www.plusenergie-kompetenz.de

Zeitgemäß bauen

Plusenergiegebäude aus der Region

Ingolstadt, Eichstätt, Neuburg-Schrobenhausen
& Pfaffenhofen a. d. Ilm

Kompetenzzentrum
Plusenergiegebäude

Impressum

Herausgeber:

Institut für neue Energie-Systeme
Technische Hochschule Ingolstadt (THI)
Esplanade 10, 85049 Ingolstadt

Redaktion & fachliche Bearbeitung:

Kompetenzzentrum Plusenergie,
Matthias Slonski sowie diverse Netzwerkpartner

Gestaltung:

Nadine Freder, www.grafiksolistin.de

Auflage:

1. Auflage, 2.000 Stck.

Bilder:

© Technische Hochschule Ingolstadt,
andernfalls sind die Bildquellen am Bild angegeben

Stand:

November 2018

Publikation als PDF verfügbar:

www.plusenergie-kompetenz.de

Lesehinweis:

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen sind als unabhängig vom Geschlecht anzusehen.

Inhalte und Ziel dieser Broschüre

Die Netzwerkpartner

Ziel dieser Broschüre ist, Sie auf das Thema **Plusenergiegebäude** aufmerksam zu machen und dafür zu begeistern. Gründe dafür gibt es genug, denn diese moderne Art, Gebäude zu bauen, ist nicht nur **ökonomisch und ökologisch sinnvoll.** Die Attraktivität von Plusenergiegebäuden entfaltet sich durch das Verwirklichen **zeitgemäßer Anforderungen** an ein Zuhause. **Die Vorteile für Bauherren, Investoren, Unternehmen sowie Kommunen sind vielseitig.** Diese Broschüre wird Sie dabei unterstützen, Ihre Vorstellungen zu schärfen und eigene Lösungen zu finden. Das Kompetenzzentrum Plusenergiegebäude wünscht Ihnen viel Spaß beim Lesen sowie viele interessante und nachhaltige Eindrücke!

Einführung Plusenergiegebäude 04

Vorstellung des Kompetenzzentrums Plusenergiegebäude 05
Entwicklung und Ziele des Netzwerks

Vielfalt von Plusenergiegebäuden 06
Merkmale unterschiedlicher Gebäudetypen

Wirtschaftlichkeit von Plusenergiegebäuden 07

Einflussgrößen auf den Gebäudestandard 08
Gebäude, Energietechnik, Haustechnik

Individuelle Plusenergiegebäude in Zahlen 10
Plusenergie-Standardhaus mit Variationen: Gebäude, Energiesystem, Lüftung, Solarthermie, elektrische Batterie

Praxisbeispiel „Haus Knall“ 14
Planung und Umsetzung, Monitoring von Verbrauch und Erzeugung, Wirtschaftlichkeit

Leitfaden und Leistungen der Netzwerkpartner für Ihr Plusenergiegebäude 17

Innovative Lösungen 18

Kompetenzen der Netzwerkpartner 19

Einführung Plusenergiegebäude

Plusenergiegebäude sind kurzgesagt an den Bedarf der Nutzer angepasste Häuser. Über die gesetzlichen Mindestanforderungen hinaus werden dabei aktuelle Technologien eingesetzt, um das Gebäude, die Haustechnik und das Energiesystem zu optimieren. Auf diese Weise erzeugen Sie über das Jahr mehr Energie als Sie verbrauchen. Insgesamt wird dadurch ein Mehrwert für alle Beteiligten geschaffen:

- **Nutzer** bzw. **Bewohner** erleben hohen Komfort durch die individuell angepasste Heizung und Kühlung sowie gesundheitsförderliche Luftqualität bei sehr geringen Betriebskosten.
- **Bauherren** erhalten eine hohe Rendite durch die gezielte Investition.
- **Projektierende Unternehmen** richten sich durch zeitgemäße Praktiken zukunftsorientiert aus.
- **Kommunen** erreichen ihre Ziele für den Klimaschutz.

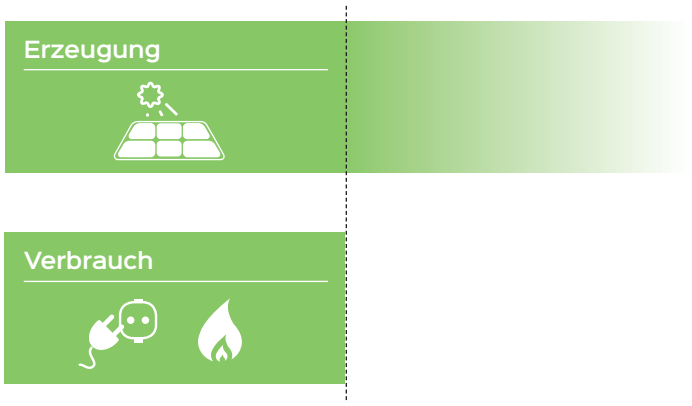
Plusenergiegebäude können sowohl beim Neubau als auch in der Sanierung realisiert werden. Das gilt für die unterschiedlichsten Gebäudetypen vom Ein- bis zum Mehrfamilienhaus sowie für Nichtwohngebäude, wie z. B. Büros.

Ein Plusenergiegebäude

Quelle: Donaubauer

Definition Plusenergiegebäude*

Positive Energiebilanz über ein Jahr:



Unser Ansatz

Das Gebäude inklusive Haustechnik wird für die Nutzer so ausgelegt, dass der Energieverbrauch ein sinnvolles Maß erreicht. Das geschieht durch einen modernen Gebäudeentwurf sowie eine angemessene Gebäudehülle aus handelsüblichen Baustoffen und -elementen. Zusätzliche Energieverluste, z. B. über die Lüftung, werden durch konventionelle aber effiziente Geräte gering gehalten.

Der Verbrauch an Energie wird dann durch Erneuerbare Energien mindestens gedeckt. Für die Stromproduktion ist meistens eine Photovoltaik-Anlage zuständig. Eine hohe Eigennutzung des Stroms wird dabei in der Regel über eine elektrische Wärmepumpe realisiert. Diese stellt aus einer Kilowattstunde Strom durchschnittlich ca. drei Kilowattstunden Wärme für Heizung und Trinkwarmwasser mittels Umweltwärme bereit. Überschüssiger Strom wird entweder in einer elektrischen Batterie zwischengespeichert oder verkauft. Das alles geschieht automatisch, wobei der Grad an Digitalisierung individuell angepasst werden kann.

*Übrigens

Die Begriffe **„Plusenergiegebäude“**, **„Plusenergiehaus“** und **„Effizienzhaus Plus“** haben die gleiche Bedeutung und folgen der **einheitlichen Definition des Bundesumweltministeriums.** Wir nutzen den Begriff „Plusenergiegebäude“, um zu signalisieren: Plusenergie kann und soll auch bei Nichtwohngebäuden, wie Schulen, erreicht werden.

An mehr Informationen interessiert?

Eine weiterführende Beschreibung der hier erwähnten Themen finden Sie auf den folgenden Seiten. Schauen Sie ruhig nochmal ins Inhaltsverzeichnis, um bei einem bestimmten Thema einzusteigen. Oder lesen Sie Seite für Seite und kommen so vom Allgemeinen ins Spezielle.

Vorstellung des Kompetenzzentrums Plusenergiegebäude

Im Rahmen der ZIM-Kooperationsnetzwerke initiierte die TH Ingolstadt zusammen mit der Industrie- und Handelskammer für München und Oberbayern im Jahr 2015 das „Kompetenzzentrum Plusenergiegebäude“. Dieses Netzwerk setzt sich mittlerweile aus 20 namenhaften regionalen Unternehmen und öffentlichen Einrichtungen zusammen. Im Kompetenzzentrum werden alle Phasen des Gebäudebaus, von der Planung, über die Durchführung, bis hin zum Monitoring und darüber hinaus bearbeitet. Auf diese Weise wird Know-how aus Wissenschaft und Unternehmenspraxis gebündelt und Synergien werden genutzt. Die Netzwerkpartner stammen aus allen Bereichen, die für den Gebäudebau Relevanz haben. Vertreten sind unter anderem Architekten, Ingenieurbüros, Bauunternehmen, Energieversorger sowie Hersteller und Händler von Energiekomponenten, wie z.B. Wärmepumpen und Batterien.

Entwicklung des Netzwerks

Erfolge

Zahlreiche umgesetzte Plusenergiegebäude der Netzwerkpartner · Initiierte Forschungsprojekte · Vorträge und Veröffentlichungen für nationale sowie internationale Fachtagungen und Konferenzen · Messeteilnahmen · Exkursionen · Entwicklung E+ Rechner · Verbindungen zur regionalen Politik · ...

2015 – **Projektphase 1**: Gründung mit 13 regionalen Unternehmen

2016 – Symposium zum Thema Plusenergie-siedlungen

2017 – **Projektphase 2**: Erweiterung des Netzwerks auf 20 Partner

2018 – **Überführung in nächste Phase**: Gründung eines Vereins

...

Erarbeiten anspruchsvoller und praktischer Lösungen bei Netzwerk- und Arbeitskreistreffen

Die Ziele des Netzwerks

Das Netzwerk arbeitet daran, das Thema Plusenergiegebäude weiter publik zu machen, Plusenergiegebäude umzusetzen und marktfähige Technologien für die unterschiedlichsten Gebäudetypen zu entwickeln. Die angestrebten Technologieentwicklungen zielen auf verschiedenste Optimierungen hinsichtlich Gebäudehülle und Anlagentechnik von Plusenergiegebäuden ab. Aktuelle Forschungsarbeiten liegen hierbei in den Bereichen Hybridwärmepumpe und Solarfassade. Schließlich hat sich das Netzwerk rund um die THI das Ziel gesetzt, Plusenergiesiedlungen in der Region zu realisieren. Ab 2019 wird das Netzwerk als Verein organisiert sein, wodurch zusätzlich zu den bisherigen Zielen die Interessensvertretung der Mitglieder in der Politik ermöglicht wird. Darüber hinaus wird ein erhöhter Austausch mit anderen regionalen und überregionalen Akteuren beabsichtigt.

Mehr Infos über die Netzwerkpartner

Eine explizite Darstellung der Kompetenzen der Netzwerkpartner finden Sie am Ende der Broschüre.

Vielfalt von Plusenergiegebäuden

Oft wird bei dem Begriff Plusenergiegebäude nur an Einfamilienhäuser gedacht. Der Plusenergiestandard lässt sich allerdings auf viele unterschiedliche Gebäudetypen im Neubau sowie bei der Sanierung anwenden. Entscheidend ist zum einen die Energieeffizienz der Gebäude. Zum anderen kommt dem Verhältnis von Dach- zur Nutzfläche eine bedeutende Rolle zu, da die Energie am Gebäude fast ausschließlich über Photovoltaik-Anlagen (PV-Anlagen) erzeugt wird und diese vor allem auf dem Dach installiert werden.

Allerdings gibt es auch Wege, die zur Verfügung stehenden Flächen zu erweitern. Bei größerem Energiebedarf können zudem Wärmepumpen in Kombination mit weiteren Technologien wie BHKWs und Wärmenetzen geplant werden. Für jeden Gebäudetyp entstehen somit Herausforderungen aber auch Chancen, die es zu nutzen gilt. Folgend werden einige Merkmale hinsichtlich dem Erreichen des Plusenergiestandards für ausgewählte Gebäudetypen beschrieben.

Merkmale unterschiedlicher Gebäudetypen

Einfamilienhäuser

Quelle: Donaubauer

- **Einfamilienhäuser** sind durch sehr individuelle Gebäudeentwürfe und -effizienz sowie Haus- und Energietechnik geprägt
- Plusenergie ist in der Regel leicht zu erreichen

Mehrfamilienhäuser

Quelle: Bauer Energietechnik

- Bei **Mehrfamilienhäusern** werden häufig kompakte Bauformen und eine hohe Energieeffizienz angestrebt
- Relativ zur Wohnfläche verringert sich die verfügbare Dachfläche zur Stromerzeugung mittels PV-Anlage
  - Durch mehr Geschosse wird es somit anspruchsvoller Plusenergie zu erreichen
  - Fassadenflächen können hier stärker in die Energieerzeugung eingebunden werden
- Plusenergie ist auch im sozialen Wohnungsbau möglich und zielführend

Nichtwohngebäude

Willibald-Gluck-Gymnasium Neumarkt i. d. OPf., Quelle: EGS-plan Ingenieurgesellschaft

- **Nichtwohngebäude** haben prinzipiell ähnliche Randbedingungen wie Mehrfamilienhäuser, jedoch einen höheren spezifischen Energiebedarf durch technische Geräte
- Durch eine hauptsächlich am Tag stattfindende Nutzung des Gebäudes wird eine hohe Eigennutzung des erzeugten PV-Stroms erreicht, was wirtschaftlich vorteilhaft ist
- Vorwiegend wurden bisher Bildungsbauten wie Schulen und Büros als Plusenergiegebäude umgesetzt, wobei andere Nichtwohngebäude nicht ausgeschlossen sind

Siedlungen und Quartiere

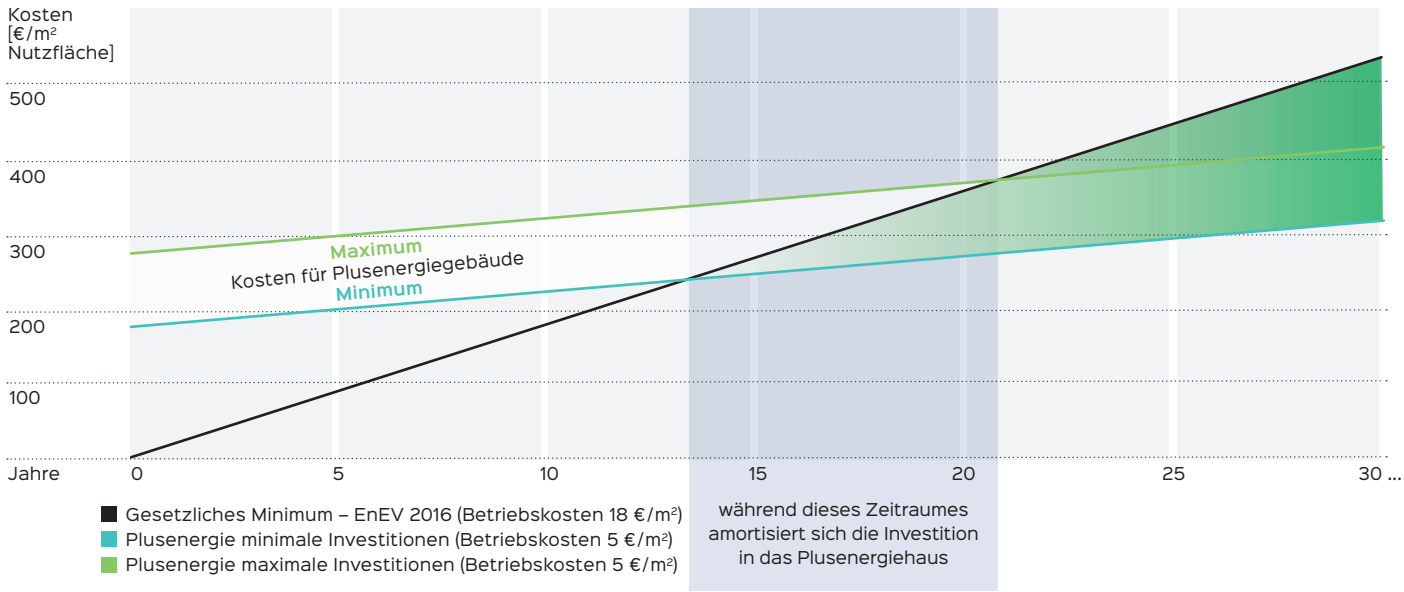
Die Solarsiedlung in Freiburg, © Rolf Disch SolarArchitektur, Freiburg

- Da bei **Siedlungen und Quartieren** für eine Vielzahl von Gebäuden geplant wird, ergänzen sich deren Stärken, um insgesamt den Plusenergiestandard zu erreichen.
  - Durch die Planung des Plusenergiestandards für mehrere Gebäude kann eine hohe Wirtschaftlichkeit erreicht werden – Skaleneffekte
  - Durch die Kombination von Sanierung und Neubau kann das Plusenergie-Potential gesteigert werden – Synergien
- Geplant und umgesetzt werden…
  - entweder das gesamte Bauvorhaben – relevant für Projekte mit Investoren
  - oder nur Bauvorgaben und das Energiesystem – relevant für Projekte von Kommunen
- Unterschiedliche Konzepte für das Energiesystem sind möglich, zum Beispiel:
  - Dezentral: Einzelne Wärmepumpen und PV-Anlagen
  - Zentral: Nahwärmenetze und Großbatterien
  - Kombinationen aus dezentralen und zentralen Konzepten

Wirtschaftlichkeit von Plusenergiegebäuden

Um die Wirtschaftlichkeit eines Gebäudes zu berechnen, können vereinfacht die Investitionskosten sowie die jährlichen Betriebskosten betrachtet werden. Im Vergleich zu einem Gebäude nach dem gesetzlichen Minimum (EnEV 2016[1]) müssen zum Erreichen des Plusenergiestandards zusätzliche Investitionen von ca. 185 bis 260 € pro Quadratmeter Nutzfläche getätigt werden, abhängig von Gebäude und Umsetzung. Das stellt eine gezielte Investition dar, die sich je nach energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen in verminderten Betriebskosten von bis zu 18 € pro Quadratmeter Nutzfläche und Jahr widerspiegelt, die für ein „EnEV 2016"-Gebäude anfallen würden.[2] Für unsere vereinfachte Rechnung gehen wir von übrigen Betriebskosten für Plusenergiegebäude von 5 € pro Quadratmeter Nutzfläche und Jahr aus.[3] Mit diesen einfachen aber realistischen Berechnungen amortisiert sich die Investition in ein Plusenergiegebäude nach 15 bis 20 Jahren. Plusenergiegebäude sind somit wirtschaftlicher als Gebäude, die nur die gesetzlichen Mindestanforderungen erfüllen. Diese Berechnungen sind zur Veranschaulichung im Folgenden dargestellt.

Kosten über die Jahre: Gebäude nach EnEV 2016 vs. Plusenergiegebäude



Um die Zahlen greifbarer zu machen, wird beispielhaft ein Gebäude mit 140 m² Nutzfläche angenommen:

- Zusätzliche Investitionskosten für ein Plusenergiegebäude (ohne Förderung) im Vergleich zum gesetzlichen Minimum: ca. 25.900 € bis 36.400 €
- Vermiedene Betriebskosten: ca. 1.800 € pro Jahr

Die Investition in ein modernes Gebäude, welches auch zukünftigen Anforderungen gerecht wird, beträgt somit nur einen kleinen Teil der Gesamtkosten eines Gebäudes und spart den Großteil der jährlichen Betriebskosten.

Diese Berechnungen sind ohne Betrachtung von Fördermöglichkeiten angefertigt worden. Energieeffiziente Gebäude, die Erneuerbare Energien nutzen, werden aber durchaus gefördert. Somit können die Kosten für ein Plusenergiegebäude nochmals verringert und die Wirtschaftlichkeit gesteigert werden.[3]

Ökologische Sichtweise

Welchen Fußabdruck wollen Sie hinterlassen?
Grundsätzlich gilt, dass Energie, die nicht verbraucht wird, die ökologischste ist. Wenn Energie erzeugt werden muss, dann am besten erneuerbar. Die Folgen des Verbrennens von fossilen Energieträgern könnten besser verstanden werden, wenn CO_2 nicht farblos wäre, sondern den Himmel verfärben würde.

[1] Verschärfte und derzeitig geltende Version der Energieeinsparverordnung 2014

[2] Quelle: Bundesumweltministerium, Broschüre „Wege zum Effizienzhaus Plus" online als PDF verfügbar.

[3] Auf Wirtschaftlichkeitsberechnungen wird im Abschnitt „Individuelle Plusenergiegebäude in Zahlen" im Detail eingegangen

Einflussgrößen auf den Gebäudestandard

In diesem Abschnitt gewinnen Sie einen Eindruck davon, an welchen Stellschrauben bei der Planung eines Gebäudes gedreht werden kann, um dieses energieeffizient zu bauen und es auf den Plusenergiestandard zu bringen.

Gebäude

Entwurf

Bereits im Entwurf eines Gebäudes wird festgelegt, ob es ökonomisch und ökologisch sinnvoll sein wird. So ist hierbei besonders auf die Kompaktheit, die Orientierung, sowie die Gebäudezonierung zu achten.

Energietechnik

Heizwärme

Für einen hohen Komfort sorgen Fußboden- bzw. Flächenheizungen. Diese ermöglichen durch ihre großen Übertragungsflächen gleichzeitig eine niedrige Vorlauftemperatur im Heizkreislauf. Auf diese Weise wird der Einsatz von effizienten elektrischen Wärmepumpen ermöglicht, Umweltwärme nutzbar gemacht und Wärmeverluste verringert.

Kühlung

Aktive Kühlvorrichtungen sind in deutschen Wohngebäuden bisher nicht verbreitet. Vorwiegend werden passive Maßnahmen wie z. B. Nachtlüftung oder Bauteilaktivierung eingesetzt. Bei Nichtwohngebäuden muss eine effiziente aktive Kühlung bzw. Klimatisierung fast immer mitbetrachtet werden.

Haustechnik

Lüftung

Lüftungen mit Wärmerückgewinnung verringern die Lüftungswärmeverluste in hohem Maße.

Haushaltsgeräte

Der Stromverbrauch eines Wohngebäudes hängt stark von der Energieeffizienz der Haushaltsgeräte ab. Vor allem effiziente Wäschetrockner, aber auch Kühl- und Gefriergeräte bieten hier ein hohes Einsparpotenzial.

Bildquelle aller drei Bilder: Donaubauer

Hülle

Da bis zu 75 % der Wärmeverluste eines Gebäudes über die Außenwand und die Fenster entstehen, spielt hochwertiger Wärmeschutz eine entscheidende Rolle. Dieser wird hauptsächlich durch eine effiziente Dämmung und moderne, dreifachverglaste Fenster realisiert. Des Weiteren sind luftdichtes Bauen und die Vermeidung von Wärmebrücken entscheidende Faktoren.

Warmwasser

Selbst für höhere Temperatur bei der (Trink-)Warmwasserbereitung können elektrische Wärmepumpen effizient eingesetzt werden. Für das gleichzeitige Bereitstellen von Heizwärme und Trinkwarmwasser sind diese als Kombigeräte ausgelegt. Solarthermie-Anlagen können unterstützend eingesetzt werden.

Stromversorgung

Die praktikabelste und wirtschaftlich attraktivste Art Strom zu erzeugen erfolgt über Photovoltaik-Anlagen auf dem Dach. Zusätzlich können PV-Anlagen an Fassaden oder auf einer Freifläche installiert werden. Die Installation einer Windkraftanlage für Gebäude ist nur unter speziellen Voraussetzungen sinnvoll. Über Batterien können die Eigennutzung des Stroms und die Autarkie eine Gebäudes erhöht sowie die Betriebskosten verringert werden.

Beleuchtung

LED-Lampen und Kompaktleuchtstofflampen sind bis zu fünfmal effizienter als konventionelle Glühlampen, ohne dass Kompromisse bei Helligkeit und Lichtfarbe notwendig sind.

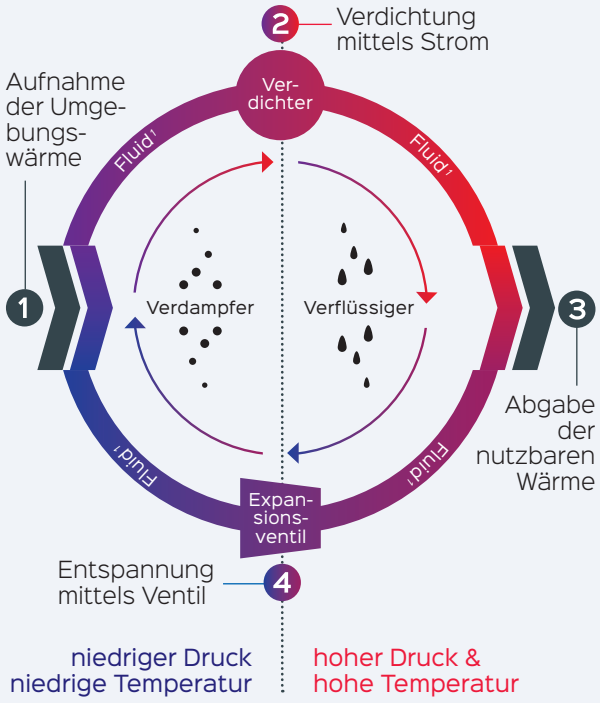
Regelung/Automation

Intelligente Regelungen mit geringem Energieverbrauch sind sinnvoll, da hierdurch erzielte Energieeinsparungen nicht relativiert, sondern erhöht werden.

Elektrische Wärmepumpe

Über Wärmepumpen gibt es viele Vorurteile. Dabei kennt jeder diese etablierte Technologie vom Kühlschrank. Das Prinzip ist gleich, nur der Nutzen und die Größe sind unterschiedlich. Beim Kühlschrank wird die Wärme den Lebensmitteln entzogen und als Abwärme in den Raum abgegeben. Wenn Sie hinter Ihren Kühlschrank fassen, werden Sie merken, dass dieser auch Wärme abgibt.

Bei einer Wärmepumpe wird Wärme der Umwelt bzw. Umgebung entzogen, nämlich der Außenluft oder dem Erdreich, siehe Punkt 1 in der unten stehenden Grafik. Über einen Verdichter wird das Arbeitsmittel[1] im Kreislauf der Wärmepumpe dann auf einen höheren Druck komprimiert und somit auf eine höhere Temperatur gebracht (Punkt 2). Weil das Arbeitsmittel nun eine so hohe Temperatur hat, gibt es seine Wärme an das Heizungs- und/oder Trinkwarmwassersystem ab (Punkt 3). Schließlich wird über ein Ventil der Druck im Arbeitsmittel deutlich verringert (Punkt 4). Auf diese Weise sinkt auch die Temperatur im Arbeitsmittel unter die Temperatur der Umgebung. Nun wird wieder über die Temperaturdifferenz die Wärme aus der Umgebung an unseren Wärmepumpenkreislauf übertragen (Punkt 1).



Mittlerweile werden in Deutschland mehr als 50.000 Wärmepumpen pro Jahr verkauft. Um die Ziele der Energiewende zu erreichen, werden zukünftig noch viel mehr Wärmepumpen eingesetzt werden, da diese die Sektoren Strom und Wärme miteinander verbinden und so den Einsatz Erneuerbarer Energien erleichtern.

[1] Ein Arbeitsmittel wird auch Fluid genannt und ist ein Stoff, der flüssig und gasförmig sein kann.

Individuelle Plusenergiegebäude in Zahlen

Um die Auswirkungen unterschiedlicher Einflussgrößen zum Erreichen des Plusenergiestandards zu konkretisieren und zu bewerten, werden in diesem Abschnitt beispielhafte Berechnungen für ein Gebäude dargestellt. Dazu haben wir ein Einfamilienhaus definiert, welches zeitgemäße Erwartungen an ein Wohngebäude in Deutschland erfüllt. Dieses Standardhaus hat eine Wohnfläche von 140 m² auf zwei Etagen, entspricht den KfW Effizienzhaus 55 Anforderungen und nutzt eine elektrische Luft-Wasser-Wärmepumpe sowie eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Somit wird ein Beispiel dargestellt, welches der marktgängigen Praxis entspricht und sehr gute Ergebnisse bei den Kriterien Komfort, Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit erzielt. Bereits eine Photovoltaik-Anlage mit einer Fläche von 54 m² bzw. einer Nennleistung von 7,3 kW_{peak} sorgt in diesem Gebäude dafür, dass mehr Energie im Jahr erzeugt als verbraucht wird. Ausgehend von diesem Plusenergie-Standardhaus können die Effekte von Variationen bei Gebäude, Energiesystem und Lüftung sowie beim Einsatz einer Solarthermie-Anlage und elektrischen Batterien bewertet werden.

Durch die in diesem Abschnitt präsentierten Informationen, werden Sie in die Lage versetzt, Ihre Lösung zum Erreichen eines individuellen Plusenergiegebäudes einzuschätzen.

Transparenz schaffen

- Unser Plusenergie-Standardhaus dient als Grundlage für die Berechnungen der folgenden Variationen.
- Die energetischen Berechnungen wurden gemäß den Anforderungen der EnEV 2016 und KfW nach der DIN V 18599 durchgeführt. Haushalts- und Hilfsstrom werden miteinbezogen.
- Die Wirtschaftlichkeit wurde unter Nutzung der Richtlinie VDI 2067 berechnet. Bei den Kosten werden immer Bruttopreise angegeben.
- Fördermittel wurden in den Berechnungen nicht berücksichtigt. Informationen zum KfW Effizienzhaus sowie zu Förderung im Allgemeinen finden Sie am Ende dieses Abschnitts.

Definition unseres Plusenergie-Standardhauses

Bei der Wahl des Standardhauses wurde passend zur Philosophie des Plusenergiestandards ein Kompromiss zwischen Effizienz und erneuerbarer Energieerzeugung gefunden. Zusätzlich wird gezeigt, dass mit heute üblichen baulichen und technischen Maßnahmen ein Gebäude zum Plusenergiegebäude werden kann, auch nachträglich.

Grunddaten

Wohnraum:	7 m x 10 m auf zwei Etagen ohne Keller = 140 m²
Dachflächen:	58 m² nach Süden, 28 m² nach Norden
Fensteranteil:	Südseite: 13 m² (Anteil an Fassadenfläche: 23 %), Ost/West 4 m² (9 %), Nord 3 m² (5 %)
Haushaltsstrom:	2.500 kWh/Jahr
Energiesystem:	Heizwärme und Trinkwarmwasser: elektrische Luft-Wasser-Wärmepumpe Wärmeübertragung: Fußbodenheizung PV-Anlage: Fläche 54 m², Leistung 7,3 kW_{peak}
Lüftungsanlage:	zentrale Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung, Effizienz 80 %

Dämmung & weitere Parameter sind so gewählt, dass die Anforderungen an ein KfW Effizienzhaus 55 erreicht werden.

Bildquelle: Donaubauer

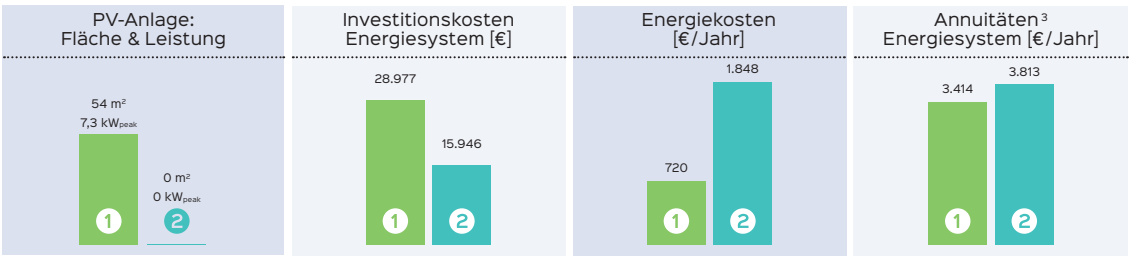
Randbedingungen der folgenden Berechnungen

Die zur Wirtschaftlichkeitsberechnung der einzelnen Wärme- und Stromerzeuger eingesetzten Werte entnehmen Sie bitte der folgenden Tabelle. Alle weiteren Randbedingungen und Hinweise finden Sie in der Infoleiste auf dieser und der folgenden Seite.

Anlage	Luft-Wasser-Wärmepumpe	Erdwärme-pumpe	Sonde für Erdwärmepumpe	Brennwert-kessel	PV-Anlage	Solarthermie-Anlage
Brutto Investitionskosten[1]	15.946 €	17.493 €	11.900 €	11.424 €[2]	1.785 € pro kW_{peak}	7.497 € für 5 m² 12.614 € für 10 m²
Rechnerische Nutzungsdauer [Jahre]	18	20	50	18	20	20
Brutto Kosten für Instandsetzung, Wartung und Inspektion	400 € pro Jahr	400 € pro Jahr	50 € pro Jahr	200 € pro Jahr	1% der Investitions-kosten pro Jahr	1% der Investitions-kosten pro Jahr

Bedeutung der Photovoltaik-Anlage (PV)

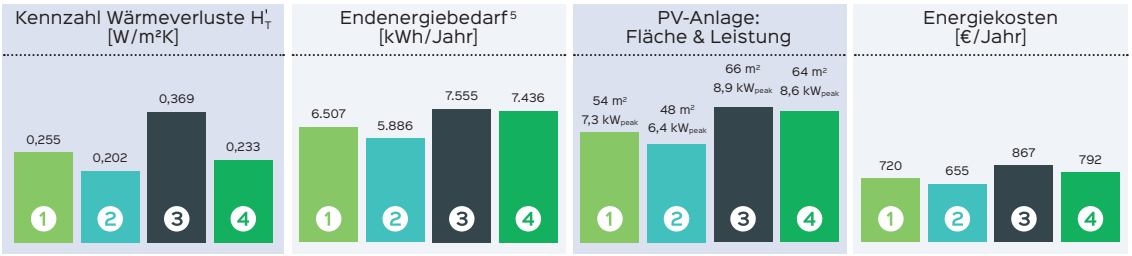
1 Plusenergie-Standardhaus 2 Standardhaus ohne PV-Anlage (kein Plusenergiegebäude)



- Zu erkennen ist, wie viel PV auf dem Dach des Standardhauses installiert sein muss, damit im Jahr minimal mehr Energie erzeugt als verbraucht wird. Dieses Gebäude nennen wir das Plusenergie-Standardhaus. In den folgenden Variationen des Plusenergie-Standardhauses werden entsprechend die benötigten Flächen bzw. Leistungen der PV-Anlagen angegeben, um in den Plusenergie-Bereich zu kommen. Da PV-Anlagen auf Dächern in der Regel wirtschaftlich sind, können Sie je nach Wunsch mit einer größeren Anlage noch mehr ins Plus kommen – energetisch wie finanziell.
- Die Differenz bei den Investitionskosten für das Energiesystem entsteht dadurch, dass beim Standardhaus nur die Kosten für die Wärmepumpe berücksichtigt werden. Beim Plusenergie-Standardhaus kommen die Kosten für die PV-Anlage hinzu.
- Die Wirtschaftlichkeit des Standardhauses als Plusenergiegebäude ist höher als die des gleichen Gebäudes ohne PV. Das wird durch die jährlichen Energiekosten aber auch die Annuitäten[3] deutlich. Die Wirtschaftlichkeit wird u. a. durch die hohe Eigennutzung des PV-Stroms mittels Wärmepumpe erreicht.

Variationen Gebäude

1 Plusenergie-Standardhaus (KfW 55) 2 KfW 40 3 Gesetzliches Minimum (EnEV 2016) 4 KfW 55 mit Keller



- Zum Erreichen der jeweiligen Anforderungen an das Gebäude wurden marktübliche Bauteile mit entsprechenden U-Werten für Außenwände, Fenster, Tür, Dach, Bodenplatte, Kellerwände und Wärmebrückenzuschlag für die Berechnungen genutzt. Entsprechend ergeben sich die Kennzahlen für die Wärmeverluste.[4]
- Durch die Darstellung des Endenergiebedarfs wird deutlich, welche Option wie ökologisch ist.[5]
- Dargestellt sind auch die benötigten PV-Flächen, um mit den unterschiedlichen Gebäuden mehr (End-)Energie im Jahr zu erzeugen als zu verbrauchen und so ein Plusenergiegebäude zu realisieren.
- Bei den Kosten werden nur die Energiekosten dargestellt. Der Grund dafür ist, dass die Kosten für Gebäude sehr unterschiedlich sind. Zusätzlich übersteigen die Kosten für das Gebäude die Kosten für das Energiesystem bei weitem. Aus diesen Gründen ist die Anwendung der Annuitätsrechnung nicht sinnvoll für diesen Vergleich.

[1] Die Investitionskosten beinhalten alle auftretenden Kosten bei der Anschaffung, wie z.B. Montage. Bei den Wärmeerzeugern sind auch die Kosten für Pufferspeicher und Verrohrung bis zum Anschluss an das Wärmeübertragungssystem (Fußbodenheizung) inbegriffen.

[2] Inklusive der Kosten für Kamin und Gasanschluss

[3] Annuitäten können genutzt werden, um die Wirtschaftlichkeit von Anschaffungen zu vergleichen. Dabei werden die kapital-, bedarfs- und betriebsgebundenen Kosten sowie Erlöse für den Stromverkauf für den Betrachtungszeitraum umgerechnet. Damit wird ersichtlich, wie viel eine Anschaffung jährlich kosten würde. (Latein: annus = Jahr)

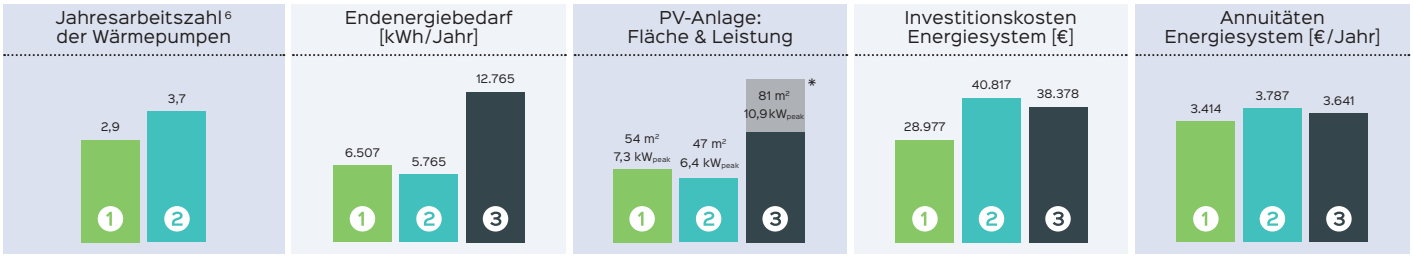
[4] Im Fachjargon „Transmissionswärmeverlust der Hüllfläche“.

[5] Endenergiebedarf bedeutet in den betrachteten Fällen meistens Strom, der aus dem elektrischen Netz bezogen wird. Nur bei der Anwendung des Gasbrennwertkessels setzt sich die Endenergie aus den verbrauchten Mengen von Strom und Erdgas zusammen. Zusätzlich muss für den Plusenergiestandard der jährliche Primärenergiebedarf negativ sein, was in den Berechnungen berücksichtigt worden ist.

Berechnungshinweis: Zur Berechnung der jährlichen Energiekosten wurden die Erlöse aus dem eingespeisten Strom und die Kosten für die bezogene Endenergie voneinander abgezogen.

Variationen Energiesystem

1 Plusenergie-Standardhaus (Luft-Wasser-Wärmepumpe) 2 Erdwärmepumpe mit Sonde 3 Gasbrennwertkessel mit Solarthermie 5 m² (kein Plusenergiegebäude)*

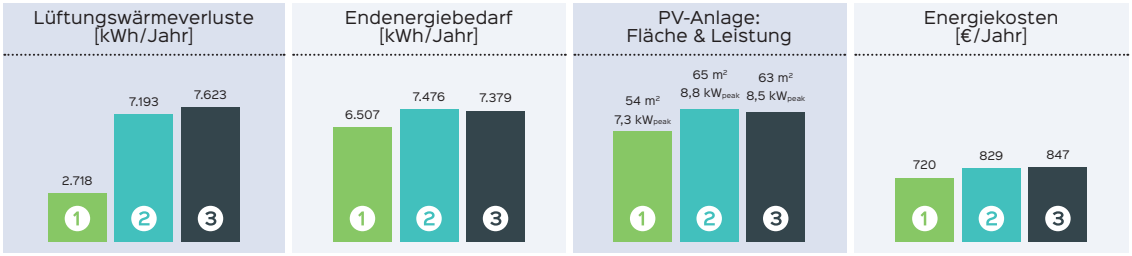


* maximale Dachfläche für Berechnung genutzt; Gebäude wäre aber erst ab einer größeren PV-Fläche von 120 m² (hellgrauer Balken) ein Plusenergiegebäude

- Die Jahresarbeitszahlen[6] der Wärmepumpen sind für die Bereitstellung von Heizwärme und Trinkwarmwasser gebildet worden. Diese Zahl gibt an, wie effizient die Wärmepumpe ist.
- Die Erdwärmepumpe ist die Lösung, die die geringste Endenergie, in diesem Fall Strom, benötigt.
  - Die Kosten für die Erdwärmepumpe beinhalten auch die Investitionskosten für die Erdsonde, welche mit 11.900 € berücksichtigt worden sind. Dieser Preis ist ortsabhängig, wobei der angegebene Wert relativ hoch ist. Dennoch ist er für die Region, aus der das Netzwerk stammt, realistisch.
- Mittels eines Gasbrennwertkessels kann das Standardhaus nicht zum Plusenergiegebäude werden, da die Dachfläche nicht ausreicht, um genug Endenergie erneuerbar zu erzeugen. Das hängt mit dem hohen Endenergiebedarf an Erdgas von 9.515 kWh zusammen. Die Wärmepumpen nehmen die benötigte Wärme hingegen überwiegend aus der Umwelt auf.[7]
- Die Kosten für das Heizwärmeübergabesystem (hier Fußbodenheizung) werden in den Berechnungen dieser Broschüre für keinen Fall berücksichtigt, da sie für den Vergleich der Wärmeerzeuger bzw. Energiesysteme unerheblich sind. In den Berechnungen wird immer von einer Fußbodenheizung ausgegangen. Fairerweise wird an dieser Stelle erwähnt, dass mit einem Gasbrennwertkessel auch gewöhnliche Heizkörper genutzt werden könnten, womit sich die Investitionskosten für das Heizwärmeübergabesystem reduzieren würden.

Variationen Lüftung

1 Plusenergie-Standardhaus (Lüftung mit Wärmerückgewinnung) 2 Lüftung ohne Wärmerückgewinnung 3 Fensterlüftung



- Durch eine kontrollierte Wohnraumlüftung wird in jedem Fall die Luftqualität verbessert sowie Schimmel und Feuchtigkeit vermieden. Neben dem bauphysikalischen Erhalt stehen somit Wohlbefinden und Gesundheit der Nutzer im Vordergrund.
  - Annuitäten werden nicht dargestellt, da Lüftungsanlagen primär ein Komfortgewinn sind. Eine regelmäßige manuelle Lüftung ist nicht mehr erforderlich. Sie dienen dem Schallschutz, da Fenster nicht mehr geöffnet werden müssen, um Frischluft ins Haus zu bekommen, was insbesondere an Orten mit viel Verkehrslärm oder lauten Nachbarn hilfreich ist. Zusätzlich können Allergiker von Lüftungsanlagen mit Filtern profitieren, da Staub und Pollen so nicht mehr ungehindert ins Gebäude gelangen können.
  - Damit Lüftungen gut funktionieren, müssen sie vom Fachmann ca. alle zwei Jahre gewartet werden. Filter können meistens vom Nutzer selber gewechselt werden.
- Durch einen installierten Wärmetauscher in der Lüftung wird eine sogenannte Wärmerückgewinnung beim Luftwechsel ermöglicht. Die kalte Frischluft nimmt dabei ca. 80 % der Wärme der Abluft auf, ohne dass sich die Luftströme dabei berühren oder vermischen müssen.
- Im Diagramm ist zu erkennen, dass der Endenergiebedarf leicht höher ist für eine Lüftung ohne Wärmerückgewinnung im Vergleich mit einer Fensterlüftung. Das liegt an der zusätzlichen Energie, die für den Betrieb der Lüftungsanlage benötigt wird.

[6] Die Jahresarbeitszahl ist das Verhältnis von erzeugter Nutzenergie der Wärmepumpe zu der für den Kompressor eingesetzten Endenergie.

[7] Siehe Infobox über elektrische Wärmepumpen im Abschnitt „Einflussgrößen auf den Gebäudestandard“.

Berechnungshinweise:

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden mit aktuellen Randbedingungen durchführt. Diese ändern sich jedoch erfahrungsgemäß über die Jahre, wodurch eine Veränderung der Ergebnisse möglich ist. Zur Bestimmung der Annuitäten wurde die Richtlinie VDI 2067 angewendet.

Detaillierte Angaben zur Geometrie des Standardhauses können dem „Reference Framework for System Simulations“ des Solar Heating and Cooling Programmes der International Energy Agency Task 44 für ein SFH45 Gebäude entnommen werden.

Für eine Vielzahl der energetischen Berechnungen wurde das Programm BKI Energieplaner in der Version 17.1.5 verwendet.

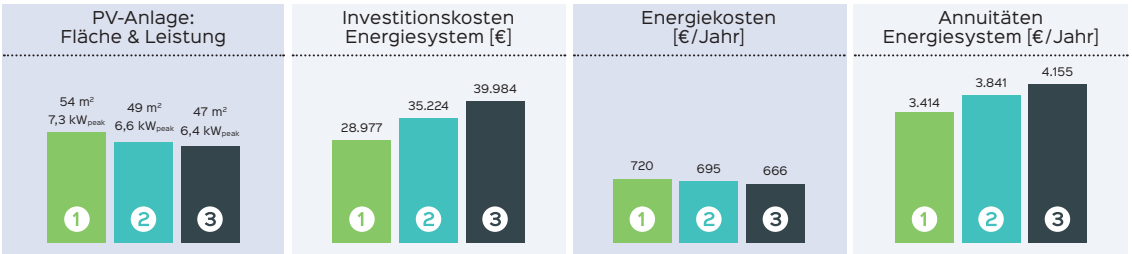
Weitere Randbedingungen der Berechnungen

Parameter	Wert	Einheit	Quelle
Zinsfaktor	2	%	iSFP*
Preisänderungsfaktor	2	%	eigene Annahme
Betrachtungszeitraum	20	Jahre	iSFP*
Stromtarif	28,4	Cent/kWh	iSFP*
Erdgas	8,5	Cent/kWh	iSFP*
Einspeisevergütung	11,83	Cent/kWh	EEG-Vergütungssatz für 10.2018

* iSFP: Sanierungsfahrplan der Deutschen Energie-Agentur

Variationen Solarthermie

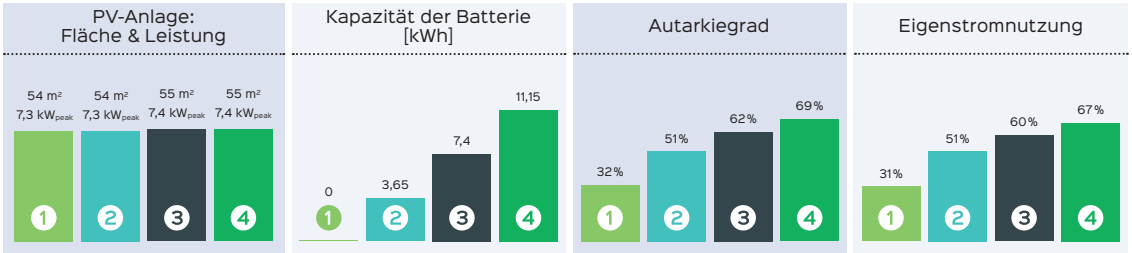
1 Plusenergie-Standardhaus
2 mit Solarthermie 5 m² für Warmwasser
3 mit Solarthermie 10 m² für Warmwasser und Heizung



- Eine Solarthermie-Anlage verringert die Größe der benötigten PV-Anlage, damit das Gebäude zu einem Plusenergiegebäude wird.
  - Zu beachten ist, dass die insgesamt benötigte Dachfläche sich dann aus PV- und Solarthermie-Anlage zusammensetzt.
  - Durch eine PVT-Anlage kann die Strom- und Wärmeerzeugung kombiniert und der Flächenbedarf ggf. verringert werden.
- Für den Einsatz einer Solarthermie-Anlage gibt es unterschiedliche Möglichkeiten:
  - Kleinere Solarthermie-Anlagen mit ca. 5 m² werden nur zur Unterstützung der Trinkwarmwasserbereitstellung eingesetzt.
  - Größere Solarthermie-Anlagen ab ca. 10 m² werden zur Unterstützung der Trinkwarmwasser- und Heizwärmebereitstellung genutzt.

Variationen elektr. Batterie

1 Plusenergie-Standardhaus (ohne Batterie)
2 Batteriekapazität entspr. 50 %-PV-Leistung
3 Batteriekapazität entspr. 100 %-PV-Leistung
4 Batteriekapazität entspr. 150 %-PV-Leistung



- Die benötigte Größe der PV-Anlage, um den Plusenergiestandard zu erreichen, steigt mit einer größeren Batterie leicht an. Das liegt daran, dass beim Zwischenspeichern von Energie gewisse Verluste entstehen. Der Wirkungsgrad einer Lithium-Batterie liegt bei ca. 92 %.
- Für Gebäude, die nur in einem geringen Umfang mehr Energie erzeugen als verbrauchen, liegen Autarkiegrad und Eigenstromnutzung in einem ähnlichen Bereich:
  - Der Autarkiegrad gibt an, wie viel der insgesamt benötigten Energie von eigenerzeugtem Strom gedeckt wird. Überschussstrom wird ins Netz gespeist bzw. verkauft. Falls gerade nicht genug Strom produziert wird, muss Strom aus dem Netz bezogen werden.
  - Die Eigenstromnutzung gibt an, wie viel von dem eigenerzeugten Strom auch selber im Haus genutzt wird.
- Wirtschaftlichkeit der Batterie:
  - Preise bzw. Investitionskosten für Batterien sinken seit Jahren, eine Momentaufnahme ist nicht sinnvoll.
  - Batterien sind derzeit nur in bestimmten Situationen wirtschaftlich, wie beim Ablauf der Einspeisevergütung für die PV-Anlage.
  - Die jährlich anfallenden Energiekosten werden durch Batterien gesenkt, wobei der Grad der Einsparungen von der Kapazität der Batterie bzw. mit dem Autarkiegrad und der Eigenstromnutzung einhergeht.

KfW Effizienzhaus 55 & 40 sowie weitere Förderung

Die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) ist eine nationale Förderbank Deutschlands. Die KfW hat für Gebäude, die über den gesetzlichen Mindeststandard (EnEV 2016) hinaus effizient sind und Erneuerbare Energien verwenden, die Fördermaßnahme „Effizienzhaus“ geschaffen. Diese gilt für Neubauten und Sanierungen. Die Zahl nach dem Begriff „Effizienzhaus“ stellt eine Kennzahl dar, welche die Energieeffizienz angibt, bei der das Gebäude noch gefördert wird. Die Vorgaben für ein KfW Effizienzhaus 55 bilden eine gute Grundlage, um den Plusenergiestandard im Neubau zu erreichen. Energieeffizienter ist das KfW Effizienzhaus 40, womit das Erreichen des Plusenergiestandards nochmal leichter wird – gleichzeitig erhöhen sich damit die baulichen Anforderungen an das Gebäude.

Mit der Maßnahme KfW Effizienzhaus 40 plus wird eine zusätzliche Investition in die erneuerbare Stromerzeugung und -speicherung gefördert. Insgesamt geben KfW Effizienzhäuser somit hilfreiche Richtwerte für die Güte eines Gebäudes vor. Ob die Unterstützung der KfW die günstigste Methode ist ein Gebäude zu finanzieren, hängt jedoch von deren aktuellen Konditionen im Vergleich mit denen anderer Banken sowie von weiteren Randbedingungen ab. Zudem gibt es alternative Maßnahmen der KfW und weitere Förderprogramme auf Bundes-, Landes- und Kommunalebene sowie gesonderte Programme, um energieeffiziente Gebäude und einzelne Aspekte dieser Gebäude zu begünstigen. Kommen Sie bei konkreten Fragen gerne auf unsere Netzwerkpartner zu.

Hinweis: Für die Berechnungen in diesem Abschnitt wurde keine Förderung berücksichtigt.

Praxisbeispiel „Haus Knall“

Beim sogenannten „Haus Knall“ handelt es sich um ein Beispielprojekt unseres Netzwerks. Dieses Plusenergiegebäude wurde im Jahr 2015 fertiggestellt und bezogen.

Bildquelle für alle Bilder zum „Haus Knall“: Donaubauer

Planung und Umsetzung

Bei den Planungen des Objekts wurde viel Wert auf die Erfüllung der Wünsche des Bauherren, Familie Knall, gelegt. Das Gebäude sollte viel Wohnraum bieten, weshalb beim Entwurf eine kompakte Bauweise mit Holzfassade angestrebt wurde. Zum Erreichen des Plusenergiestandards lag die Priorität nicht bei einer starken Dämmung, sondern eher beim verwendeten Energiesystem. Durch die Nutzung der großen Dachfläche für die Photovoltaik-Anlage reichte die Einhaltung des KfW 55-Standards trotz des verbrauchsintensiven Kellers völlig aus.

Insgesamt wurde das Augenmerk auf einen möglichst hohen Energieüberschuss gelegt. Das Gebäude sollte **so weit „im Plus“ sein wie möglich.**

Bei der Wärmeerzeugung bot sich ein Wärmepumpensystem an, um die entstehenden Synergien mit der PV-Anlage zu nutzen. Die örtliche geologische Lage verhinderte dabei den Einsatz einer effizienteren Sole/Wasser-Wärmepumpe (Erdwärmepumpe), weshalb die Wahl auf eine Luft-Wasser-Wärmepumpe fiel. Dabei wurde ein Kombigerät eingebaut, das zugleich als Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung fungiert.

Stromerzeugung

- Photovoltaik-Anlage:
  - » Dachintegriert
  - » Installierte Leistung 15,3 kW_{peak}
  - » Fläche 102 m²

Gebäudeentwurf

- Kompakte Bauweise
- 2 Etagen & beheizter Keller: Beheizte Fläche 282 m²
- Satteldach mit Sichtdachstuhl

Wärmeerzeugung und Lüftung

- Luft-Wasser-Wärmepumpe als Kombiprodukt mit integrierter Lüftungsanlage und Wärmerückgewinnung (Leistung: 6 kW)
- Fußbodenheizung

Regelung/Automation

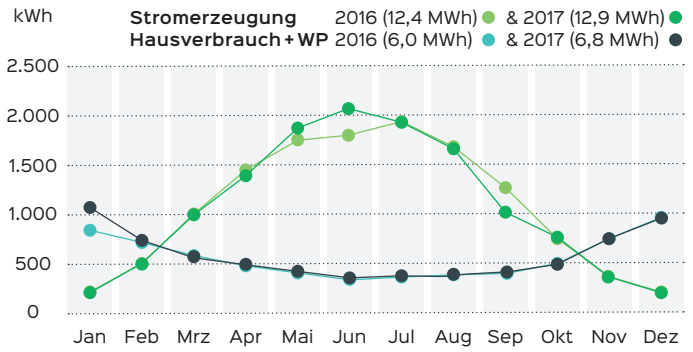
- Automatisch gesteuerte Zwischenspeicherung in Batterie (Kapazität: 11 kWh)
- Intelligente Steuer- und Regelungstechnik u. a. für Beleuchtung und Batterie

Gebäudehülle

- Holzständerbauweise & Holzfassade
- Transmissionswärmeverluste: H_T = 117 W/K
- Fensterfläche 34,8 m²

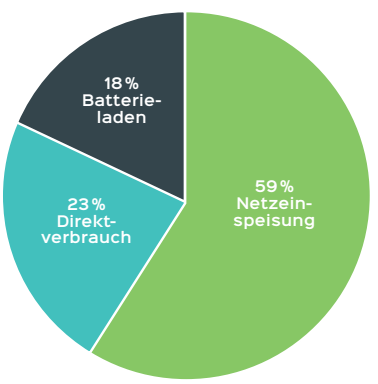
Monitoring von Verbrauch und Erzeugung „Haus Knall“

Die Messdaten des Verbrauchs von Haushaltsstrom und Wärmepumpe (WP), der erzeugte Strom durch die Photovoltaik-Anlage sowie die Nutzung der Batterie im Haus „Knall“ werden ausgewertet, um das Betriebsverhalten des Energiesystems zu prüfen und gegebenenfalls zu verbessern. In den Jahren 2016 und 2017 wurde ca. doppelt so viel Strom produziert wie verbraucht. Nachfolgend finden Sie eine Zusammenfassung des Betriebsverhaltens.



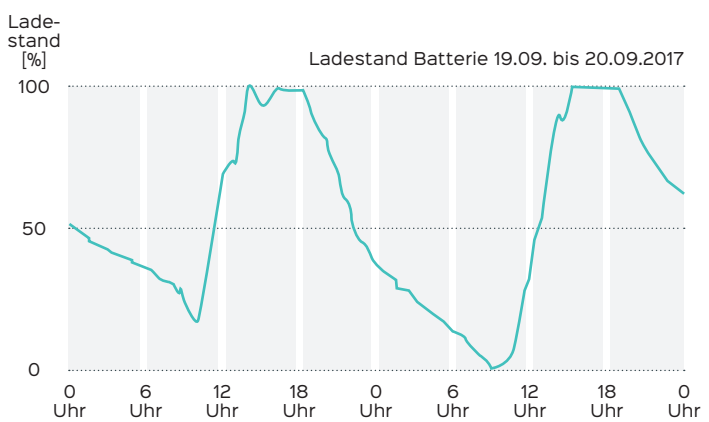
Solarproduktion vs. Verbrauch

- Der Verlauf der solaren Stromproduktion weist vor allem für die Monate Juni und September ausgeprägte Unterschiede in den Jahren 2016 und 2017 auf. Der Stromverbrauch von Haushaltsstrom und Wärmepumpe bleibt überwiegend gleich in den beiden Jahren. Nur im Januar 2017 wird deutlich mehr Strom für die Wärmebereitstellung benötigt als im Jahr 2016, was über die niedrigeren Temperaturen in diesem Jahr erklärt werden kann.
- In den Jahren 2016 und 2017 wird insgesamt deutlich mehr Strom produziert als verbraucht. Dieser Sachverhalt wird durch die Jahreswerte über dem Diagramm beziffert.
- Für das Gebäude gilt, dass durchschnittlich ein Autarkiegrad von 61% erreicht wird. Das heißt, dass im Jahr nur 39% der benötigten Energie aus dem Stromnetz bezogen werden.



Stromerzeugung im Jahr 2017

- 59% des erzeugten Stroms werden direkt in das Stromnetz eingespeist und somit verkauft.
- 23% konnten direkt im Haus für die Wärmeerzeugung oder für den Haushalt verwendet werden.
- Mit 18% des erzeugten Stroms wurde die Batterie geladen, damit der Strom zu einem späteren Zeitpunkt im Haus genutzt werden kann.
- Die Eigennutzung des durch die PV-Anlage erzeugten Stroms beträgt 40%.



Elektrische Batterie im Tagesverlauf

- Es ist zu erkennen, dass am 19.09.2017 die Batterie um 0 Uhr noch zu 50% geladen ist. Über die Nacht und am morgen wird die Batterie dann fast komplett entladen. Vormittags kann die Batterie durch den erzeugten PV-Strom wieder geladen werden bis sie am Nachmittag vollgeladen ist. Der Verlauf des Ladestands der Batterie ist am darauffolgenden Tag ähnlich.
- Batterien werden häufig so ausgelegt, dass sie dieses Ladeverhalten im Herbst und Frühling aufweisen.
- Im Sommer wird die Batterie im Tagesverlauf schneller vollgeladen. So wird auch mehr Überschussstrom in das Netz eingespeist bzw. verkauft. Im Winter wird der erzeugte Strom fast ausschließlich für den eigenen Bedarf genutzt.

Wirtschaftlichkeit

Die gezielte Investition in das Energiesystem des Plusenergiegebäudes amortisiert sich für Familie Knall nach 13 Jahren. Dadurch, dass über ein Jahr sehr viel mehr Energie im Haus Knall erzeugt als verbraucht wird, sind die Energiekosten negativ. Das heißt, jährlich bekommt Familie Knall mehr Geld für Ihren Strom, als sie dafür ausgibt.

Leitfaden und Leistungen der Netzwerkpartner für Ihr Plusenergiegebäude

Der folgende Leitfaden gibt einen Überblick über den Ansatz des Netzwerks zum Bau eines Plusenergiegebäudes. Dadurch können Sie sich zu den wichtigsten Schritten in diesem Prozess informieren bzw. Ihren derzeitigen Planungsstand abgleichen.

Die Netzwerkpartner weisen dabei Kompetenzen in allen beschriebenen Punkten auf und können für einzelne Aufgaben oder Ihr gesamtes Projekt beauftragt werden.

1 **Erstberatung** Kundenbedarf ermitteln

Zunächst nimmt ein Berater die Wünsche und Vorstellungen des Bauherrn, Investors oder der Kommune auf und bespricht diese mit Ihm. Daraus werden die Voraussetzungen für die Planung und Umsetzung des Bauprojekts ermittelt. Dabei werden folgende Themen besprochen: Ausgangssituation, Bauabsichten, baurechtliche Belange, Vorstellung bzgl. Gesamtkosten, grobe Zeitplanung.

2 **Planung des Gebäudekonzeptes** Bauplan erstellen

Im zweiten Schritt wird der Bauplan des Gebäudes erstellt. Hierbei müssen der Entwurf und der Energiebedarf des Gebäudes sowie das Energiekonzept aufeinander abgestimmt werden, damit der Plusenergiestandard erreicht wird.

Beim Entwurf wird die Geometrie des Gebäudes, die Raumaufteilung, die Funktionalitäten der verschiedenen Räume in den unterschiedlichen Stockwerken, Neigung und Beschaffenheit der Dachkonstruktion sowie die grundsätzliche Ausrichtung des Gebäudes festgelegt.

3 **Detailplanung** in drei Themenfeldern

In der Detailplanung werden konkrete Produkte für die unterschiedlichen Gewerke festgelegt:

- **Gebäudehülle:** Baustoffe, Dämmung, Fenster
- **Haustechnik:** Lüftung, Beleuchtung, energieeffiziente Haushaltsgeräte, intelligente Steuerung
- **Energietechnik:** Photovoltaik-Anlage, Wärmeerzeuger für Heizwärme und Trinkwarmwasser (z. B. Wärmepumpe), Wärmeübertragungssystem (z. B. Fußbodenheizung)

4 **Umsetzung** Begleitung & Koordination

Während der Umsetzungsphase werden die einzelnen Prozesse des Bauprojekts begleitet und koordiniert, damit eine zügige und qualitativ hochwertige Durchführung der Arbeiten erfolgt. Die Steuerung des Gebäudes wird konfiguriert, so dass dieses bezugsfertig ist. Dabei wird auch der gewünschte Grad an Automation, bis hin zum „Smart Home“, festgelegt.

5 **Abschluss** Dokumentation, Monitoring & Optimierung des Betriebs

Ist die Bauphase beendet, wird dokumentiert, dass Sie ein Plusenergiegebäude errichtet haben. Energieerzeugung und -verbrauch werden, falls gewünscht, analysiert. Durch die messtechnische Aufnahme und Auswertung des Betriebsverhaltens kann die Anlagentechnik hinsichtlich Ihres Nutzerverhaltens optimiert werden. Alle Daten können auch von Ihnen selber eingesehen werden. Dadurch bietet sich Ihnen die Möglichkeit anderen Menschen die Funktionsweise Ihres Plusenergiegebäudes näher zu bringen. Zeigen Sie auf diese Weise ruhig, was für technische, wirtschaftlich und ökologische Erfolge Sie mit Ihrem Gebäude erzielen.

Innovative Lösungen

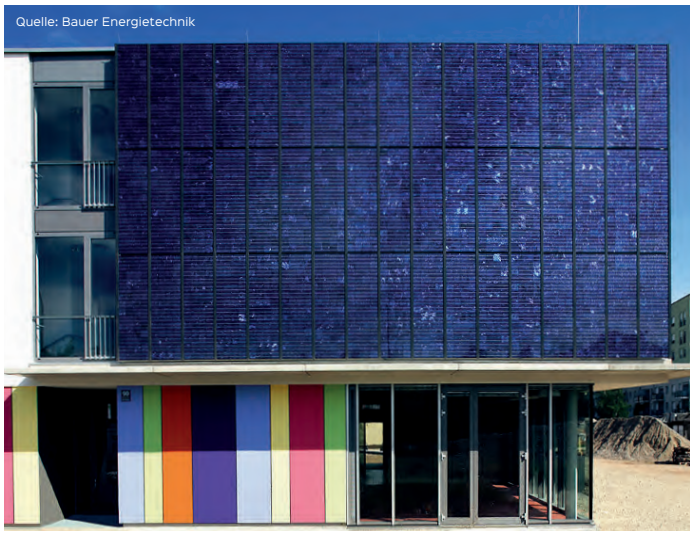
Neben den schon etablierten Energiesystemen, die regelmäßig von den Netzwerkpartnern eingesetzt werden, gibt es einige vielversprechende, innovative Lösungen. An solchen Entwicklungen beteiligt sich das Netzwerk auch.

Hybridwärmepumpe

Als Hybridwärmepumpe können verschiedene Wärmepumpensysteme bezeichnet werden. In diesem Fall bezieht sich der Begriff auf Systeme mit mehreren verschiedenen Wärmequellen. Ein Beispiel hierfür sind Wärmepumpen, die sowohl das Erdreich, als auch die Außenluft als Wärmequelle nutzen können. Dabei ist entscheidend, welche der beiden Quellen zu einer bestimmten Zeit die höhere Temperatur aufweist. Je nach Randbedingungen kann eine solche Hybridwärmepumpe also entweder als Erdwärmepumpe und/oder als Luft-Wasser-Wärmepumpe arbeiten. Dadurch können einige Komponenten kleiner dimensioniert und die Jahresarbeitszahl gesteigert werden. Das Netzwerk hat Forschungsarbeiten initiiert, welche die Effizienz von Hybridwärmepumpen nochmals verbessern sollen.

Solarfassade

Die Fassade eines Gebäudes kann durch Photovoltaik- bzw. Solarthermie-Anlagen ergänzt werden, um zusätzliche Flächen zur Energiegewinnung zu nutzen. Auch eine farblich und optisch stimmige Integration in die Gebäudehülle ist dabei sehr gut möglich. Der Einsatz dieser Technologie macht besonders bei großen Gebäuden und Mehrfamilienhäusern Sinn, da bei diesem Gebäudetyp der Fassadenanteil an der Hülle deutlich höher ist als beispielsweise bei Einfamilienhäusern. Zusätzlich treten durch die sich wiederholende Geometrie Skaleneffekte auf.
Das Kompetenzzentrum Plusenergiegebäude initiierte hierbei Forschungsarbeiten, die darauf abzielen PV-Module, Wärmeübertragungsflächen und Dämmelemente für die Fassade zu einem Produkt für die energetische Sanierung zu vereinen.


Quelle: Bauer Energietechnik

Netzwerkpartner

Alpha Solar- und Heizungstechnik
Hallbergmoos 85399

Architekturbüro Birnthaler
Beilngries 92339

Architekturbüro Mießl
Schrobenhausen 86529

Baier's Bauelemente
Großmehring 85098

Bauer Energietechnik
Ingolstadt 85055

Berschl Bau
Dietfurt an der Altmühl 92345

Börner Home
Ingolstadt 85053

Condair
Garching 85748

Donaubauer Holzbau
Ingolstadt-Etting 85055

e2plan Ingenieurgesellschaft Stuhlenmiller
Hennhofen 86450

Gebrüder Peters Gebäudetechnik
Ingolstadt 85055

GEKO Energieberatung
Ingolstadt 85051

Georg Bergsteiner
Manching-Oberstimm 85077

Hans Mayr Bau
Ingolstadt 85051

Hans Murr Häuser in Holz
Oberhausen-Kreut 86697

Lubich Technik
Pfaffenhofen/Ilm 85276

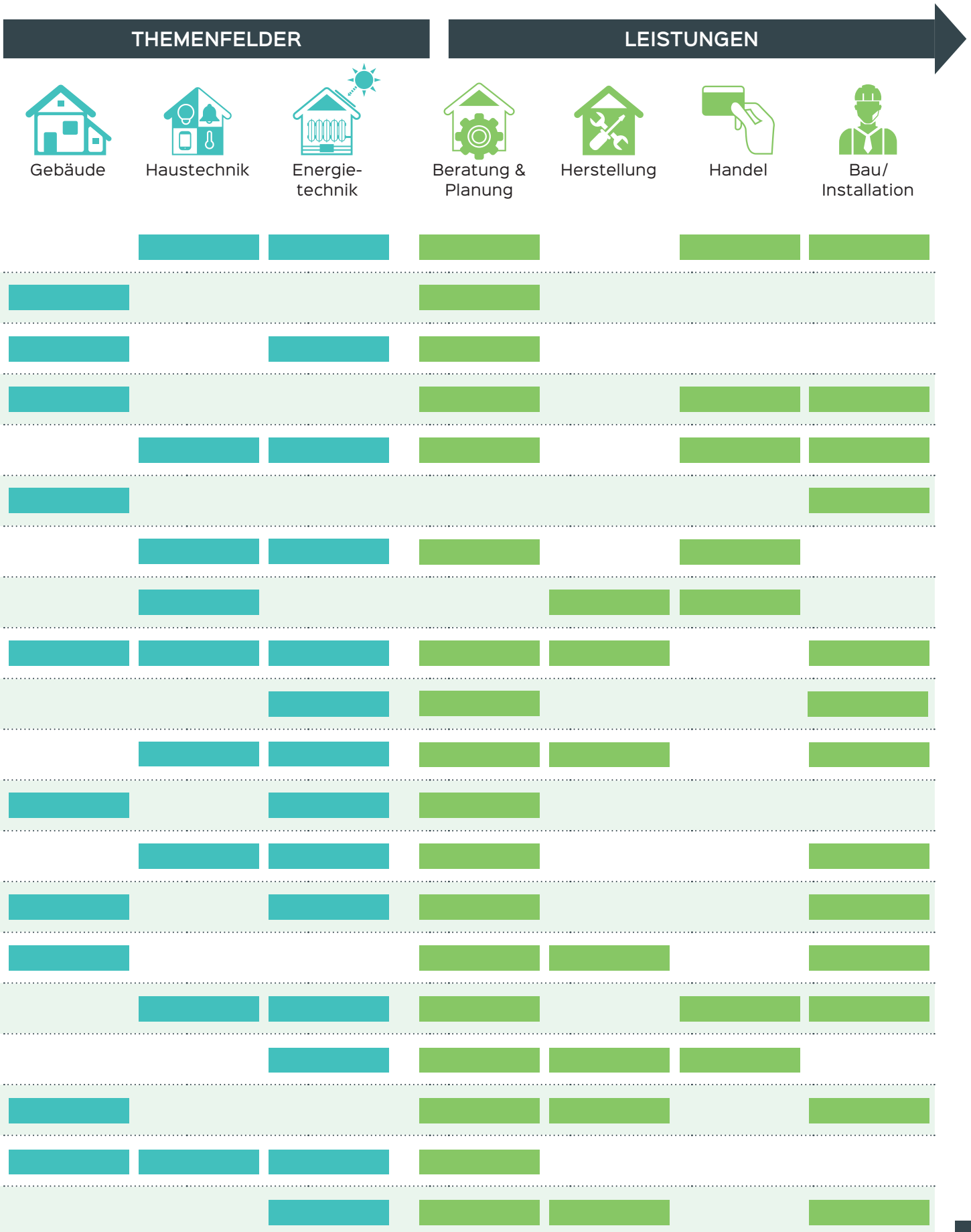
ratiotherm Heizung + Solartechnik
Dollnstein 91795

Schiebel Bauunternehmung
Gaimersheim 85080

Stadt Neuburg an der Donau
Neuburg an der Donau 86633

Stadtwerke Ingolstadt
Ingolstadt 85057

Kompetenzen



Die Netzwerkpartner

GEORG | BERGSTEINER
HEIZUNG | LÜFTUNG | KLIMA | SANITÄR | SOLAR

Bauer Energietechnik

DONAUBAUER
HOLZBAU Gemeinsam besser bauen

condair

Berschl Bau

GEKO Energieberatung

Bäder // Heiztechnik // Klimatechnik // Installationsbedarf
BÖRNER HOME
Haustechnik mit Herz und Verstand.

Haus Murr
Häuser in Holz

GEBRÜDER PETERS

LUBICH KLIMATECHNIK
HIGHTECH SOLUTIONS

Alpha Solar & Heizungstechnik GmbH

NEUBURG
RENAISSANCE AN DER DONAU

ratiotherm
Wärme intelligent genutzt

STADTWERKE INGOLSTADT
Besser ganz nah!

HM
www.mayrbau.de

EST
Energietechnik Stuhlenmiller GmbH & Co. KG

Baier's Bauelemente GmbH & Co. KG
Seit 2003
Junkers-Ring 29
85098 Großmehring
E-Mail: info@baiers-bauelemente.de
Internet: www.baiers-bauelemente.de

Architekturbüro Mießl GmbH
www.miessl.de

architekturbüro birnthaler

Schiebel Bauunternehmung

plusenergie-kompetenz.de
kontakt@plusenergie-kompetenz.de

Initiatoren und Förderer:

Technische Hochschule Ingolstadt
Institut für neue Energie-Systeme

IHK München und Oberbayern

Gefördert durch:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

ZIM
Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand