnahme der Photovoltaikanlage konstruiert, die oberste Geschossdecke erhält eine 26 cm dicke Wärmedämmschicht.



Erdgeschoss



Obergeschoss

ANLAGENTECHNIK



HEIZUNGSANLAGE

Solarthermische Anlage mit dachintegrierten (12 m², 33° Neigung), fassadenintegrierten (15 m², 90° Neigung) sowie an die Rückseite des Carports angestellten (22 m², 70° Neigung) Kollektoren und einem saisonalen Pufferspeicher (9.200 l). Zwei elektrische Ladesysteme mit einer Leistung von zusammen 9 kW sind im oberen Bereich des Speichers zur Abdeckung der Spitzenlast integriert. Die Verteilung der Wärme im Gebäude erfolgt über eine Niedertemperatur-Fußbodenheizung.



LÜFTUNGSANLAGE

Zentrale Lüftungsanlage zur Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung (WRG ca. 82 %)



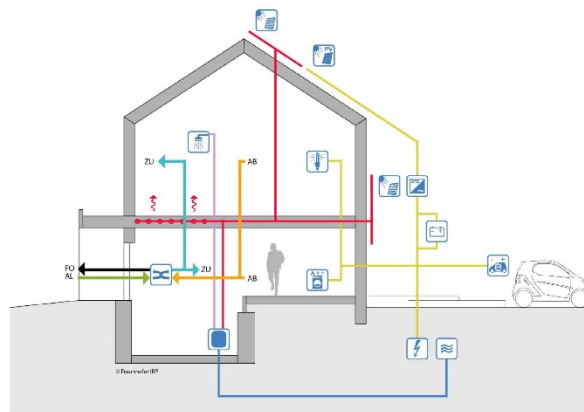
PV-ANLAGE

Dach: monokristalline Photovoltaik-Module (39 m²; Nennleistung 7,8 kW_p)



BATTERIE

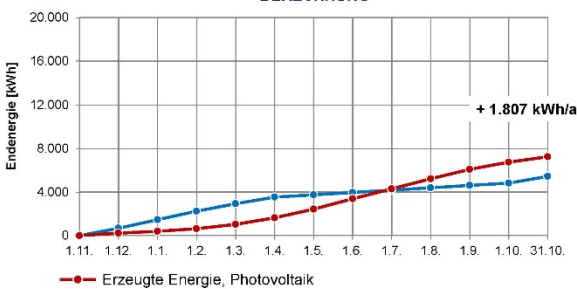
Lithium-Eisen-Phosphat-Batterie, Speicherkapazität 8 kWh



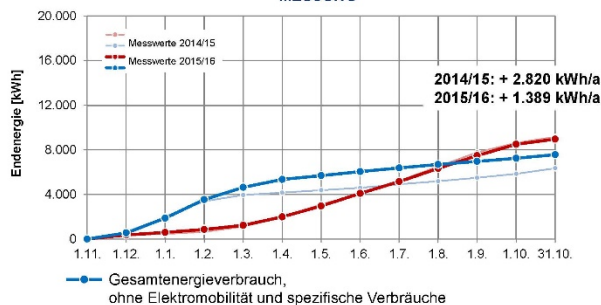
- Batterie
- Leuchten
- Solarthermieanlage
- Trinkwasser
- Elektroauto
- Lüftung Wärmerückgewinnung
- Speicher
- Warmwasser
- Elektrogarage
- Photovoltaikanlage
- Stromnetz
- Wechselrichter

ENDENERGIE

BERECHNUNG



MESSUNG



FÖRDERER



Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat



www.forschungsinitiative.de

PROJEKTTEAM

ARCHITEKT

DII Projektplanung-Architektur
Peter Kerpner, Passau
www.dii-architektur.com

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG

Bau- und Messtechnisches Büro
Martin Edenhofner, Freyung
www.edenhofner.org

Technische Planung Nigel + Mader GmbH,
Rohrbach
nigel-mader.com

MONITORING

Ostbayerische Technische Hochschule
Regensburg
www.oth-regensburg.de

BEGLEITFORSCHUNG



IBP



www.ibp.fraunhofer.de/er

www.bmi.bund.de



Effizienzhaus Plus

»LaVidaVerde« Berlin



STECKBRIEF NR. 27

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	6.660 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,32 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	1.746 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	4.390 kWh/a
Kostengruppe KG 300	1.644.000 €	Kostengruppe KG 400	564.000 €

ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,40 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	33,13 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	13,02 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	18,82 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-3,74 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-31,27 kWh/m ² a

GEBÄUDE

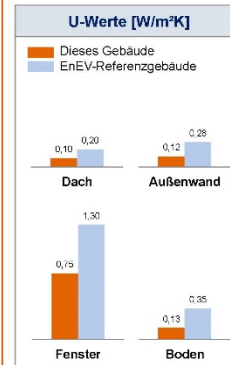
Das Gebäude schließt eine Baulücke in der Sophienstrasse. Es wurde von einer Bauherrngemeinschaft errichtet und ist sowohl aus ökologischer als auch aus sozialer Sicht zukunftsweisend.

Das Gebäude ist als hochgedämmter Massivbau realisiert. Die Außenwände sind aus porositäten Ziegeln mit mineralischem Wärmedämmverbundsystem und Kalkinnenputz ausgeführt.

Die Laubengang-Kragplatten aus Stahlbeton sind thermisch getrennt von den Geschosdecke eingebaut. Die Gründung erfolgte mit Streifenfundamenten und einer wasserdichten Grundplatte.

Die Holzfenster besitzen eine 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung.

Der Baukörper ist als einfacher Kubus mit einem pulfförmigen, südorientierten Photovoltaik-Dach ausgebildet und hat einen Dachüberstand.

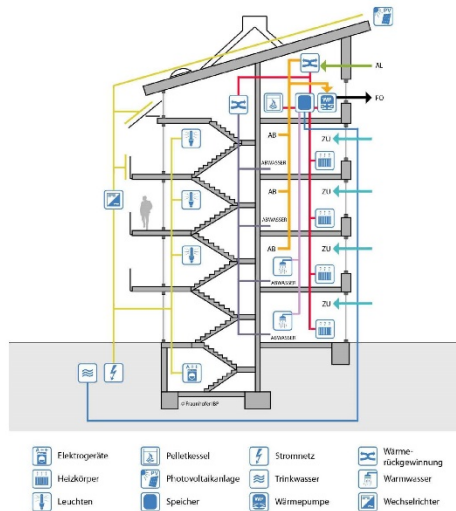


ANLAGENTECHNIK

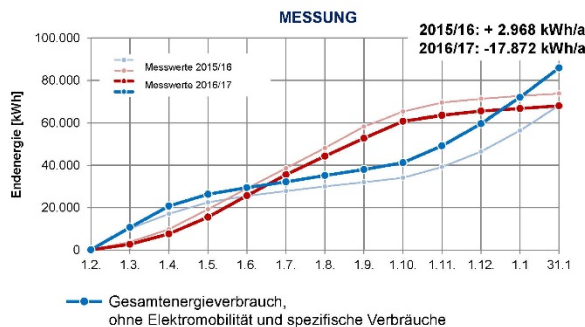
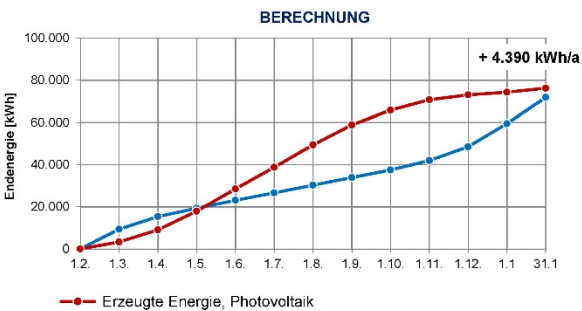
WP **HEIZUNGSANLAGE**
Luft/Wasser-Wärmepumpe (Heizleistung 6,7 kW) zur Wärmeentnahme aus der zentralen Abluftanlage des Hauses. Als Back-up System zur Sicherung der Restdeckung steht eine Holz-Pellet-Heizung (Heizleistung 20 kW) zur Verfügung. Aus dem Abwasser wird zusätzlich mit Hilfe eines Abwasser-Sole-Wärmetauschers und der Wärmepumpe darin enthaltene Wärme zurückgewonnen. Alle Energien werden einem zentraler Wärmespeicher zugeführt. Die Wärmeübertragung an die Räume erfolgt über Konvektoren.

LÜFTUNGSANLAGE
Zentrale Abluftanlage mit Außenluftnachströmung über Zuluflurelemente in den Fensterrahmen

PV-ANLAGE
Solarstrom-Gewinnung über die gesamte Dachfläche, die Überdachung des obersten Laubgangs, Teile der Laubgangbrüstungen und Teile der Südfassade (452 m²; Nennleistung 78,1 kW_p)



ENDENERGIE



FÖRDERER

Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat

FORSCHUNGSINITIATIVE
ZukunftBAU
www.forschungsinitiative.de

PROJEKTTEAM

ARCHITEKT
LaVidaVerde Planung - Dr. Beetzin + Körholz, Berlin
lavidaverde.de

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG
Dr. Beetzin + Körholz, Berlin, www.koerholz.de
Ingenieurbüro Willmann GmbH, Brandenburg, www.willmann.de
Lufttechnik Schmeißer GmbH, Berlin, www.lufttechnik-schmeisser.de
Azimut - Ingenieurbüro für rationale Energieelektronik GmbH, Berlin
www.azimut.de

MONITORING
Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Berlin
www.htw-berlin.de

BEGLEITFORSCHUNG

Fraunhofer
IBP
www.ibp.fraunhofer.de/en



htw
Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin
University of Applied Sciences

Azimut Ingenieurbüro für rationale Energieelektronik
Berliner Partner Unternehmen



IBW
INGENIEURBÜRO WILLMANN GmbH





Effizienzhaus Plus

Bischofswiesen



STECKBRIEF NR. 28

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	2.565 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,43 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	821 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	10.885 kWh/a
Kostengruppe KG 300	714.000 €	Kostengruppe KG 400	325.850 €

ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,20 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	21,82 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	3,14 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	8,18 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-13,26 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-40,48 kWh/m ² a

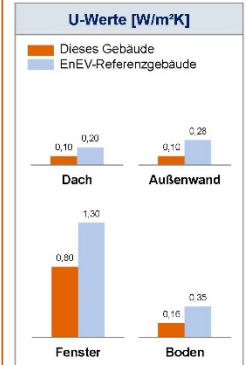
GEBÄUDE

Das Gebäude in alpiner Region, wurde in ortstypischer, landschaftskonformer Architektur als Mehrfamilienhaus realisiert. Besondere Aufmerksamkeit beim Entwurf wurde auf den Einfluss der umgebenden Bergwelt (2.600 bis 2.700 m Höhe) gelegt.

Die Außenwände sind in Holzständerbauweise ausgeführt und mit einer Dämmung zwischen den Holzständern (200 mm) und einem zusätzlichen außenliegenden Wärmedämmverbundsystem (120 mm) versehen.

Die Fenster sind als Holzfenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung ausgeführt.

Das Dach hat eine Dachneigung von 21° und wird mit einem Auf-Sparren-Dämmsystem (280 mm) ausgeführt. Gleichzeitig nimmt das Dach die Unterkonstruktion für die PV-Anlage auf.



Erdgeschoss



Obergeschoss



Dachgeschoss

ANLAGENTECHNIK



HEIZUNGSANLAGE

Grundwasser-Wärmepumpe in Verbindung mit einem Puffer- (5000 l) und einem Trinkwasserspeicher (440 l). Aus dem Pufferspeicher werden Fußbodenheizungen in den Wohnungen im EG und OG sowie die Radiatoren in den Ferienwohnungen im EG und OG gespeist.



LÜFTUNGSANLAGE

Dezentrale Lüftungsanlagen zur Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung



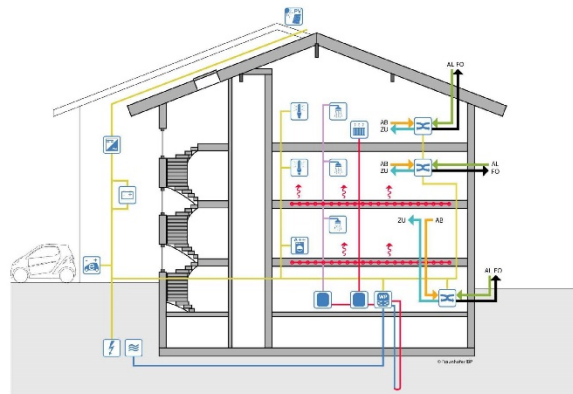
PV-ANLAGE

Auf-Dach Photovoltaik-Anlage (270,4 m²; Nennleistung 41,6 kW_p)



BATTERIE

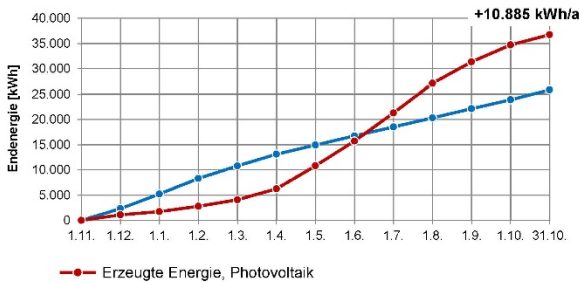
Blei-Gel-Batterien



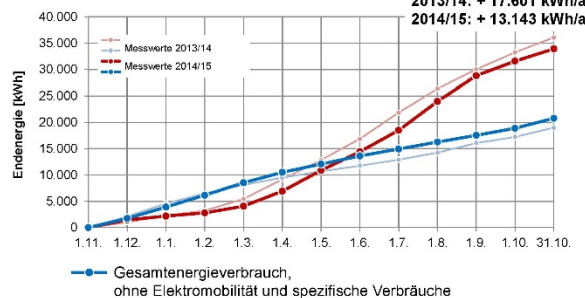
- Batterie
- Elektroauto
- Elektragesitz
- Küchengeräte
- Leuchten
- Lüftung/Wärmerückgewinnung
- Kesselraum
- Speicher
- Photovoltaikanlage
- Speicher
- Stromnetz
- Trinkwasser
- Warmwasser
- Wärmepumpe
- Wärmerückfühler

ENDENERGIE

BERECHNUNG



MESSUNG



FÖRDERER



Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat



www.forschungsinitiative.de

PROJEKTTEAM

ARCHITEKT

Stadtbaumeister, Architekturbüro Hans Angerer, Hallein, Österreich
www.bauherrn-zentrum.at

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG

Hans Angerer Immobilienkonzepte GmbH
Ingenieurbüro, Bischofswiesen
www.bauherrn-zentrum.de

MONITORING

HTWK Leipzig, Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur, Institut für Hochbau, Baukonstruktion, Bauphysik
ibbb.hawk-leipzig.de

Fa Koller - Heizung, Sanitär, Bischofswiesen
www.koller-bischofswiesen.de

Fa Lambda - Elektrotechnik, Bischofswiesen
www.lambdas-gmbh.de

BEGLEITFORSCHUNG



www.ibp.fraunhofer.de/en





Effizienzhaus Plus

Buchen-Hollerbach



STECKBRIEF NR. 29

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	937 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,70 m ¹
Gebäudenutzfläche	300 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	1.463 kWh/a
Kostengruppe KG 300	392.000 €	Kostengruppe KG 400	111.000 €

ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,23 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	21,14 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	8,30 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	21,60 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-4,90 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-19,70 kWh/m ² a

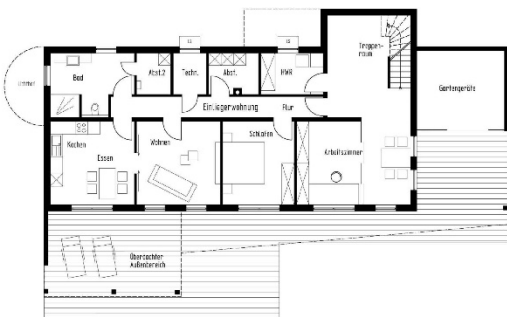
GEBÄUDE

Das Wohnhaus (mit Einliegerwohnung) verfügt über eine moderne Architektur, die sich in die Umgebung integriert und wurde an einer unverbaubaren Südhanglage realisiert.

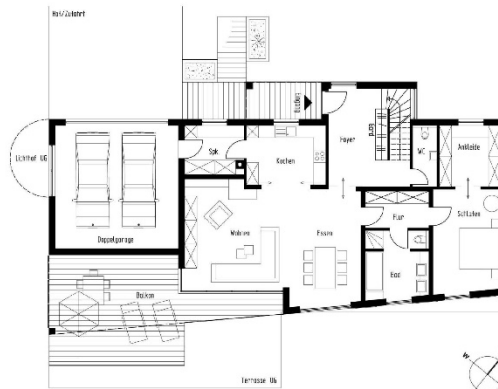
Die massiven Außenwände des Gebäudes wurden mit Hochlochziegelmauerwerk in einer Wandstärke von 24 cm ausgeführt und sind außenseitig mit einem 20 cm dicken Wärmedämmverbundsystem versehen.

Die Fenster wurden als Kunststoffenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung eingebaut.

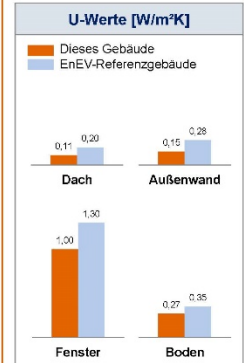
Die als Flachdach ausgebildete oberste Geschossdecke dient der Aufnahme der Photovoltaikanlage und wurde mit einer im Mittel 30 cm dicken Gefälledämmung und einer Kunststoffdichtbahn versehen.



Untergeschoss



Erdgeschoss

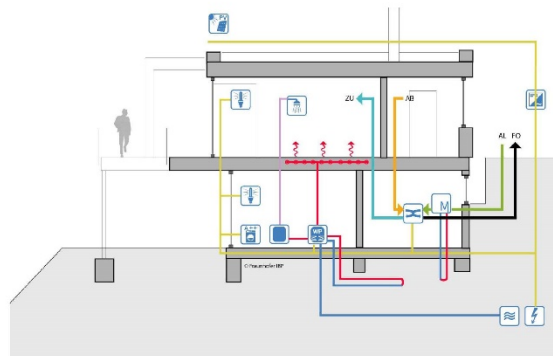


ANLAGENTECHNIK

WP HEIZUNGSANLAGE
Sole/Wasser-Wärmepumpe (Heizleistung 10 kW) die einen Heizungs-Pufferspeicher (390 l) und einen Warmwasserspeicher versorgt. Die Verteilung der Wärme erfolgt durch ein Niedertemperatur-Flächenheizsystem im Fußbodenaufbau

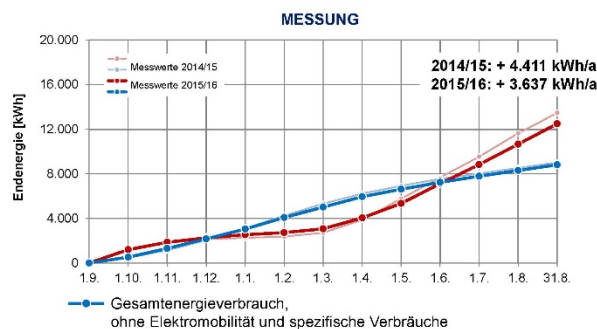
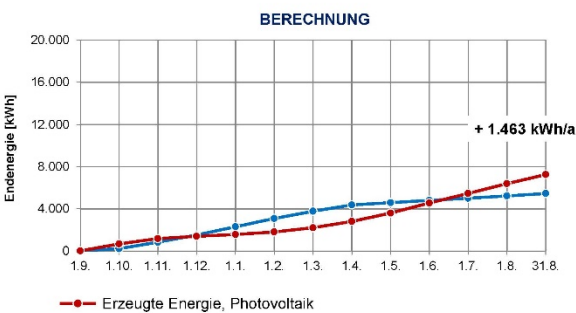
LÜFTUNGSANLAGE
Zentrale Lüftungsanlage zur Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung

PV-ANLAGE
Auf-Dach Photovoltaik-Anlage (103,5 m²; Nennleistung 12,4 kW_p)



- Elektrogeräte
- Leuchten
- Lüftung/Wärmerückgewinnung
- Photovoltaikanlage
- Speicher
- Stromnetz
- Trinkwasser
- Warmwasser
- Wärmepumpe
- Wärmeübertrager
- Wechselschalter

ENDENERGIE



FÖRDERER



Bundesministerium
des Innern, für Bau
und Heimat

FORSCHUNGSINITIATIVE
ZukunftBAU

www.forschungsinitiative.de

PROJEKTTEAM

ARCHITEKT

Büro für Architektur
Nico Hofmann, Buchen-Eberstadt
www.bueroeuerarchitektur.de

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG

Windmüller GmbH Haustechnik
Schwübisch Hall
www.badundheizung.de/windmueller

MONITORING

Fachhochschule Münster
münster school of architecture,
Prof. Dipl. Arch. ETH Hans Drexler
www.fh-muenster.de/fb/index.php

BEGLEITFORSCHUNG



IBP



www.ibp.fraunhofer.de/enr

www.bmi.bund.de



Effizienzhaus Plus

Crumstadt



STECKBRIEF NR. 30

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	618 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,66 m ¹
Gebäudenutzfläche	183 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	2.486 kWh/a
Kostengruppe KG 300	300.000 €	Kostengruppe KG 400	120.000 €

ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,17 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	37,30 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	7,04 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	12,67 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-9,56 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-36,970 kWh/m ² a

GEBÄUDE

Das in Holzständerbauweise errichtete Gebäude wurde mit einer hocheffizienten thermischen Hülle versehen und verfügt über eine kompakte Bauform.

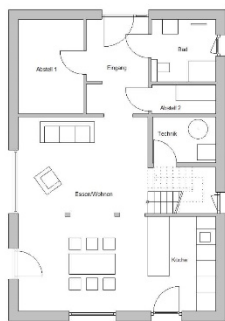
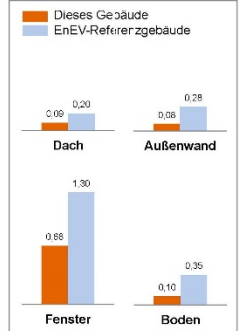
Die Außenwände sind mit einer Dämmschichtstärke von 350 mm ausgeführt. Zusätzlich wurde in der Installationsebene ein 100 mm dicker mineralischer Dämmstoff angeordnet.

Die Kunststoffenster sind als Passivhausfenster mit einer Dreifachverglasung ausgeführt.

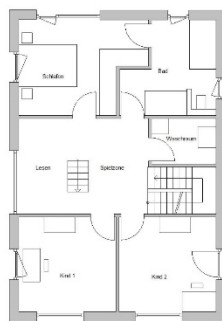
Das mit Photovoltaik- und Solarthermie-Modulen belegte 15° geneigte Pultdach ist nach Süden ausgerichtet. Es wurde mit einem Zwischensparrendämmsystem mit einer Stärke von 300 mm ausgeführt.

Die aufgeständerte Bodenplatte wurde in Holzbauweise errichtet, wobei zwischen den Holzträgern eine Dämmschicht mit einer Stärke von 280 mm eingebaut wurde. Auf der Bodenplatte ist ein schwimmender Estrich mit einer Dämmschichtstärke von 100 mm angeordnet.

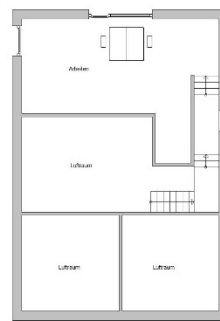
U-Werte [W/m²K]



Grundriss Erdgeschoss



Grundriss Obergeschoss



Grundriss Dachgeschoss

ANLAGENTECHNIK



HEIZUNGSANLAGE

Sole-Wasserwärmepumpe (Wärmeleistung 5,8 kW_{B0/W45}) in Kombination mit thermischer Solaranlage (4 Kollektoren mit je 1,97 m² Absorberfläche) und Pufferspeicher. Vorrangige Beheizung durch Erwärmung der Zuluft über Wärmeübertrager in Verbindung mit Pufferspeicher. Ergänzende Wärmeübergabe über Fußbodenheizung und Radiatoren, die über den Pufferspeicher versorgt werden.



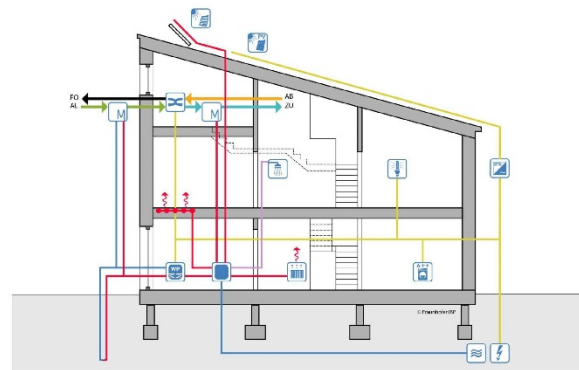
LÜFTUNGSANLAGE

Zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Leitung der Außenluft vor Eintritt ins Lüftungsgerät über Wärmeübertrager und Erdsonde zur Enteisung im Winter und Vorkühlung im Sommer.



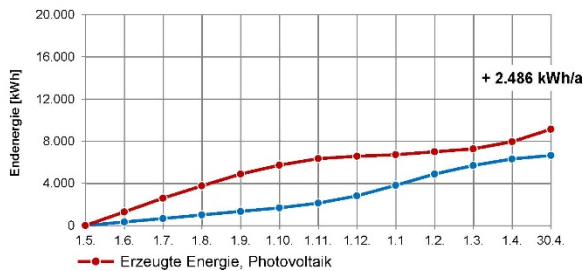
PV-ANLAGE

Photovoltaikanlage mit 48 Solarmodulen aus polykristallinen Solarzellen (80,5 m²; Nennleistung 11,5 kWp).

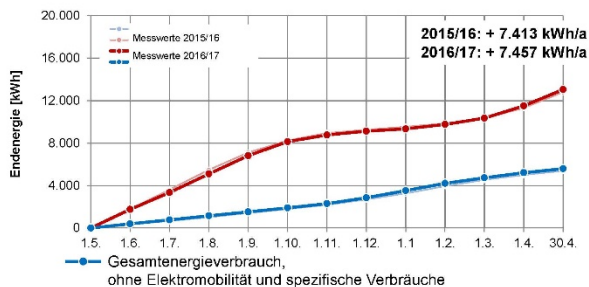


ENDENERGIE

BERECHNUNG



MESSUNG



FÖRDERER



Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat



www.forschungsinitiative.de

PROJEKTTEAM

ARCHITEKT

Arch+E Gesellschaft von Architekten mbH, Bad Vilbel
archplusa.de

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG

Ingenieurbüro Kunkel, Zwickau
ibkunkel.de
Christmann Automation, Hanfeld-Neuhütten
christmann-automation.com

MONITORING

HTWK Leipzig, Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur, Institut für Hochbau, Baukonstruktion, Bauphysik
ibbb.hawk-leipzig.de

BEGLEITFORSCHUNG



www.ibp.fraunhofer.de/ger





Effizienzhaus Plus

»Cordierstr. 4« Frankfurt



STECKBRIEF NR. 31

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	4.297 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,39 m ¹
Gebäudenutzfläche	1.458 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	6.533 kWh/a
Kostengruppe KG 300	2.194.924 €	Kostengruppe KG 400	981.180 €

ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,20 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	21,91 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	1,00 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	2,56 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-4,50 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-15,30 kWh/m ² a

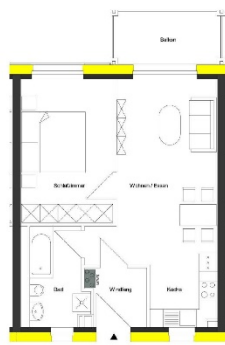
GEBÄUDE

Das Gebäude gliedert sich als Ersatzneubau in den bestehenden Stadtteil ein und hat daher mit der vorgegebenen Ost-/West-Ausrichtung und der gegebenen Verschattungen durch Baumbestände und Nachbarbebauungen erschwerte Randbedingungen für eine optimierte Solarenergienutzung.

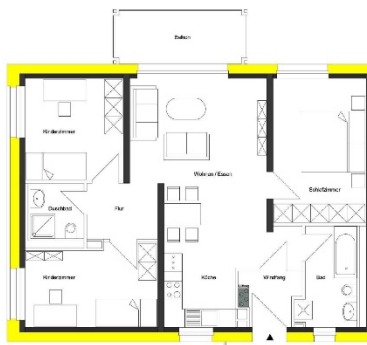
Die Architektur des Mehrfamilienhauses mit 17 Wohneinheiten leistet ihren Beitrag zur Reduzierung des Heizwärmebedarfs durch Minimierung der wärmetauschenden Fassaden, mittels einer Erschließung über thermisch abgetrennte Laubengänge und vorgestellte Balkone und Treppenhäuser.

Für die Erreichung einer hohen Luftdichtigkeit wurde ein detailliertes Konzept erstellt und bei der Umsetzung überwacht. Wichtig war auch die Vermeidung von Wärmebrücken bei Planung und Ausführung, Passivhaus-erfahrene Handwerker wurden mit der Umsetzung der Arbeiten beauftragt.

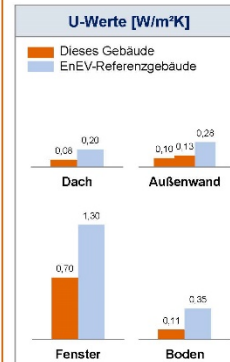
Für den sommerlichen Wärmeschutz werden alle süd- und westorientierten Fenster mit Verschattungselementen ausgestattet.



2-Zimmer Wohnung



4-Zimmer Wohnung



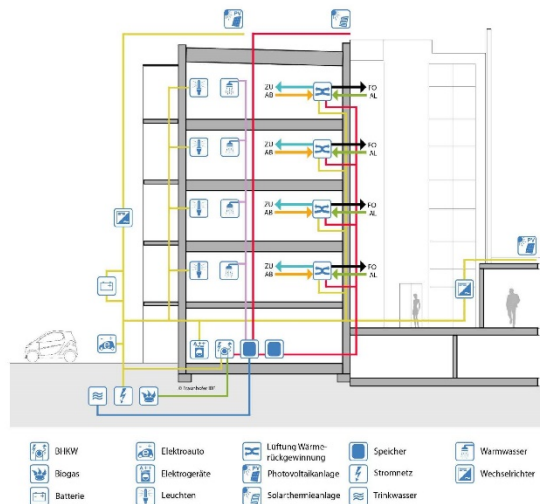
ANLAGENTECHNIK

HEIZUNGSANLAGE
Eine solarthermische Anlage (40 m² Vakuumröhrenkollektor) erzeugt ca. 60 % der Wärme, die für Warmwasser benötigt wird, ein mit Biomethan betriebenes BHKW (5 kW_{el}, 12,3 kW_{th}, zusätzlich 2,3 kW_{th} über einen Kondensator) ist für die Bereitstellung des gesamten darüber hinausgehenden Wärmebedarfs für Heizung und Warmwasser zuständig. Ein Gas-Brennwert-Kessel (35 kW) ist als Reserve vorgesehen. Durch den Einsatz von 2 großen Pufferspeichern (insgesamt 6 m³) kann die solarthermische Anlage hohe Erträge liefern und ein BHKW mit geringer thermischer Leistung gewahrt werden. Die Beheizung erfolgt zu 5 % über statische Heizkörper und zu 95 % über Luftheizung mit der dezentralen Lüftungsanlage.

LÜFTUNGSANLAGE
Wohnungswise Lüftungsanlage zur Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung

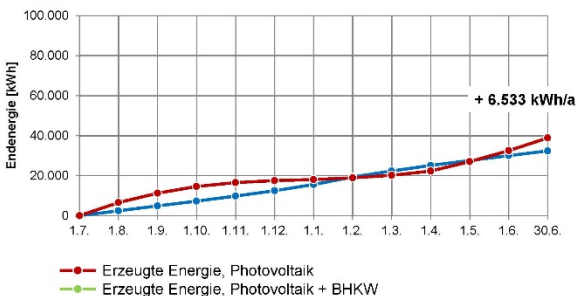
PV-ANLAGE
Die Erzeugung der elektrischen Energie erfolgt über eine Photovoltaikanlage (insgesamt 288 m² auf Dach, Carport, Fassade; Nennleistung 49,7 kW_p) zusätzlich Biomethan-BHKW (5 kW_{el}).

BATTERIE
Lithium-Ionen-Batterie, Speicherkapazität 27 kWh

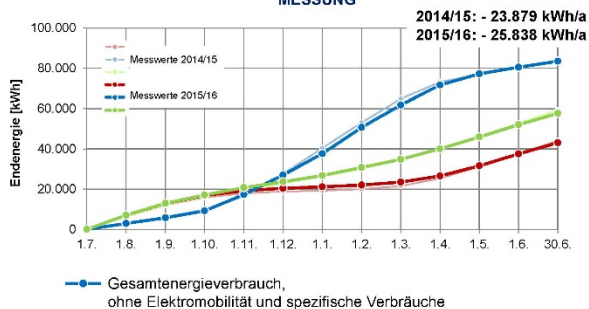


ENDENERGIE

BERECHNUNG



MESSUNG



FÖRDERER



Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat



www.forschungsinitiative.de

PROJEKTTEAM

ARCHITEKT

faktor 10 – Gesellschaft für Siedlungs- und Hochbauplanung mbH, Darmstadt
Petra Grenz, Folkmar Rasch
www.faktor10.com

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG

ibs Energie – Ingenieurbüro Ulrich-Schäfer, Stöckberg
www.ibs-energie.de

STEINGEWEG – Planungs GmbH & Co. KG Darmstadt
www.steingeweg.de

MONITORING

Institut Wohnen und Umwelt GmbH Darmstadt
www.iwu.de

BEGLEITFORSCHUNG



IBP



www.ibp.fraunhofer.de/er

www.bmi.bund.de



Effizienzhaus Plus

Haus Berghalde, Leonberg



STECKBRIEF NR. 32

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	1747 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,64 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	423 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	6.947 kWh/a
Kostengruppe KG 300	563.000 €	Kostengruppe KG 400	160.000 €

ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,27 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	40,50 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	12,70 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	34,30 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-16,43 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-48,78 kWh/m ² a

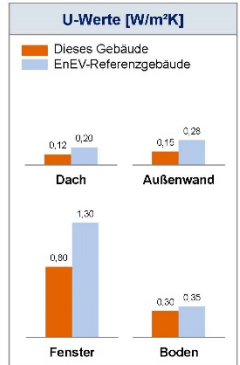
GEBÄUDE

Das zweigeschossige Wohngebäude verbindet anspruchsvolle Architektur mit einem visionären ganzheitlichen Energie- und Nachhaltigkeitskonzept – ein hundert Prozent „Stromhaus mit E-Mobilität“.

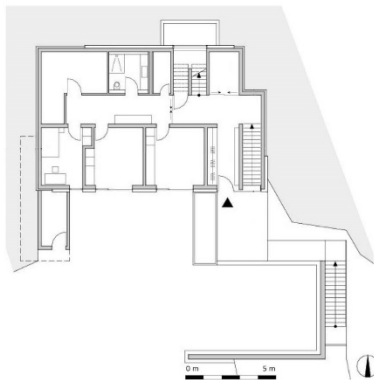
Das Wohnhaus verfügt über eine hochwertig gedämmte, luftdicht ausgeführte, sowie wärmebrückenreduzierte Gebäudehülle.

Das Gebäude verfügt über eine der Orientierung angepasste Verglasung (3-Scheiben-Sonnenschutz- und -Wärmeschutzverglasungen) und außenliegendem selektiv reflektierendem Raffstore.

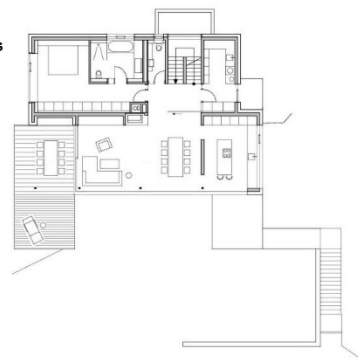
Die massive Außenwandkonstruktion ist eine Kombination aus Beton und Kalksandstein-Mauerwerk mit einem 22 cm dicken Wärmedämmverbundsystem.



Erdgeschoss



Obergeschoss



ANLAGENTECHNIK



HEIZUNGSANLAGE

Eine Wasser/Wasser-Wärmepumpe (Heizleistung 8-10 kW) in Kombination mit Erdsonden versorgt einen Warmwasser-Pufferspeicher (825 l) und sichert so die Erwärmung des Heiz- und Trinkwarmwassers. Zur Sicherheit wurde ein elektrischer Heizstab installiert. Die Trinkwassererwärmung erfolgt zentral im Durchfluss-Prinzip (Kreuzstrom WT außen am Pufferspeicher) mit dezentraler Nacherwärmung durch elektronische Mini-Durchlauferhitzer an den Zapfstellen. Die Wärmebereitstellung in den Räumen erfolgt mittels Fußbodenheizung (24 bis 28 °C, geregelt nach der Oberflächentemperatur des Fußbodens) und in den Bädern ergänzend durch Heizkörper. Die Fußbodenheizung kann im Sommer zur Kühlung und zusätzlich zur Regenerierung der Erdsonden genutzt werden.



LÜFTUNGSANLAGE

Zentrale Lüftungsanlage zur Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung und Erdreichwärmetauschersystem zur Vorkonditionierung



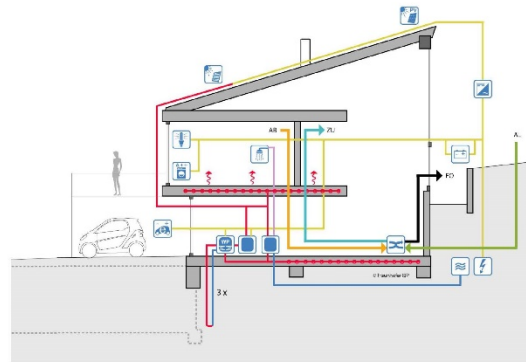
PV-ANLAGE

Auf-Dach polykristalline Photovoltaik-Module (170 W_p) (ca. 120 m²; Nennleistung gesamt 15 kW_p)



BATTERIE

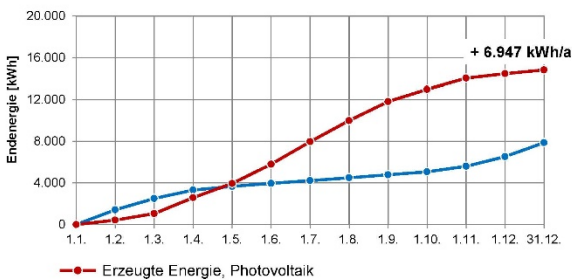
2 Blei-Schwefel-Gel-Batterien, Speicherkapazität 7 und 20 kWh



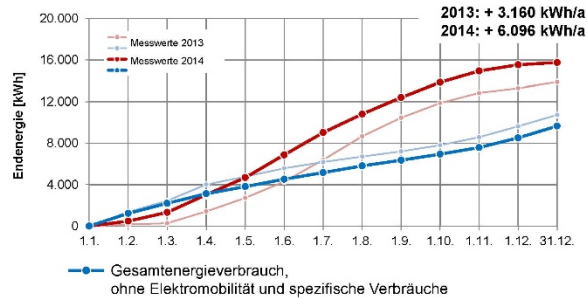
- Batterie
- Elektroschuko
- Elektronische
- Leuchten
- Solarthermieanlage
- Lüftung/Wärmerückgewinnung
- Photovoltaikanlage
- Speicher
- Stromnetz
- Trinkwasser
- Warmwasser
- Wärmepumpe
- Wechselrichter

ENDENERGIE

BERECHNUNG



MESSUNG



FÖRDERER



PROJEKTTEAM

ARCHITEKT

Berschneider & Berschneider Architekten
Pilsach
www.berschneider.com

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG UND BAUPHYSIK

EGS-plan, Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH Stuttgart
www.egsplan.de

MONITORING

TU Braunschweig, Institut für Gebäude- und Solartechnik – IGS
Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch
www.tu-braunschweig.de/igs

BEGLEITFORSCHUNG



www.ibp.fraunhofer.de/ier





Effizienzhaus Plus

VELUX »LichtAktiv Haus« Hamburg



STECKBRIEF NR. 33

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	643 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,88 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	172 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	180 kWh/a
Kostengruppe KG 300	(nicht dokumentiert)	Kostengruppe KG 400	800.000 €

ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	
Qualität Gebäudehülle H _T	0,37 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	81,79 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	17,80 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	46,30 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-1,03 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-12,20 kWh/m ² a

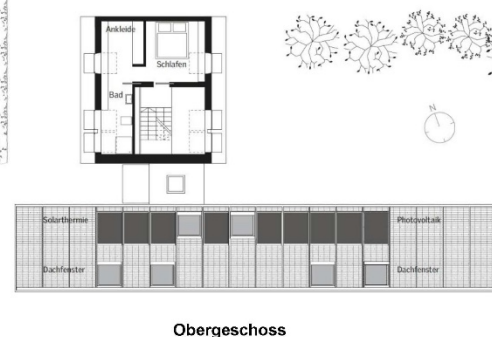
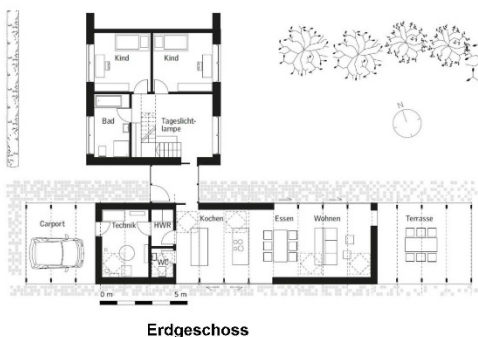
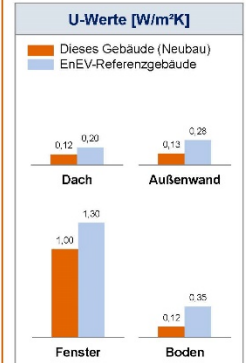
GEBÄUDE

Beispielhafte energetische Sanierung einer Siedlerhaus-Doppelhaushälfte aus den 50er Jahren mit Erweiterungsbau zu einem Effizienzhaus Plus (Neu versorgt Alt) mit Elektromobilität.
Hoher Wohnkomfort durch Tageslicht optimierten Gebäudeentwurf (Verdoppelung der Fensterfläche im Bestandsgebäude).

Hochwertiger baulicher Wärmeschutz für das Bestandsgebäude mit 20 cm Wärmedämmverbundsystem, Vollsparendämmung und Dachflächenfenster mit reduzierten Wärmeverlusten. Der Erweiterungsbau besitzt eine hocheffiziente Holzrahmen-Konstruktion.

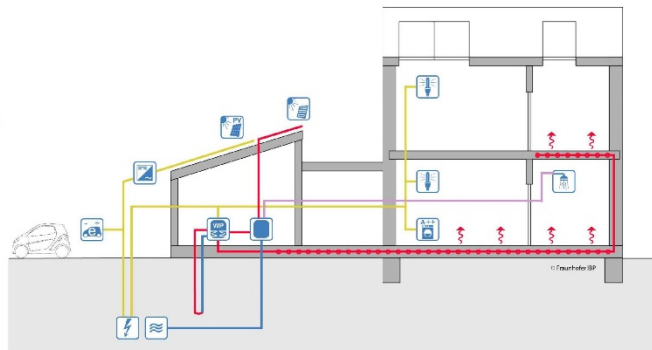
Im Bestandsgebäude kommen Fenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung zum Einsatz, im Erweiterungsbau Fenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung.

Zusätzlich zum Energieaufwand für den Gebäudebetrieb und den Haushaltstrom wird regenerativ erzeugter Strom für die Mobilität verwendet.



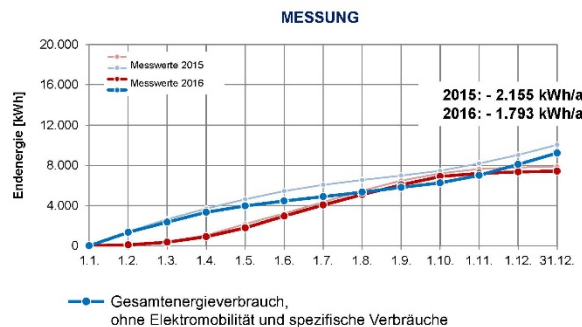
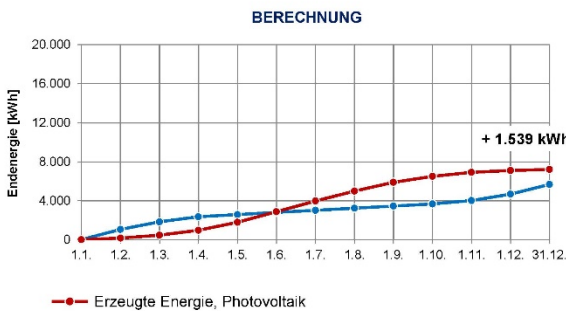
ANLAGENTECHNIK

- HEIZUNGSANLAGE**
Eine Sole/Wasser-Wärmepumpe mit 2 Erdsonden in Kombination mit einer thermischen Solaranlage (19,8 m²) sorgen für die Erwärmung des Heiz- und Trinkwarmwassers und zur Regeneration des Erdreichs. Die Wärmeübertragung in den Räumen erfolgt über Flächenheizungen in Wand und Fußboden.
- LÜFTUNGSSYSTEM**
Natürliche automatisierte Fensterlüftung über Stellmotoren mit den Regelgrößen: Innenraumlufttemperatur, CO₂ / VOC Konzentration der Innenraumluft und Luftfeuchtigkeit
- PV-ANLAGE**
In-Dach Photovoltaik-Anlage auf dem Erweiterungsbau (75 m²; Nennleistung 8,8 kW_p)
- ELEKTROMOBILITÄT**
Ein bidirektionales Elektrofahrzeug dient als elektrischer Pufferspeicher.



- Elektroauto
- Elektrogeräte
- Leuchten
- Photovoltaikanlage
- Solarthermieanlage
- Stromnetz
- Trinkwasser
- Warmwasser
- Speicher
- Wärmepumpe
- Wechselrichter

ENDENERGIE



FÖRDERER



PROJEKTTEAM

ARCHITEKT
TU Darmstadt FGee, Prof. M. Hegger, Katharina Fey
www.ee.architektur.tu-darmstadt.de
Ostermann Architekten
www.gutzel-ostermann.de

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG
TU Braunschweig
Institut für Gebäude- und Solartechnik - IGS
Prof. N. Fisch, Thomas Wilken
www.tu-braunschweig.de/igs
Prof. P. Andres PLDA
www.andres-lichtplanung.de

MONITORING
TU Braunschweig
Institut für Gebäude- und Solartechnik - IGS
Prof. N. Fisch, Thomas Wilken
www.tu-braunschweig.de/igs
Humboldt-Universität zu Berlin
Institut für Sozialwissenschaften
Prof. Dr. Dr.-h.c. S. Wegener
www.sowi.hu-berlin.de

BEGLEITFORSCHUNG



www.ibp.fraunhofer.de/enr





Effizienzhaus Plus

Neu-Ulm Pfuhler Straße 4+6



STECKBRIEF NR. 34

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	2.458 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,47 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	656 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	8.824 kWh/a
Kostengruppe KG 300	893.000 €	Kostengruppe KG 400	543.000 €

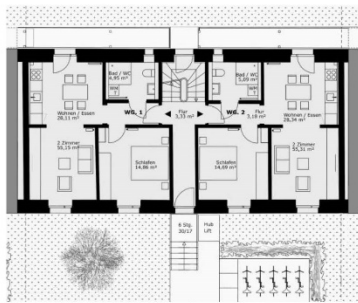
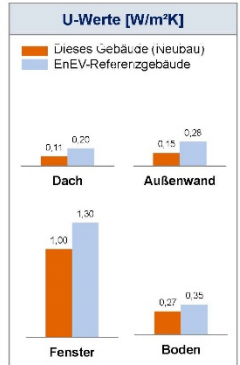
ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	Nr. 4 / Nr. 6
Qualität Gebäudehülle H _T	0,21 / 0,22 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	22,0 / 21,9 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	3,2 / 2,6 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	8,3 / 6,6 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	-5,1 / -12,5 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	-21,9/-42,2 kWh/m ² a

GEBÄUDE

Im Zuge des Wettbewerbs Effizienzhaus Plus im Altbau wurde die Modernisierung der 1938 erstellten Gebäude durchgeführt. Die Häuser (Nr. 4 und Nr. 6) beherbergen insgesamt 10 Wohnungen mit 1 und 2 Zimmern. Im bisher nur als Abstellfläche genutzten Dachgeschoss wurde neuer Wohnraum geschaffen und ein großzügiges Studioapartment eingerichtet.

Eine teilweise vorgefertigte äußere Hülle im Wand- und Dachbereich umschließt das Gebäude. Dabei wurde die Fassade, mit innenliegenden Versorgungsleitungen und mineralischer Wärmedämmschicht, auf die vorhandene massive Wand montiert. Die Fenster wurden als Passivhaus-Fenster mit Dreifachverglasung ausgebildet.

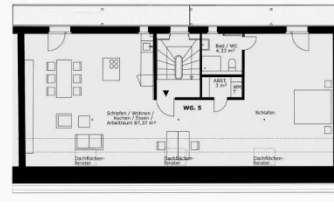
Die Dachelemente, einschließlich Dämmschicht und Gipskartonplattenbekleidung mit Installationsebene wurden auf einen bauseits gemauerten Dremmel gesetzt. Die Decke zum Keller wurde in ihrem Bestand beibehalten und unterseitig mit einer Dämmschicht versehen.



Erdgeschoss



Obergeschoss



Dachgeschoss

ANLAGENTECHNIK



HEIZUNGSANLAGE

Eine Sole/Wasser-Wärmepumpe (Wärmeleistung 30 kW_{el/WV25}) mit einer Erdsonde in Kombination mit einem Kombispeicher (1000 l) sorgt für die Erwärmung des Heiz- und Trinkwarmwassers. Die Wärmeübertragung in den Räumen erfolgt über Röhrenradiatoren. Zur Anhebung der Temperatur des Trinkwassers, sind Frischwasserstationen in jeder Wohnung installiert.



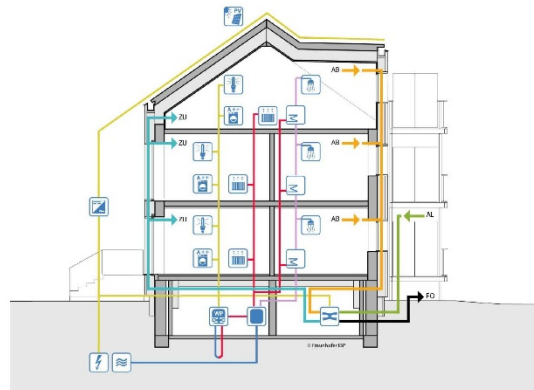
LÜFTUNGSSYSTEM

Eine Be- und Entlüftungsanlage mit 80 % WRG versorgt die fünf Wohnungen jedes Gebäudeabschnitts. Jede Wohnung erhält ein eigenes Kanalsystem. Wohn- und Schlafräume werden mit Zuluft versorgt, in Küche, Bad und WC wird die Luft abgesaugt.



PV-ANLAGE

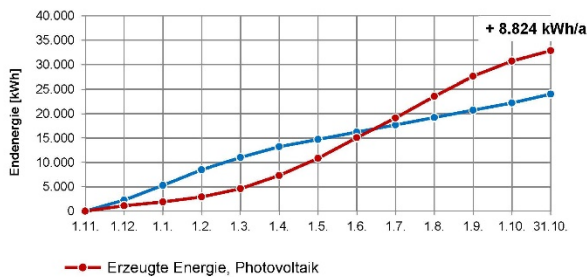
Photovoltaik-Anlage (214 m²; Nennleistung 33,5 kW_p) mit monokristallinen Modulen.



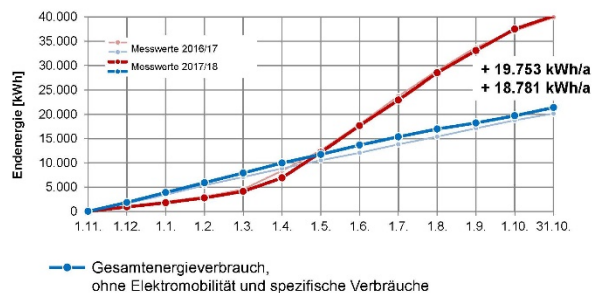
- Elektrogeräte
- Leuchten
- Heizkörper
- Lüftung Wärmerückgewinnung
- Photovoltaikanlage
- Speicher
- Stromnetz
- Trinkwasser
- Wärmepumpe
- Wärmetauscher
- Warmwasser
- Wechselrichter

ENDENERGIE

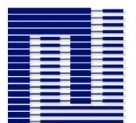
BERECHNUNG



MESSUNG



WRDNRZ 503MML



FÖRDERER



Bundesministerium
des Innern, für Bau
und Heimat

FORSCHUNGSINITIATIVE
ZukunftBAU
www.forschungsinitiative.de

PROJEKTTEAM

ARCHITEKT
Werner Sobek Engineering & Design
Stuttgart
www.wernersobek.com

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG
Werner Sobek Engineering & Design
Stuttgart
www.wernersobek.com

MONITORING
RWTH Aachen University,
Lehrstuhl für Energieeffizientes Bauen E3D
www.e3d.rwth-aachen.de

BEGLEITFORSCHUNG

Fraunhofer
IBP





Effizienzhaus Plus

Neu-Ulm Pfuher Straße 12+14



STECKBRIEF NR. 35

ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN			
Beheiztes Gebäudevolumen	1.816 m ³	Hüllflächenfaktor A/V	0,67 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche	596 m ²	Stromüberschuss, prognostiziert	2.022 kWh/a
Kostengruppe KG 300	797.000 €	Kostengruppe KG 400	519.000 €

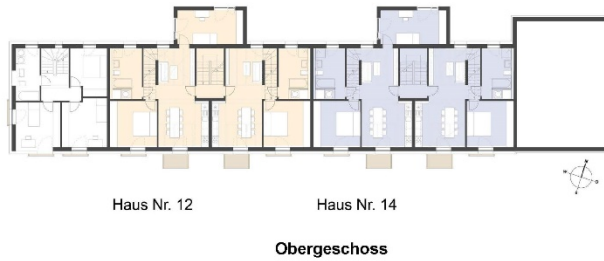
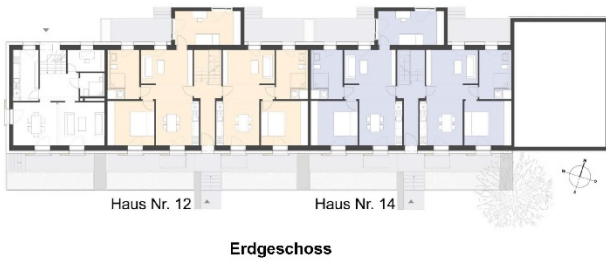
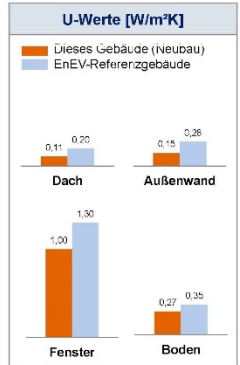
ENERGETISCHE KENNWERTE	
Energiebedarf nach EnEV	Nr. 12 + 14
Qualität Gebäudehülle H _T	0,25 W/m ² K
Nutzenergiebedarf	47,76 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	2,23 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf q _p	5,79 kWh/m ² a
Energieüberschuss Effizienzhaus Plus	
Endenergieüberschuss	- 5,46 kWh/m ² a
Primärenergieüberschuss	- 18,18 kWh/m ² a

GEBÄUDE

Im Zuge des Wettbewerbs Effizienzhaus Plus im Altbau wurde die Modernisierung der 1938 erstellten Gebäude durchgeführt. Durch Umbaumaßnahmen der inneren Struktur wurden die Küchen- und Wohnbereiche zusammengelegt. Zusammen mit den bodentiefen Fenstern wird hierdurch eine Steigerung der Wohnqualität bei vergleichsweise geringem Eingriff in den Bestand erreicht. Durch Anbauten auf der Nordseite entsteht ein Wohnungsmix von einer 2 bis 4 Zimmer-Wohnung.

Das bestehende Dachtragwerk wurde zimmermannsmäßig verstärkt und mit einer 24 cm starken Dämmschicht versehen. Die massive Wandkonstruktion des Bestandsgebäudes erhielt ein 20 cm dickes Wärmedämmverbundsystem mit einer Porenbetondämmung. Die jetzt bodentiefen Fenster sind mit einer Dreifach-Isolierverglasung versehen.

Die Decke über dem unbeheizten Keller wurde im Bestand beibehalten und unterseitig mit einer 15 cm starken Dämmschicht versehen.



ANLAGENTECHNIK



HEIZUNGSANLAGE

Wärmebereitstellung Heizung über Sole-Wasser-Wärmepumpe (Wärmeleistung 20 kW_{BWWS}) mit zentralen Speichern (4 mal 700 l). Umweltwärmequelle Erdreich über Helix-Sonden erschlossen. Verteilung über vertikale Leitungsstränge in Fassade. Übergabe über Niedertemperaturheizkörper (max. 45°C) an Außenwänden. Dezentrale Warmwasserbereitung über Abluftwärmepumpen (Wärmeleistung 8 x 253 W_{A20W15-45}) mit integriertem Speicher (ca. 200 l bis 300 l) in Bädern.



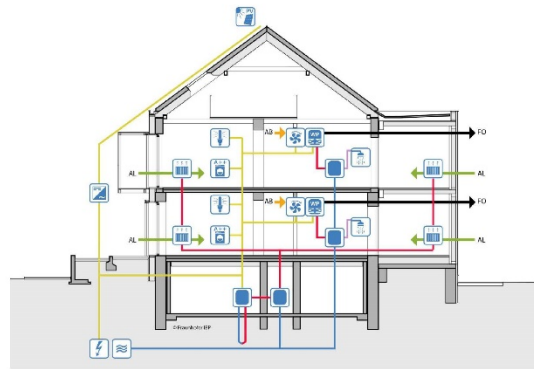
LÜFTUNGSSYSTEM

Dezentrale, wohnungsweise Abluftanlage über Abluftwärmepumpe zur Warmwasserbereitung. Durch Integration der Abluftanlage in Warmwasserbereitung, Verzicht auf Zu- und Abluftleitungen im Gebäude.



PV-ANLAGE

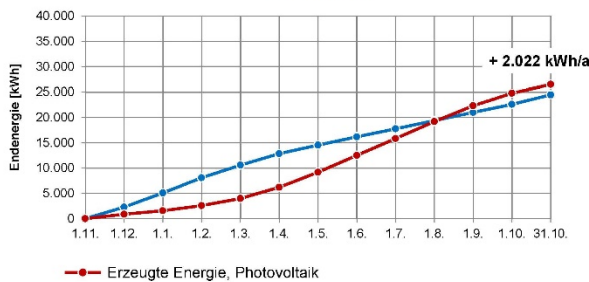
Dachintegrierte Photovoltaik-Anlage (161,60 m²; Nennleistung 24,93 kW_p) mit monokristallinen Modulen.



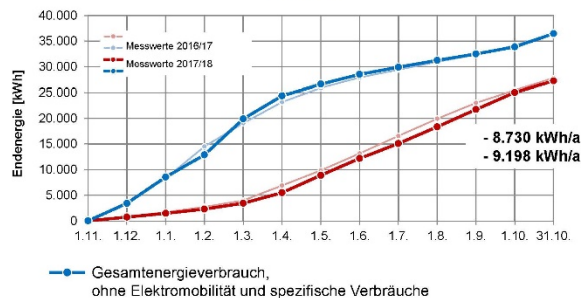
- Abluftanlage
- Elektrositzle
- Leuchten
- Heizkörper
- Photovoltaikanlage
- Speicher
- Stromnetz
- Trinkwasser
- Wärmepumpe
- Warmwasser
- Wechselrichter

ENDENERGIE

BERECHNUNG



MESSUNG



FÖRDERER



PROJEKTTEAM

ARCHITEKT
o5 Architekten raab hafke lang
Frankfurt am Main
www.o5-architekten.de

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG
EGS-plan, Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH Stuttgart
www.egs-plan.de

MONITORING
RWTH Aachen University,
Lehrstuhl für Energieeffizientes Bauen E3D
www.e3d.rwth-aachen.de

BEGLEITFORSCHUNG



Anhang 4 Übersicht der Steckbriefe zu den Modellvorhaben (hier: Effizienzhaus Plus-Wohngebäude)

- Effizienzhaus Plus Berlin mit Elektromobilität, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/BMUB-Haus_Berlin/Steckbrief_0_Berlin_final.pdf
- Effizienzhaus Plus LaVidaVerde, Berlin, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/LaVidaVerde_Berlin/Steckbrief_27_LaVidaVerde_Berlin_2017_final.pdf
- Effizienzhaus Plus Bad Homburg, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Bad_Homburg/Steckbrief_18_Klawitter_Bad_Homburg_final_2017.pdf
- Effizienzhaus Plus Concept-M Bien-Zenker, Köln, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Bien-Zenker/Steckbrief_3_Bien_Zenker_12_2015.pdf
- Effizienzhaus Plus in den Bergen, Bischofswiesen, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Bischofswiesen/Steckbrief_28_Angerer_Bischofswiesen_final.pdf
- Effizienzhaus Plus Solar-Plus-Haus, Bremen, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Bremen/Steckbrief_16_B%C3%BCscher_Bremen_final.pdf
- Effizienzhaus Plus Brieselang, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Brieselang/Steckbrief_10_Elbehaus_12_2015.pdf
- Effizienzhaus Plus Buchen-Hollerbach, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Buchen-Hollerbach/Steckbrief_29_Buchen-Hollerbach_final_11_2017_anonymisiert.pdf
- Effizienzhaus Plus Burghausen, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Burghausen/Steckbrief_20_Burghausen_final.pdf
- Effizienzhaus Plus Crumstadt, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Crumstadt/Steckbrief_30_Crumstadt_2017_final_anonymisiert.pdf
- energy+ Home: Effizienzhaus-Plus mit Elektromobilität in Darmstadt, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Darmstadt/Steckbrief_23_Tichelmann_Darmstadt_final.pdf
- Effizienzhaus Plus Deggendorf, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Deggendorf/Steckbrief_26_final_2017_Bachl_Deggendorf.pdf

- Effizienzhaus Plus Eußenheim, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Eussenheim/Steckbrief_9_Eu%C3%9Fenheim_12_2015_anonymisiert.pdf
- Effizienzhaus Plus VIO 400 FingerHaus, Köln, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Fingerhaus/Steckbrief_5_FingerHaus_12_2015.pdf
- Effizienzhaus Plus Aktiv-Stadthaus Frankfurt am Main, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Frankfurt_Aktiv_Stadthaus/Steckbrief_21_final_Aktivstadthaus_Frankfurt.pdf
- Effizienzhaus Plus Cordierstraße, Frankfurt am Main, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Frankfurt_Cordierstrasse/Steckbrief_31_Cordierstra%C3%9Fe_Frankfurt_final.pdf
- Effizienzhaus Plus Riedberg, Frankfurt am Main, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Frankfurt_am_Main_Riedberg/Steckbrief_22_final_Frankfurt_Riedberg.pdf
- Effizienzhaus Plus Geisenheim, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Geisenheim/Steckbrief_25_Internat_Schloss_Hansenberg_Geisenheim.pdf
- Effizienzhaus Plus HO Immobilien & Baukonzepte, Bremen, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/HO-Immobilien/Steckbrief_15_Osterloh_Bremen_12_2015.pdf
- Effizienzhaus Plus Green[r]evolution HUF HAUS, Köln, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/HUF_Haus/Steckbrief_1_HUFHAUS_12_2015.pdf
- Effizienzhaus Plus Kassel, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Kassel/Steckbrief_19_Kassel_final_anonymisiert.pdf
- Effizienzhaus Plus Netto-Plusenergiegebäude, Leonberg, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Leonberg/Steckbrief_101_Leonberg_12_2015.pdf
- Effizienzhaus Plus Lüneburg, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Lueneburg/Steckbrief_13_L%C3%BCneburg_12_2015_anonymisiert.pdf
- Effizienzhaus Plus LUXHAUS, Köln, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Luxhaus/Steckbrief_12_Luxhaus_final.pdf
- Effizienzhaus Plus Münnerstadt, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Muennerstadt/Steckbrief_6_M%C3%BCnnerstadt_12_2015_anonymisiert.pdf

- Effizienzhaus Plus Pfuhler Straße 4+6, Neu-Ulm, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Neu-Ulm_4_6/Steckbrief_201.1_Pfuhler-Str.4_6_Neu-Ulm.pdf
- Effizienzhaus Plus Pfuhler Straße 12+14, Neu-Ulm, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Neu-Ulm_12_14/Steckbrief_201.2_Pfuhler-Str.12_14_Neu-Ulm.pdf
- Effizienzhaus Plus »Alpenchic« Baufritz, Poing, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Poing-Baufritz/Steckbrief_14_Baufritz_Poing.pdf
- Effizienzhaus Plus Schwabach, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Schwabach/Steckbrief_17_Schwabach_12_2015_anonymisiert.pdf
- Effizienzhaus Plus Plan 550 SchwörerHaus, Köln, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Schwoerer/Steckbrief_2_Schwoererhaus_12_2015.pdf
- Effizienzhaus Plus Stelzenberg, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Stelzenberg/Steckbrief_8_Stelzenberg_12_2015_anonymisiert.pdf
- Effizienzhaus Plus Tübingen, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Tuebingen/Steckbrief_24_Licht_Luft_T%C3%BCbingen-final.pdf
- Effizienzhaus Plus Unterkirnach, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Unterkirnach/Steckbrief_11_BV_Unterkirnach_final_2017_anonymisiert.pdf
- Effizienzhaus Plus VELUX LichtAktiv Haus, Hamburg, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/VELUX/Steckbrief_102_Velux_final.pdf
- Effizienzhaus Plus Generation5.0 WeberHaus, Köln, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/WeberHaus/Steckbrief_4_Weberhaus_12_2015.pdf
- Effizienzhaus Plus Weifa, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Weifa/Steckbrief_7_BV_Weifa-final_anonymisiert.pdf