

Effizienzhaus Plus
Begleitforschung und Querauswertung von Modellvorhaben
(Phase 3)

Abschlussbericht Teil 2: Bildungsbauten

Forschungsprogramm

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

Projektlaufzeit

13. Juli 2015 bis 30. Juni 2021

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

Heike Erhorn-Kluttig, Hans Erhorn, Jessica Preuss, 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 209/2021

Effizienzhaus Plus – Begleitforschung und Querauswertung von Modellvorhaben (Phase 3) Abschlussbericht Teil 2: Bildungsbauten

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

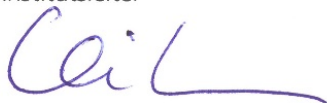
Durchgeführt im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-,
Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für
Bauwesen und Raumordnung (BBR)

Der Bericht umfasst
75 Seiten Text
46 Tabellen
52 Abbildungen

Hans Erhorn
Jessica Preuss
Heike Erhorn-Kluttig


Stuttgart, 15. Juni 2021

Institutsleiter



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

Gruppenleiterin



Dipl.-Ing.
Heike Erhorn-Kluttig

Bearbeiterin



M.Sc. Jessica Preuss

Inhalt

1	Kurzfassung	3
2	Summary	4
3	Hintergrund und Aufgabenstellung	5
4	Definition und Bewertungsmethode	8
4.1	Rechenhilfe	9
4.2	Leitfaden für das Monitoring	11
5	Modellprojekte	13
5.1	Louise-Otto-Peters-Schule in Hockenheim	15
5.2	Gymnasium Neutraubling	23
5.3	Berufliches Schulzentrum in Mühldorf am Inn	32
5.4	Jakob-Brucker-Gymnasium in Kaufbeuren	41
5.5	Forschungshalle der Hochschule Ansbach in Feuchtwangen	50
5.6	Erweiterungsbau der Grundschule in Giebelstadt	58
5.7	Ersatzneubau der Hochschule Ulm	65
6	Öffentlichkeitsarbeit, Ergebnisverbreitung und Verwertung	73
7	Zusammenfassung und Ausblick	74
8	Literaturverzeichnis	75

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 von der Begleitforschung 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 errichtet. Darüber hinaus wurden 2015 ein Wohngebäudequartier mit 19 untereinander vernetzten Einfamilienhäusern und 7 Bildungsbauten im Effizienzhaus Plus-Standard in die Initiative integriert. In der dokumentierten 3. Phase der Begleitforschung wurden zwei Teilberichte erarbeitet. Im ersten Teilbericht wurden die Erkenntnisse aus den Wohngebäudeprojekten zusammenfassend dargestellt. Im hier vorliegenden zweiten Teil sind die Aktivitäten der Begleitforschung zu den sieben Bildungsbauten dokumentiert.



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

2 Summary

In 2011, the German Federal Ministry of Building launched an initiative with a funding program for model houses that meet the “Efficiency House Plus Standard”. This program supported owners who constructed buildings that, over the course of one year, generate more energy from renewables than they need for their operation. After completion, each model project was individually evaluated during a monitoring period of 24 months and cross-evaluated in a comparative analysis by the accompanying research.

As Figure 2 shows, the federal government's initiative started with the construction of a pilot building in Berlin and initialisation of a network. In the course of the following years, 37 model projects in residential construction were built nationwide. In addition, a residential building district with 19 interconnected single-family houses and 7 educational buildings in the Efficiency House Plus Standard were incorporated into the initiative in 2015. In the documented 3rd phase of the Efficiency House Plus initiative two reports were prepared by the accompanying research. In the first report, the findings from the residential building projects were summarized. This second report documents the activities of the accompanying research on the seven educational buildings.



Figure 2:
Development of the Efficiency House Plus building standard from prototype to district within the framework of the research initiative »Effizienzhaus Plus« of the German federal government.

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 mehr Energie produzieren als für den Betrieb notwendig ist. Die Modellgebäude werden einzeln evaluiert, wobei für jedes Projekt über einen Zeitraum von 24 Monaten nach Fertigstellung stündliche Daten zum Energieverbrauch und zur Energieerzeugung erfasst werden, und zusätzlich im Rahmen einer wissenschaftlichen Begleitforschung ausgewertet. Mit den gewonnenen Forschungsergebnissen kann das Energiemanagement moderner Gebäude verbessert und die notwendigen Komponenten für die effiziente Gebäudehülle und die Nutzung erneuerbarer Energien weiterentwickelt werden.

Die Modellprojekte sind die Basis für ein eigens für das Förderprogramm entwickeltes Netzwerk. 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 (28 Häuser),
 - Mehrfamilienhäuser (9 Häuser),
 - Bestandsanierung (2 Einfamilienhäuser und 2 Mehrfamilienhäuser),
 - Bildungsbauten (7 Gebäude),
 - Quartier (1 Vorhaben mit 19 Einfamilienhäusern),
- 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 Bundesbauministeriums und des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) ein-

gerichtet. Das Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP wurde mit der Durchführung des Vorhabens beauftragt. Die durchzuführenden Arbeiten in der dritten Phase (07/2015 – 06/2021) der seit 2011 laufenden Begleitforschung können in folgende Themenfelder eingeteilt werden:

- Zusammenfassende projektübergreifende Auswertung der im Programm geförderten Vorhaben,
- Zuarbeit zum Internetportal der Forschungsinitiative Effizienzhaus Plus, während der Projektlaufzeit geändert in www.zukunftbau.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.

In der dritten Phase der Begleitforschung wurden zwei Teilberichte erarbeitet. Im ersten Teilbericht wurden die Erkenntnisse aus den Wohngebäudeprojekten zusammenfassend dargestellt. Im vorliegenden zweiten Teilbericht sind die Aktivitäten der Begleitforschung zu den sieben Bildungsbauten mit dem Fokus auf der Aufbereitung und Zusammenstellung von Planungsdaten dokumentiert.

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)¹, wie z. B. die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz, sind darüber hinaus einzuhalten.

Bewertungsmethode: erweiterter EnEV-Nachweis nach DIN V 18599

Die Nachweise für die Effizienzhaus Plus-Bildungsbauten waren in Anlehnung an die damals 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 die in den Bildungsbauten eingesetzten Geräte als Nutzerstrom in der Berechnung mitberücksichtigt werden. Dabei ist, wie Tabelle 1 zeigt, ein pauschaler Nutzerstrom von 10 kWh/m²a (bei Sicherstellung einer durchgängigen Ausstattung mit Geräten des höchsten Energieeffizienzlabels) oder sonst 15 kWh/m²a anzunehmen. Während der Projektlaufzeit wurde ergänzend die Möglichkeit einer detaillierten Ermittlung des Nutzerstromverbrauchs basierend auf den (installierten) Leistungen der Geräte und der erwarteten Betriebszeiten angeboten. Davon haben die beiden Vorhaben Berufliches Schulzentrum Mühlendorf am Inn und Ersatzneubau der Hochschule Ulm Gebrauch gemacht und einen Nutzerstrombedarf von 14 kWh/m²a bzw. 16 kWh/m²a ermittelt.

Tabelle 1:

Anzusetzende Größen des Nutzerstroms für Bildungsbauten nach dem Effizienzhaus Plus-Standard bzw. detaillierte Ermittlung des Nutzerstroms.

Nutzerstrom pauschal	Nutzerstrom pauschal bei Sicherstellung einer durchgängigen Ausstattung mit Geräten des höchsten Energieeffizienzlabels*	Detaillierte Ermittlung des Nutzerstroms
15 kWh/m ² a	10 kWh/m ² a	Berechnung auf Basis der (installierten) Leistungen der Geräte und der erwarteten Betriebszeiten

¹ ab 1. November 2020 Gebäudeenergiegesetz (GEG)

* Energieverbrauchskennzeichnungsverordnung vom 30. Oktober 1997. Zum Zeitpunkt der Förderbekanntmachung beinhaltet die aktuelle Stand die Änderungen vom 4. August 2013 bzw. 8. Juli 2016.

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 EnEV² (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 EnEV2014/2016 für Nichtwohngebäude.

² ab 1. November 2020 Gebäudeenergiegesetz (GEG)

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

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

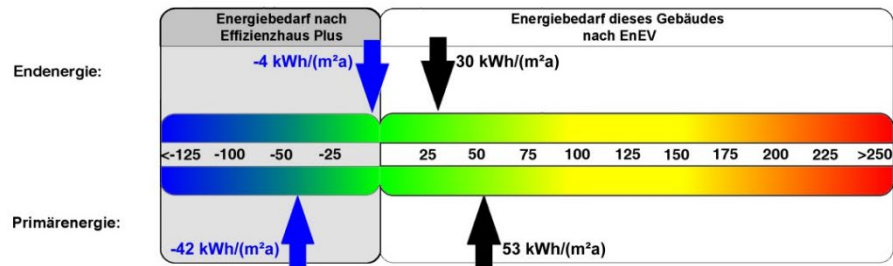
Berechneter Energiebedarf des Gebäudes

Registriernummer ¹ Reg123

2

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

Energiebedarf nach Effizienzhaus Plus und EnEV



Für Energiebedarfsberechnungen verwendetes Verfahren:

Nach Effizienzhaus Plus Bewertung (BMUB)

10 kWh/(m²a)

Energiebedarf nach Effizienzhaus Plus Bewertung

-4 kWh/(m²a)

Primärenergie: -42 kWh/(m²a)

Anforderungen gemäß EnEV ²

Primärenergiebedarf

Ist-Wert 53 kWh/(m²a) Anforderungswert 93 kWh/(m²a)

Mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten eingehalten

Sommerlicher Wärmeschutz (bei Neubau) eingehalten

Endenergiebedarf nach Effizienzhaus Plus

Energieträger	Jährlicher Endenergiebedarf in kWh/(m²a) für					Eigennutzungsgrad [%]
	Gebäudetechnik nach DIN V 18599	Nutzerstrom ³	Netzbezug	Netzeinspeisung	Bedarf nach Effizienzhaus Plus	
Strom	5,4	3,3	8,7	-23,3	-14,6	
Nah-/Fernwärme a	10,4		10,4		10,4	
Summe	15,8	3,3	19,1	-23,3	-4,2	46,7

Endenergiebedarf nach Effizienzhaus Plus

-4,2 kWh/(m²a)

Primärenergiebedarf nach Effizienzhaus Plus

-42,3 kWh/(m²a)



Effizienzhaus Plus

Fraunhofer IBP

Erläuterungen zum Berechnungsverfahren

Definition:

Das Effizienzhaus Plus - Niveau nach der Bekanntmachung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit über die Vergabe von Zuwendungen für Modellprojekte für Bildungsbauten ist erreicht, wenn sowohl ein negativer Jahres-Primärenergiebedarf ($\Sigma Op < 0$ kWh/(m²a)) als auch ein negativer Jahres-Endenergiebedarf ($\Sigma Oe < 0$ kWh/(m²a)) vorliegen. Alle sonstigen Bedingungen der zum Zeitpunkt der Beantragung gültigen Energieeinsparverordnung (EnEV) wie z.B. die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz, sind einzuhalten.

Bewertungsmethode:

Die Nachweise sind in Anlehnung an die Energieeinsparverordnung (EnEV) nach der DIN V 18599, Ausgabe 2011 zu führen. Allerdings müssen in Ergänzung zur Nachweisprozedur der EnEV die End- und Primärenergiebedarfswerte für den Nutzerstrom (Elektrische Geräte und -prozesse) in der Berechnung mitberücksichtigt werden.

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-Nichtwohngebäude 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.

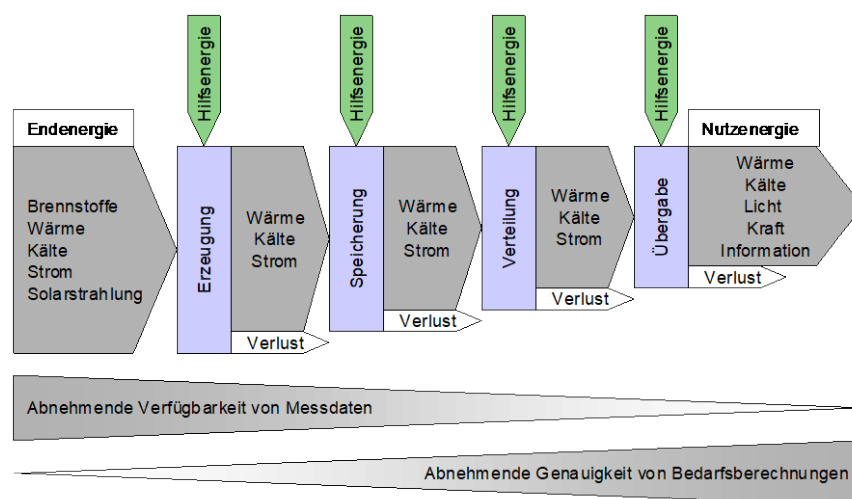


Bild 5:
Vereinfachtes Schema der Energieflüsse in einem Gebäude, angelehnt an die DIN V 18599.

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.

Der Leitfaden für das Monitoring ist unter dem Link https://www.zukunftsbau.de/fileadmin/user_upload/04_EHP/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/141017-Anlage-2-Leitfaden-Monitoring_EP.pdf veröffentlicht.

5 Modellprojekte

Der Effizienzhaus Plus-Ansatz ist nicht allein auf den Bau von Ein- und Mehrfamilienhäusern beschränkt. Schulen und andere Bildungsbauten bieten sich für die Realisierung des Effizienzhaus Plus-Standards an: Die Tageszeiten, an denen im Gebäude die meiste Energie verbraucht wird, decken sich einerseits mit jenen, in denen die Photovoltaik-Anlagen Strom produzieren. Zum anderen sind Bildungsbauten dafür prädestiniert, die nachfolgenden Generationen für das ressourcenschonende und zukunftsorientierte Bauen zu sensibilisieren. Als Teil eines Campus können Bildungsbauten zudem hervorragend der Erprobung neuer Energiemanagement-Lösungen auf Quartiersebene dienen.

Gerade im Bereich öffentlicher Bauten besteht ein großer Sanierungsbedarf. In Deutschland beträgt ihr Anteil an der gesamten Nutzfläche aller Nichtwohngebäude circa 25 %. Allein durch die Sanierung der bestehenden Schulgebäude in Deutschland ließen sich theoretisch vier Terawattstunden pro Jahr an Energie einsparen [1]. Im Bereich Bildungsbauten stehen neben Sanierungen aber auch in vielen Kommunen Neubauten an. Zum Beispiel ist für die nächsten Jahre eine deutliche Zunahme der Neubautätigkeit von Kindertageseinrichtungen zu erwarten. Auch steigende Studierendenzahlen und der ungebrochene Zuzug in die Ballungsräume sind Faktoren, die weitere Investitionen in Bildungsbauten erforderlich machen.

Um den Bau oder die Sanierung von Bildungsgebäuden im Effizienzhaus Plus-Standard zu fördern, wurde durch das Bundesbauministerium im Jahr 2015 eine neue Förderrichtlinie aufgelegt. Ziel der Förderung war es, durch Forschung und Entwicklung den Effizienzhaus Plus-Standard und damit den Plusenergiegedanken im Nichtwohnungsbau weiter zu etablieren. Bildungsbauten im Sinne der Förderrichtlinie sind Gebäude, die der Aus- und Fortbildung, der Forschung und der Lehre dienen. Damit deckt das Förderprogramm eine größtmögliche Bandbreite, von Kindertagesstätten bis zu Universitäten, von Volkshoch- und Hochschulen bis zu Laborgebäuden ab.

Für das bundesweite Förderprogramm wurden sieben Modellvorhaben ausgewählt, die sich in Bayern und Baden-Württemberg befinden. Sie reichen von einer ca. 500 m² großen Forschungshalle in Feuchtwangen und einem ähnlich großen Erweiterungsbau einer Grundschule in Giebelstadt über mittelgroße Erweiterungsbauten der Gymnasien in Kaufbeuren und Neutraubling und zwei Neubauten beruflicher Schulzentren in Hockenheim und Mühldorf am Inn bis zum 10.000 m² umfassenden Ersatzneubau der Hochschule Ulm. Eine Übersicht der eingesetzten Technologien und prognostizierten Endenergieüberschüsse zeigt Tabelle 2. In Anhang 1 sind die berechneten Kenndaten zu jedem Modellvorhaben ausführlich dargestellt.

Die von der Begleitforschung erarbeiteten Steckbriefe [2] der einzelnen Effizienzhaus Plus-Bildungsbauten sind in den folgenden Unterkapiteln eingefügt.

Tabelle 2:
Übersicht der Bildungsbauten im Effizienzhaus Plus-Standard mit ihren eingesetzten Technologien und berechneten Endenergieüberschüssen.

Vorhaben	Standort / Nettogrundfläche Genutzte Technologien	Endenergieüberschuss Prognose / Nennleistung Photovoltaik			
	Hockenheim Neubau berufliches Schulzentrum 3.766 m ² NGF     	17.663 kWh/a 206,4 kW _p			
	Neutraubling Erweiterungsbau (1. BA) und Sanierung (2. und 3. BA) Gymnasium 10.388 m ² NGF   	36.615 kWh/a 352 kW _p			
	Mühl Dorf am Inn Neubau (1. und 2. BA) berufliches Schulzentrum 9.596 m ² NGF     	9.937 kWh/a 412 kW _p			
	Kaufbeuren Erweiterungsbau (1. BA) und Sanierung (2. BA) Gymnasium 8.521 m ² NGF   	49.934 kWh/a 334 kW _p			
	Feuchtwangen Neubau Forschungshalle 531 m ² NGF     	7.972 kWh/a 33 kW _p			
	Giebelstadt Erweiterungsbau Grundschule 624 m ² NGF   	19.065 kWh/a 55 kW _p			
	Ulm Ersatzneubau Hochschule 10.003 m ² NGF   	16.784 kWh/a 369 kW _p			
Legende:					
	Wärmepumpe		Photovoltaik		Eisspeicher
	Solar-Luftabsorber		Lüftungsanlage mit WRG		

5.1 Louise-Otto-Peters-Schule in Hockenheim



Bild 6:
Eingang der Louise-Otto-Peters-Schule [Quelle: Dorothea Burkhardt].

Die Louise-Otto-Peters-Schule in Hockenheim ist die erste im Förderprogramm Effizienzhaus Plus-Bildungsbauten des Bundesbauministeriums aufgenommene Bildungseinrichtung. Der Neubau vereint drei Schulformen unter einem Dach. Für die Berufsvorbereitung, ein berufliches Gymnasium und die Ausbildung im Bereich der Altenpflege und des Erzieherberufs bietet das Gebäude insgesamt 280 Schülern Raum.

5.1.1 Allgemeine Daten

Tabelle 3:
Zusammenstellung allgemeiner Angaben zum Gebäude und zu den Projektbeteiligten der Louise-Otto-Peters-Schule.

Standort	Schubertstraße 11, 68766 Hockenheim
Baujahr	2016 – 2017
Bauherrschaft	Eigenbetrieb Bau und Vermögen Rhein-Neckar-Kreis
Architekt	Roth.Architekten.GmbH, Schwetzingen
Monitoring	ina Planungsgesellschaft mbH, Darmstadt
Technische Gebäudeausrüstung	Ingenieurbüro Willhaug GmbH, Mosbach; BF Controls Ltd., Schwabach; Beck Elektroanlagen GmbH, Helmstadt-Bargen
Bruttogrundfläche	4.190 m ²
Beheizte Nettogrundfläche	3.766 m ²
Beheiztes Gebäudevolumen	15.787 m ³
Hüllflächenfaktor AV	0,38 m ⁻¹
Anzahl der Klassen-/ Fach-/ Gruppenräume	20
Gesamtfläche Unterrichtsräume	1.307 m ²

5.1.2 Architektur

Auf dem 5.000 Quadratmeter großen Grundstück des ehemaligen katholischen Kindergartens St. Josef gegenüber der bisherigen Schule entstand ein helles, freundliches und energetisch hochmodernes Gebäude, das die Klimaschutzleitlinien des Rhein-Neckar-Kreises umsetzt und zugleich die gesetzlichen Vorgaben deutlich übererfüllt. Die LOP-Schule wurde nach zwei Jahren Bauzeit zum Schuljahr 2017/2018 in Betrieb genommen.

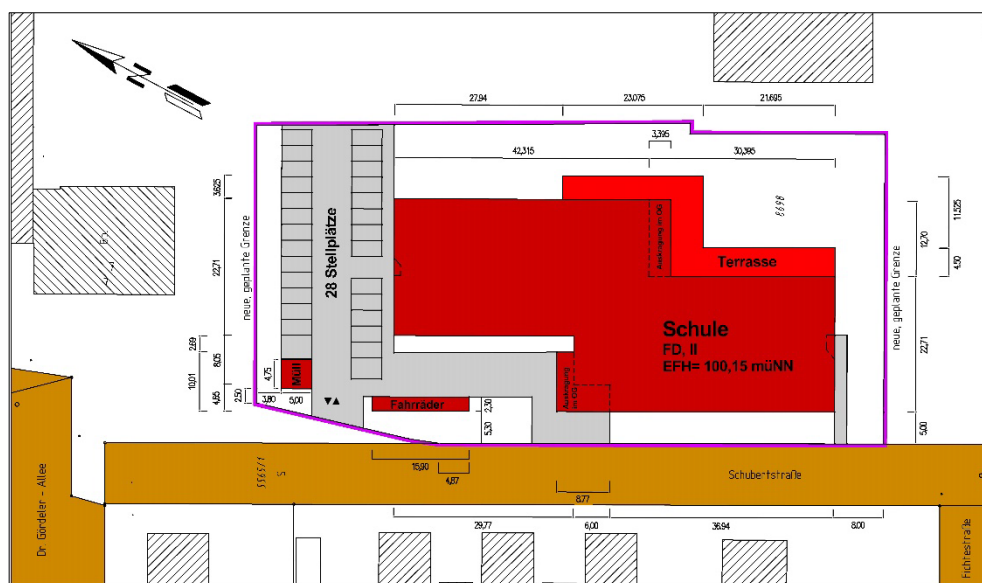


Bild 7:
Lageplan der Louise-Otto-Peters-Schule [Quelle: Roth.Architekten.GmbH].

Das klar strukturierte Schulgebäude verfügt in jeder Ebene über einen zentralen Foyerbereich, von dem aus zwei Flügel erschlossen werden. Im Erdgeschoss des Nordost-Flügels sind der gesamte Verwaltungsbereich und ein großes Lehrerzimmer angeordnet. Der Südwest-Flügel beinhaltet alle berufsbezogenen Fachräume. Im Obergeschoss befinden sich vier Unterrichtsräume, dazwischen die allgemeinen Fachräume, mehrere Schülerarbeitsräume für verschiedene Gruppengrößen und die Schülerbibliothek. Das Herzstück des Gebäudes, das mittige Foyer, dient auch als Aula, die über den zentralen Luftraum mit dem Obergeschoss verbunden ist. Für größere Versammlungen und Schulfeste ist die Aula kombinierbar mit dem Bereich für den Schüleraufenthalt und bei Bedarf auch mit dem Rhythmikraum.



Bild 8:
Erdgeschoss-Grundriss der Louise-Otto-Peters-Schule [Quelle: Roth.Architekten.GmbH].



Bild 9:
Obergeschoss-Grundriss der Louise-Otto-Peters-Schule [Quelle: Roth.Architekten.GmbH].

5.1.3 Nutzungszonen

Die beheizte Nettogrundfläche des Neubaus ist in sechs Hauptnutzungen unterteilt. Die Nutzung beeinflusst den berechneten Energiebedarf des Gebäudes. Bild 10 zeigt die Anteile der unterschiedlichen Nutzungsprofile an der beheizten Nettogrundfläche. Der Großteil der beheizten Fläche wird als Klassenzimmer und Lehrküche genutzt.

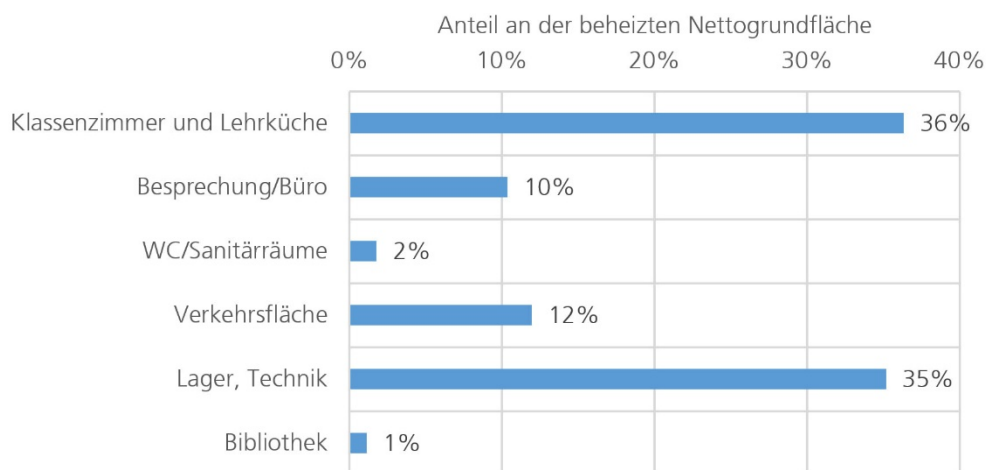


Bild 10:
Prozentuale Anteile der Nutzungen in der Louise-Otto-Peters-Schule.

5.1.4 Bauteile / Wärmeschutz

Das Gebäude ist in einer kompakten, hoch energieeffizienten und wärmebrückenarmen Konstruktion ausgeführt. Die massiven Außenwände sind mit einer 20 cm dicken Wärmedämmung versehen, auf die teilweise Klinkerriemchen geklebt sind bzw. die mit einer hinterlüfteten Metallfassade verkleidet wurde. Der U-Wert der Konstruktion beträgt 0,16 W/m²K bis 0,18 W/m²K. Die Fenster wurden als Holz-Aluminium-Fenster mit einer 3-fach-Wärmeschutzverglasung ausgebildet. Der U_w-Wert der Fenster liegt bei 0,80 W/m²K. Die massive Stahlbetondecke des Flachdaches ist mit einer im Mittel 30 cm dicken Gefälledämmung versehen, auf die oberseitig eine Abdichtung und eine Kiesschüttung aufgebracht wurden. Der U-Wert des Daches beträgt 0,13 W/m²K. Die 25 cm dicke Bodenplatte liegt auf einer druckfesten 20 cm starken Perimeterdämmung auf. Der Oberbelag des Fußbodens wird auf einem schwimmenden Estrich mit einer 8 bzw. 9 cm dicken Dämmschicht angeordnet. Der U-Wert der Bodenplatte beträgt 0,13 bis 0,14 W/m²K.

Tabelle 4:
U-Werte und Aufbau der Bauteile der Gebäudehülle der Louise-Otto-Peters-Schule.

Bauteil [-]	U-Wert [W/m²K]	Beschreibung [-]
Außenwand	0,16 – 0,18	24 cm Beton, 20 cm EPS-Dämmung (WLG 032) bzw. Mineralwolldämmplatten (WLG 035), Klinkerriemchen bzw. hinterlüftete Metallverkleidung
Fenster	0,80	Metallrahmen mit 3-fach-Wärmeschutzverglasung (g = 0,58)
Dach	0,13	28 cm Stahlbetondecke, 30 cm (im Mittel) Gefälledämmung Polystyrolämmstoffplatten (WLG 035), Kiesschüttung
Bodenplatte	0,13 – 0,14	20 cm Perimeterdämmung (WLG 035), 25 cm Betonplatte, 8 – 9 cm Trittschall-/ Wärmedämmung (WLG 045/035)

5.1.5 Anlagentechnik

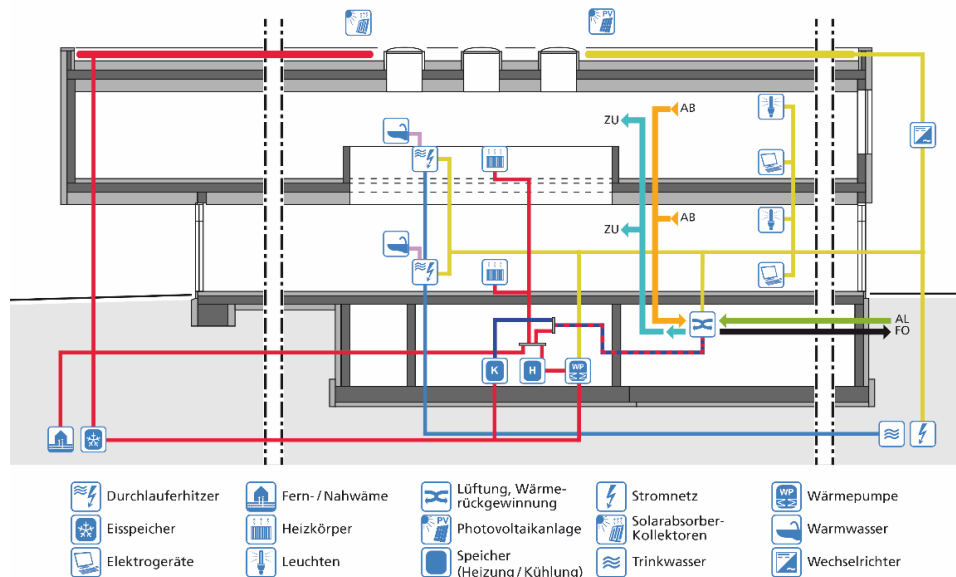


Bild 11:
Längsschnitt durch das Gebäude und Konzeption der Haustechnik der Louise-Otto-Peters-Schule.

Die Wärmeversorgung des Gebäudes wird mit einer Sole-Wasser-Wärmepumpe mit einer Leistung von 29 kW sichergestellt. Als Wärmequellen dienen dabei ein im Erdreich befindlicher Eisspeicher (Wasservolumen 82 m³) sowie 14 Solarabsorber-Kollektoren mit einer Gesamtgröße von 40 m² und einer Entzugsleistung von 27.720 kWh/a, die auf dem Dach installiert sind. Zu Spitzenlastzeiten erfolgt die Wärmeversorgung zusätzlich über das städtische Fernwärmenetz. Die Wärme wird zu ca. 10 % über Heizkörper und zu 90 % über die Lüftung durch Luftauslässe in der Decke bzw. im Deckensprung übertragen. Dabei wird die Frischluft im Zentrallüftungsgerät im Vor- und Nacherhitzer thermisch behandelt, bevor sie mittels einer unterschiedlich temperierten Zweikanalanlage an

die Klassenzimmer übergeben wird. Die raumweise Temperaturregelung wird über Volumenstromregler in den abgehängten Decken umgesetzt.

Durch den Einsatz der Wärmepumpe in Kombination mit der Eisspeichertechnologie soll ein energieeffizienter Betrieb sichergestellt werden, der auch für die sommerliche passive Kühlung genutzt werden kann. Die zentrale mechanische Lüftungsanlage mit einem Wärmerückgewinnungsgrad von über 80 % sorgt für die Minimierung der Wärmeverluste im Winter und für den Raumlufthkomfort. Durch dezentrale Volumenstromregler in den Decken kann die Raumlufthqualität individuell angepasst werden. Eine natürliche Lüftung über die Fenster ist möglich. Die Warmwasserbereitung erfolgt in ausgewählten Räumen dezentral über elektrische Durchlauferhitzer. Auf dem Dach ist eine 1.048 m² große Photovoltaikanlage, bestehend aus 639 Modulen mit monokristallinen Solarzellen, installiert. Ihre Leistung beträgt 191,4 kW_p. Die Module sind in Nordost- und Südwest-Richtung ausgerichtet.

5.1.6 Energie

Das Gebäude benötigt gemäß Berechnung 148.898 kWh Endenergie im Jahr (39,5 kWh/m²_{beh. NGF}·a) in Form von Strom und Nahwärme aus dem städtischen Netz. Davon wird mehr als die Hälfte (62 %) für den Betrieb der haustechnischen Anlagen verwendet, untergeordnet sind die Aufwände für Nutzerstrom (25 %) und Beleuchtung (13 %). Die Photovoltaikanlage auf dem Dach der Schule erzeugt gemäß einer PV-Simulation am Klimareferenzort Potsdam 164.748 kWh erneuerbaren Strom im Jahr und sorgt für einen erwarteten jährlichen Überschuss in der Endenergiebilanz von 15.850 kWh/a. Voraussichtlich werden vom lokal generierten Strom der PV-Anlage 47 % im Gebäude selbst genutzt und 53 % ins Netz eingespeist. Primärenergetisch bewertet beträgt der Bilanzüberschuss voraussichtlich 159.425 kWh/a.

Tabelle 5:
Berechneter Endenergiebedarf der Louise-Otto-Peters-Schule.

Komponente [-]	Endenergiebedarf [kWh/a]	Spezifischer Endenergiebedarf [kWh/m ² a]* ¹
Heizung (KWK, Nahwärme)	39.220	10,4
Warmwasser, Heizung (Strom)	24.309	6,5
Kühlung (Strom)	1.584	0,4
Hilfsenergie für Heizung, Warmwasser, Kühlung, Lüftung (Strom)	27.144	7,2
Beleuchtung (Strom)	18.981	5,0
Nutzerstrom	37.660	10,0
Gesamt	148.898	39,5

*¹) bezogen auf die beheizte NGF 3.766 m²

Tabelle 6:
Berechnete Endenergiedeckung der Louise-Otto-Peters-Schule.

Komponente [-]	Endenergiedeckung [kWh/a]	Spezifische Endenergie- deckung [kWh/m ² a] ^{*2}
PV-Strom	164.784 ^{*3} (111.881 ^{*4})	157,2 (107,0)
Gesamt	164.784	157,2

*2) bezogen auf die PV-Modulfläche 1.048 m²

*3) gemäß PV-Simulation am Standort Potsdam

*4) nach DIN V 18599 mit Standardwerten und Referenzklima Potsdam

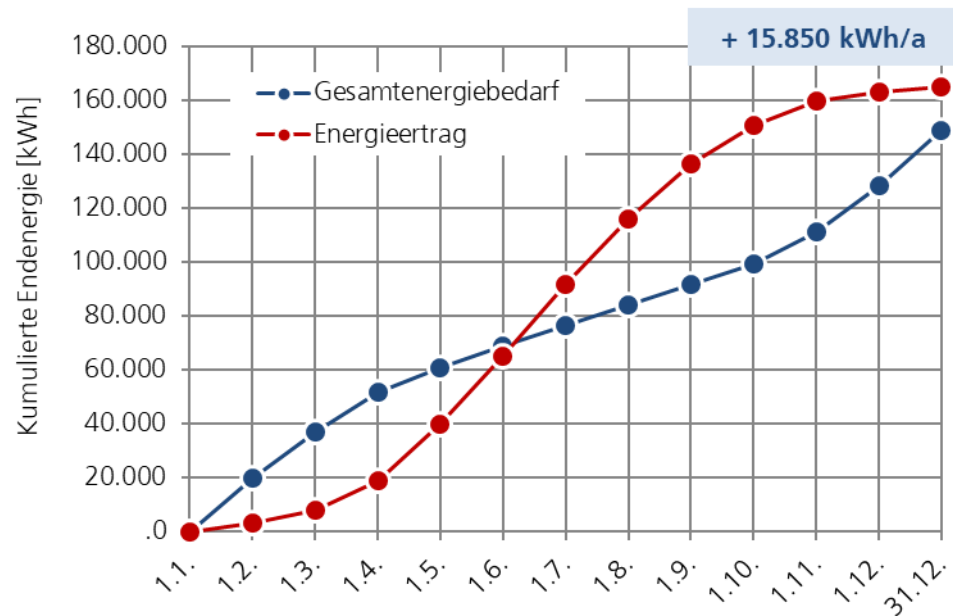


Bild 12:
Prognostizierter Endenergieüberschuss der Louise-Otto-Peters-Schule.

Tabelle 7:
Primärenergiebedarf der erforderlichen Energieträger der Louise-Otto-Peters-Schule.

Komponente [-]	Primärenergiebedarf [kWh/a]* ⁵	Spezifischer Primärenergiebedarf [kWh/m ² a]* ¹
Nahwärme nach EnEV	27.453	7,3
Strombedarf (TGA + Licht)	36.346	9,7
Nutzerstrom nach Effizienzhaus Plus	22.482	6,0
Gesamt	86.281	22,9

*¹) bezogen auf die beheizte NGF 3.766 m²

*⁵) vom PV-Ertrag werden 47 % im Gebäude selbst genutzt

Tabelle 8:
Primärenergiegutschrift der Louise-Otto-Peters-Schule.

Komponente [-]	Primärenergiegutschrift [kWh/a]* ⁶	Spezifische Primärenergiegutschrift [kWh/m ² a]* ²
PV-Strom	245.706	234,5
Gesamt	245.706	234,5

*²) bezogen auf die PV-Modulfläche 1.048 m²

*⁶) vom PV-Ertrag werden 53 % in das öffentliche Netz eingespeist

5.2 Gymnasium Neutraubling



Bild 13:
Teilansicht der Gebäude-Südseite [Quelle: Gymnasium Neutraubling].

Das Gymnasium Neutraubling wurde 1974 errichtet und mehrfach erweitert. Vor Projektbeginn umfasste das Schulgebäude drei miteinander verbundene Bauteile, eine Mensa, eine 3-fach-Sporthalle mit Klassentrakt sowie eine 1-fach-Sporthalle. Im Rahmen des Förderprogramms wird die Schulanlage um einen Neubau vergrößert und ein bestehender Gebäudeteil saniert.

5.2.1 Allgemeine Daten

Tabelle 9:
Zusammenstellung allgemeiner Angaben zum Gebäude und zu den Projektbeteiligten des Gymnasiums Neutraubling.

Standort	Gregor-Mendel-Straße 5, 93073 Neutraubling
Baujahr	Bauabschnitt 1: Neubau 2017 – 2018; Bauabschnitte 2 und 3: Sanierung 2020 – 2021
Bauherrschaft	Landkreis Regensburg
Architekt	Architekturbüro Winkler-Architekten, Wörth an der Donau
Monitoring	Technische Universität Dresden, Institut für Energietechnik – IET; EA Systems Dresden GmbH
Technische Gebäudeausrüstung	Ingenieurbüro Scholz GmbH & Co. KG, Regensburg
Bruttogrundfläche	12.830 m ²
Beheizte Nettogrundfläche	10.338 m ²
Beheiztes Gebäudevolumen	45.510 m ³
Hüllflächenfaktor AV	0,33 – 0,38 m ⁻¹
Anzahl der Klassen-/ Fach-/ Gruppenräume	67
Gesamtfläche Unterrichtsräume	3.970 m ²

5.2.2 Architektur

Das 1975 in Betrieb genommene und mittlerweile sanierungsbedürftige Schulgebäude wird erweitert, umgebaut und generalsaniert.

Mit dem Neubau entstand ein neuer zweigeschossiger Querriegel im Süden des Schulgrundstücks, parallel zur angrenzenden Straße. Im Erdgeschoss dieses Gebäudes wurden die Räume für die Ganztagschule angeordnet. Im Obergeschoss wurden alle Verwaltungseinrichtungen der Schule inklusive Lehrerzimmer und Bibliothek zusammengeführt. Der Neubau hat einen separaten Eingang und einen Verbindungsgang zum benachbarten Mensa-Gebäude.

Im zweiten Bauabschnitt wird der dreigeschossige Mittelbau mit freigestellter Treppenanlage und durchlaufendem Luftraum saniert. Das Gebäude schließt direkt an den Neubau an und beherbergt in allen drei Geschossen hauptsächlich Klassenzimmer mit unterschiedlicher Nutzung. Nach einem Gebäudeteilabbruch erhält der Mittelbau zudem einen neuen ostseitigen Anbau mit erweitertem Aulabereich, Windfang und Pausenausgabe. Nordseitig und südwestlich zum Innenhof werden neue überdachte Pausenausgänge geschaffen.

Nach Abschluss der Arbeiten im zweiten Bauabschnitt wird weiterführend der westlich gelegene dritte Bauabschnitt saniert und energetisch verbessert.



Bild 14:
Lageplan der Gesamtanlage des Gymnasiums Neutraubling [Quelle: Winkler-Architekten].

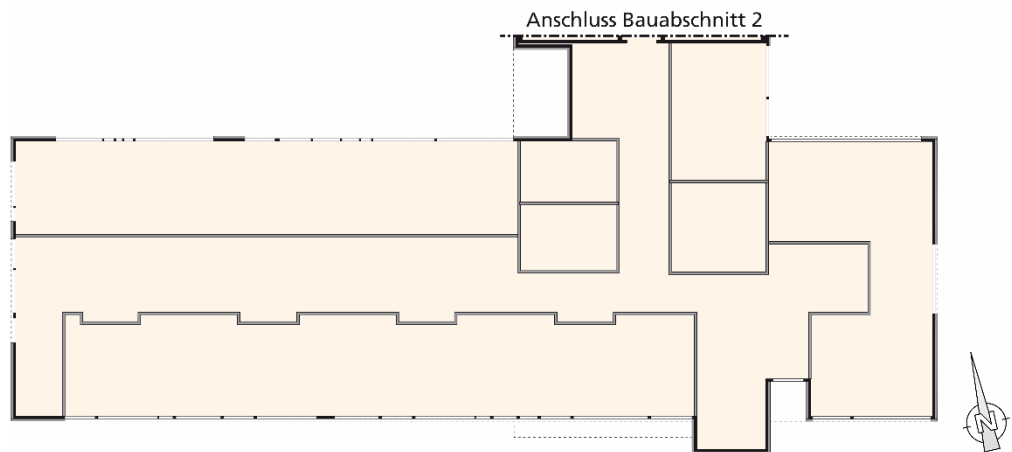


Bild 15:
Erdgeschoss-Gebäudeumriss des Neubaus, Bauabschnitt 1 des Gymnasiums Neutraubling [Quelle: Winkler-Architekten].

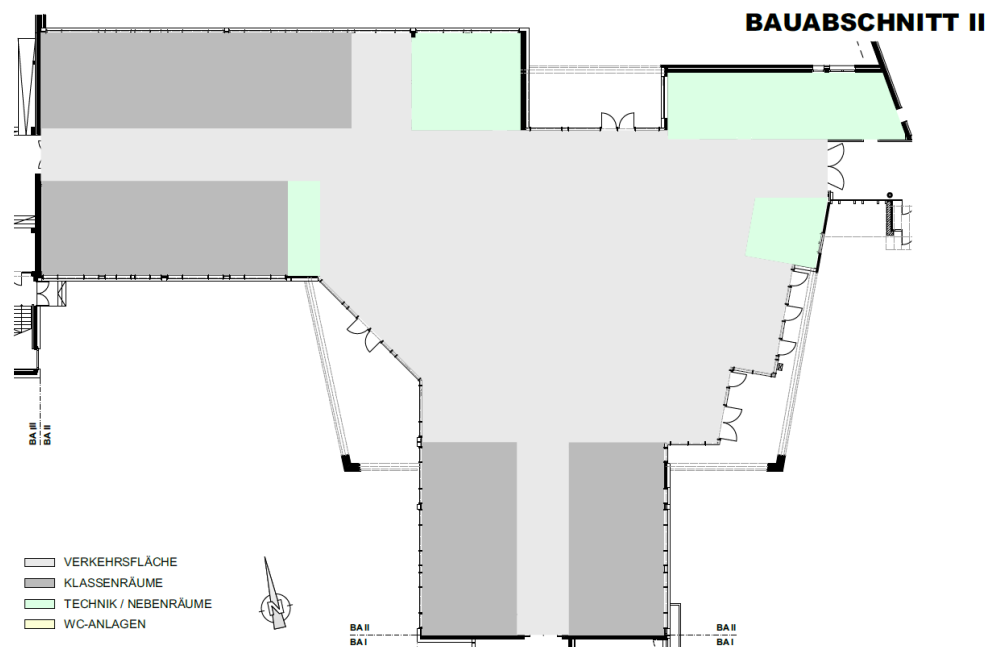


Bild 16:
Erdgeschoss-Gebäudeumriss der Sanierung, Bauabschnitt 2 und 3 des Gymnasiums Neutraubling [Quelle: Winkler-Architekten].

5.2.3 Nutzungszonen

Die beheizte Nettogrundfläche der neuen und sanierten Gebäudeteile des Gymnasiums ist in sieben Hauptnutzungen unterteilt. Die Nutzung beeinflusst den berechneten Energiebedarf einer Zone. Bild 17 zeigt die Anteile der unterschiedlichen Nutzungsprofile an der beheizten Nettogrundfläche. Der Großteil der beheizten Fläche wird als Klassenzimmer und Verkehrsfläche genutzt.

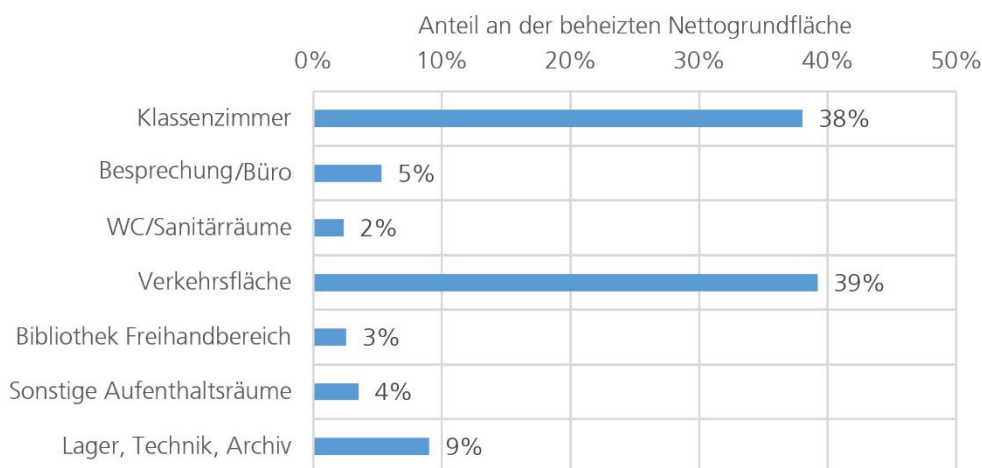


Bild 17:
Prozentuale Anteile der Nutzungen im Gymnasium Neutraubling.

5.2.4 Bauteile / Wärmeschutz

Der Neubau ist in einer kompakten, hoch energieeffizienten und wärmebrückenarmen Konstruktion ausgeführt. Die massiven Außenwände sind mit einer 26 cm dicken Wärmedämmung versehen, auf die eine 1 cm dicke Putzschicht aufgetragen wurde. Der U-Wert der Konstruktion beträgt $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$. Die Fenster der Klassenräume sind als Holz-Aluminium-Fenster mit einer 3-fach-Wärmeschutzverglasung ausgebildet. In den Treppenhäusern ist eine Aluminium-Pfosten-Riegel-Fassade, die mit einer tageslichtlenkenden Sonnenschutzverglasung versehen wurde. Der U_w -Wert der Fenster und der Pfosten-Riegel-Fassade liegt bei $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Die massive Stahlbetondecke des Flachdaches wurde mit einer im Mittel 23 cm dicken Gefälledämmung versehen, auf die oberseitig eine Abdichtung und eine Kiesschüttung aufgebracht wurden. Der U-Wert des Daches beträgt $0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$. Die 20 cm dicke Bodenplatte liegt auf einer druckfesten 16 cm starken Perimeterdämmung auf. Der Oberbelag des Fußbodens wurde auf einem schwimmenden Estrich mit einer 9 cm dicken Dämmschicht angeordnet. Der U-Wert der Bodenplatte beträgt $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Tabelle 10:
U-Werte und Aufbau der Bauteile der Gebäudehülle (Neubau) des Gymnasiums Neutraubling.

Bauteil [-]	U-Wert [W/m ² K]	Beschreibung [-]
Außenwand	0,16	25 cm Beton, 26 cm Kalzium-Silikat-Hydrat-Platten (WLG 045), Putz
Fenster	0,76	Holz-Aluminium-Rahmen mit 3-fach-Wärmeschutzverglasung (g = 0,50)
Fassade	0,80	Aluminium-Pfosten-Riegel-Fassade mit 3-fach-Sonnenschutzverglasung (g = 0,09 bis 0,26 in Abhängigkeit des Sonnenstands)
Dach	0,11	20 cm Stahlbetondecke, 23 cm (im Mittel) Gefälledämmung Polyurethan-Hartschaum (WLG 026), Kiesschüttung
Bodenplatte	0,15	16 cm Perimeterdämmung (WLG 040), 20 cm Betonplatte, 6 cm Ausgleichsdämmung (WLG 035), 3 cm Trittschall-/Wärmedämmung (WLG 040), 7 cm Zementestrich

In den im Effizienzhaus Plus-Standard sanierten Gebäudeteilen werden die Fenster ausgetauscht. Die bestehenden, massiven Außenwände sind innenseitig mit 3,5 cm zementgebundenen Holzwole-Leichtbauplatten verkleidet und werden mit einer 26 cm dicken Wärmedämmung aus Kalzium-Silikat-Hydrat-Platten versehen. Darauf wird eine 1 cm dicke Putzschicht aufgetragen. Der U-Wert der Konstruktion beträgt 0,15 W/m²K. Die Fenster der Klassenräume sind als Holz-Aluminium-Fenster mit einer 3-fach-Wärmeschutzverglasung ausgebildet. In den Treppenhäusern ist eine Aluminium-Pfosten-Riegel-Fassade ausgeführt, die mit einer tageslichtlenkenden Sonnenschutzverglasung versehen wurde. Der U_w-Wert der Fenster in den Klassenräumen liegt bei 0,9 W/m²K und der der Pfosten-Riegel-Fassade bei 0,8 W/m²K. Die massive Stahlbetondecke des Flachdaches ist mit einer im Mittel 20 cm dicken Gefälledämmung versehen, auf die oberseitig eine Abdichtung und eine Kiesschüttung aufgebracht werden. Der U-Wert des Daches beträgt 0,11 W/m²K. Auf der 20 cm dicken Bodenplatte liegt eine 2 cm starke, druckfeste Perimeterdämmung. Der Oberbelag des Fußbodens wird auf einem schwimmenden Estrich mit einer 3 cm dicken Dämmschicht angeordnet. Der U-Wert der Bodenplatte beträgt 0,52 W/m²K.

Tabelle 11:
U-Werte und Aufbau der Bauteile der Gebäudehülle (Sanierung) des Gymnasiums Neutraubling.

Bauteil [-]	U-Wert [W/m²K]	Beschreibung [-]
Außenwand	0,15	1,5 cm Putzmörtel aus Kalkgips, 3,5 cm Holzwolke-Leichtbauplatten (Bestand), 19 cm Beton, 26 cm Kalzium-Silikat-Hydrat-Platten (WLG 045), Putz
Fenster	0,90	Holz-Aluminium-Rahmen mit 3-fach-Wärmeschutzverglasung (g = 0,50)
Fassade	0,80	Aluminium-Pfosten-Riegel-Fassade mit 3-fach-Sonnenschutzverglasung (g = 0,09 bis 0,26 in Abhängigkeit des Sonnenstands)
Dach	0,11	20 cm Stahlbetondecke, 20 cm (im Mittel) Gefälledämmung Polyurethan-Hartschaum (WLS 023), Kiesschüttung
Bodenplatte	0,52	20 cm Betonplatte, 3 cm Wärmedämmung (WLG 040), 7 cm Zementestrich

5.2.5 Anlagentechnik

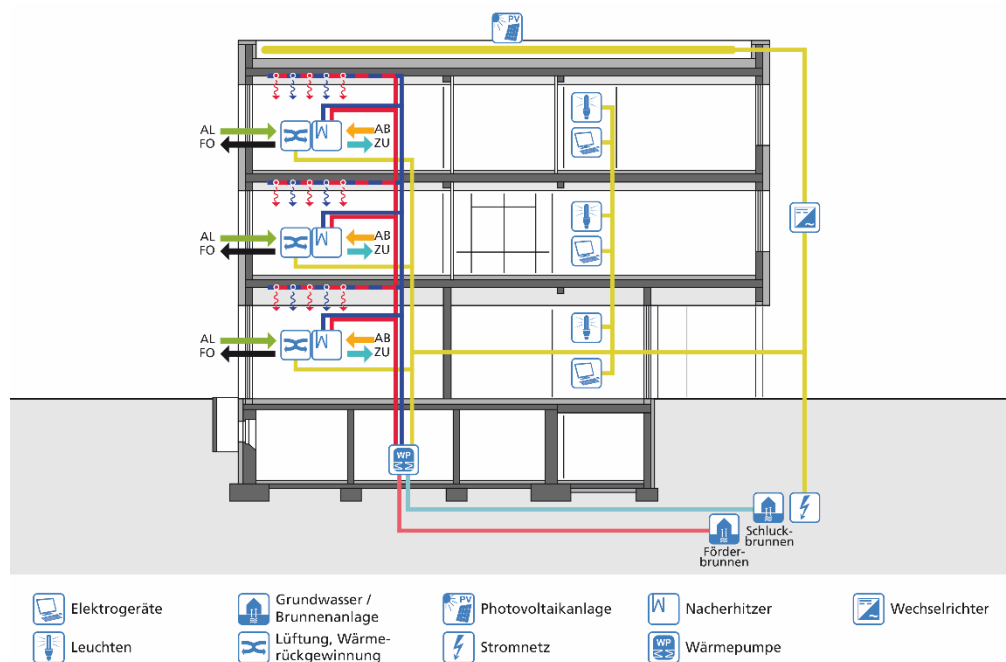


Bild 18:
Längsschnitt durch das Gebäude und Konzeption der Haustechnik des Gymnasiums Neutraubling.

Zur Wärme- und Kälteversorgung der Bauabschnitte 1 bis 3 werden reversible Wasser-Wasser-Wärmepumpen eingesetzt. Die kaskadierte Anlage (2x 50 kW + 1x 70 kW) nutzt aus der gemeinsamen Brunnenanlage Grundwasser als Ener-

giequelle. Sie versorgt die Heiz- und Kühldecken sowie die Nacherhitzer der dezentralen Lüftungsanlagen. Die Verteilungen innerhalb der Gebäude werden im Niedertemperaturbereich bzw. im Kühlfall mit Grundwassertemperatur betrieben, so dass nur geringe Leitungsverluste zu erwarten sind. Die Wärmepumpen speisen direkt in das Heiznetz ein und können somit variabel mit möglichst niedriger Zieltemperatur betrieben werden. Im EDV- und Serverraum ist eine aktive Kühlung mittels Wärmepumpe möglich. In den Klassenräumen erfolgt eine passive Kühlung, dabei bleibt der Verdichter der Wärmepumpe außer Betrieb und das Grundwasser wird direkt über einen Wärmeübertrager in den Kühlkreislauf geführt. In den Klassenzimmern werden die Einzellüftungsgeräte mit den Heiz- und Kühldecken verbunden, wodurch die Raumtemperatur über die Regelung des Lüftungsgerätes beeinflusst wird. Die Energiezufuhr über das Lüftungsgerät und die Flächenheizung können raumweise geregelt werden. Hierdurch kann eine kostspielige, übergeordnete Mess-, Steuer- und Regelungstechnik entfallen.

Auf dem Dach des Neubaus ist eine 585 m² große Photovoltaik-Anlage aus polykristallinen Siliziumzellen mit einer Leistung von 94,3 kW_p installiert. Auf den Dächern der Bauabschnitte 2 und 3 ist eine 800 m² große PV-Anlage mit einer Leistung von 131,7 kW_p vorgesehen. Ergänzt werden die Photovoltaikanlagen durch eine nach Süden ausgerichtete und ca. 10 ° geneigte Bestandsanlage auf der 3-fach-Turnhalle mit ca. 1.023 m², die eine Leistung von 127 kW_p aufweist.

5.2.6 Energie

Die Gebäudeteile im Effizienzhaus Plus-Standard benötigen gemäß Berechnung 269.786 kWh Strom im Jahr (26 kWh/m²_{beh.} NGF·a). Davon wird etwa die Hälfte (46 %) für den Betrieb der haustechnischen Anlagen verwendet, untergeordnet sind die Aufwände für Nutzerstrom (39 %) und Beleuchtung (16 %). Die Photovoltaikanlage auf dem Dach des Schulkomplexes erzeugt unter durchschnittlichen Klimabedingungen 306.401 kWh erneuerbaren Strom im Jahr und sorgt so für einen erwarteten jährlichen Überschuss in der Endenergiebilanz von 36.615 kWh/a. Vom lokal generierten Strom der PV-Anlage werden voraussichtlich 55 % in den Effizienzhaus Plus-Gebäudeteilen selbst genutzt und 45 % ins Netz eingespeist bzw. in den weiteren Gebäudeteilen der Liegenschaft genutzt. Primärenergetisch bewertet beträgt der Bilanzüberschuss voraussichtlich 205.099 kWh/a.

Tabelle 12:
Berechneter Endenergiebedarf des Gymnasiums Neutraubling.

Komponente [-]	Endenergiebedarf [kWh/a]	Spezifischer Endenergiebedarf [kWh/m ² a]* ¹
Warmwasser, Heizung (Strom)	66.318	6,4
Kühlung (Strom)	4.062	0,4
Hilfsenergie für Heizung, Warmwasser, Kühlung, Lüftung (Strom)	53.526	5,2
Beleuchtung (Strom)	41.997	4,0
Nutzerstrom	103.883	10,0
Gesamt	269.786	26,0

*¹) bezogen auf die beheizte NGF 10.388 m²

Tabelle 13:
Berechnete Endenergiedeckung des Gymnasiums Neutraubling.

Komponente [-]	Endenergiedeckung [kWh/a]	Spezifische Endenergiedeckung [kWh/m ² a]* ²
PV-Strom	306.401* ³ (251.627* ⁴)	127,5 (104,7)
Gesamt	306.401	127,5

*²) bezogen auf die PV-Modulfläche 2.403 m²

*³) nach DIN V 18599 mit Modulnennleistung

*⁴) nach DIN V 18599 mit Standardwerten und Referenzklima Potsdam

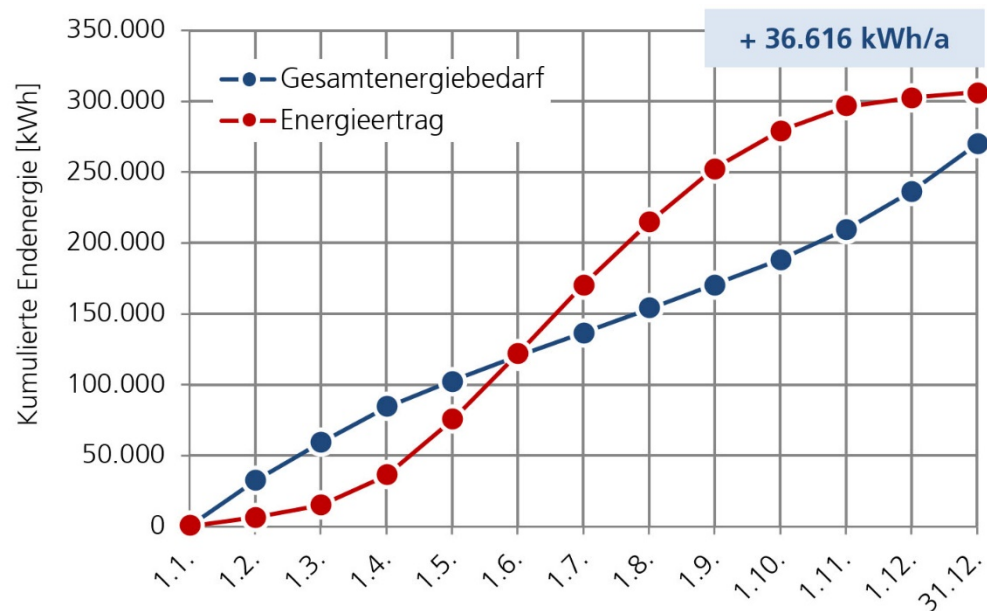


Bild 19:
Prognostizierter Endenergieüberschuss.

Tabelle 14:
Primärenergiebedarf der erforderlichen Energieträger des Gymnasiums Neutraubling.

Komponente [-]	Primärenergiebedarf [kWh/a]* ⁵	Spezifischer Primärenergiebedarf [kWh/m ² a]* ¹
Strombedarf (TGA + Licht)	108.103	10,4
Nutzerstrom nach Effizienzhaus Plus	76.529	7,4
Gesamt	184.633	17,8

*¹) bezogen auf die beheizte NGF 10.388 m²

*⁵) vom PV-Ertrag werden 55 % im Gebäude selbst genutzt

Tabelle 15:
Primärenergiegutschrift des Gymnasiums Neutraubling.

Komponente [-]	Primärenergiegutschrift [kWh/a]* ⁶	Spezifische Primärenergiegutschrift [kWh/m ² a]* ²
PV-Strom	389.731	162,2
Gesamt	389.731	162,2

*²) bezogen auf die PV-Modulfläche 2.403 m²

*⁶) vom PV-Ertrag werden 45 % in das öffentliche Netz eingespeist

5.3 Berufliches Schulzentrum in Mühldorf am Inn



Bild 20:
Südfassade des Beruflichen Schulzentrums Mühldorf am Inn [Quelle: ARIS Architekten].

Der Schulkomplex des beruflichen Schulzentrums in Mühldorf am Inn beinhaltet die staatliche Berufsschule II und die staatlichen Berufsfachschulen für Pflege, Ernährung und Versorgung, Kinderpflege und Sozialpflege. Ein Neubau im Effizienzhaus Plus-Standard wurde in zwei Bauabschnitten auf dem Schulkomplex errichtet.

5.3.1 Allgemeine Daten

Tabelle 16:
Zusammenstellung allgemeiner Angaben zum Gebäude und zu den Projektbeteiligten des Beruflichen Schulzentrums in Mühldorf am Inn.

Standort	Innstraße 41, 84453 Mühldorf am Inn
Baujahr	2016 – 2020
Bauherrschaft	Landkreis Mühldorf am Inn
Architekt	ARGE Schmuck-Anghuber: Architekturbüro Schmuck, München; ARIS – Anghuber und Reithmeier Partnerschaftsgesellschaft mbB, Kraiburg am Inn
Monitoring	Fachhochschule Rosenheim
Technische Gebäudeausrüstung	COPLAN AG, Mühldorf am Inn; Ingenieurteam Mühldorf, Mühldorf am Inn
Bruttogrundfläche	10.670 m ²
Beheizte Nettogrundfläche	9.596 m ²
Beheiztes Gebäudevolumen	38.769 m ³
Hüllflächenfaktor AV	0,29 m ⁻¹
Anzahl der Klassen-/ Fach-/ Gruppenräume	BA 1: 39 BA 2: 25
Gesamtfläche Unterrichtsräume	BA 1: 2.082 m ² BA 2: 1.597 m ²

5.3.2 Architektur

Auf dem Campus entsteht ein neuer großzügiger Eingangsbereich mit zentralem Erschließungsbereich, der auf seiner Süd- und Ostseite von dem im Effizienzhaus Plus-Standard konzipierten Neubau flankiert wird. Dieses Bauvorhaben gliedert sich in zwei Bauabschnitte und wird stufenweise bei gleichzeitigem Schulbetrieb realisiert. Der erste Bauabschnitt wurde zum Schuljahr 2018/19 in Betrieb genommen. Der zweite Bauabschnitt soll voraussichtlich bis Ende des Jahres 2020 fertig gestellt werden.

Das 2001 errichtete Bestandsgebäude bleibt erhalten und wird in das Gesamtkonzept des Neubaus integriert. Auf der nördlichen Seite bildet die geplante Zweifeld-Turnhalle den baulichen Abschluss des neuen Eingangsbereiches.

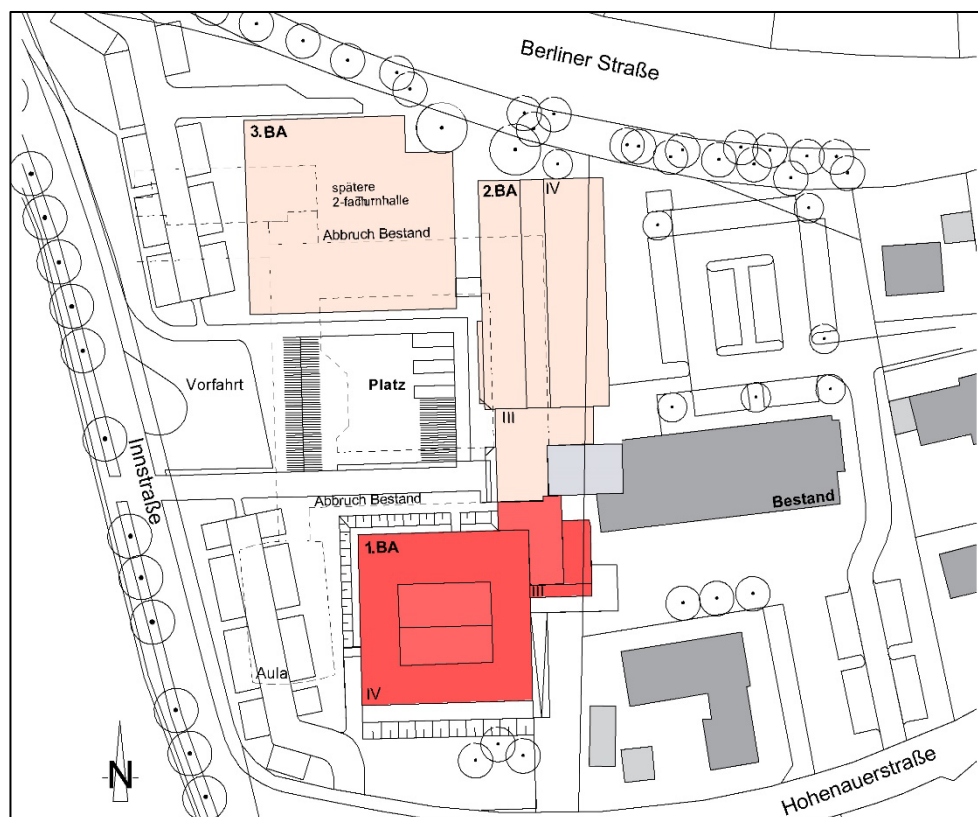


Bild 21:
Lageplan der Gesamtanlage des Beruflichen Schulzentrums in Mühlendorf am Inn.

Die Gebäude sind einfach und übersichtlich strukturiert. Ausgehend vom zentralen Eingangsbereich um das bestehende Haupttreppenhaus werden alle Baukörper auf kurzen Wegen erschlossen. Der erste Bauabschnitt organisiert sich um ein inneres Atrium über alle Geschosse mit kommunikationsfördernder Atmosphäre. Er enthält, neben Unterrichts- und Fachräumen für unterschiedliche Berufsbilder, die Mensa, die Kantine, den Pausenraum und die Bäckereifach-

klasse. Im zweiten Bauabschnitt werden weitere Klassen- und Fachräume untergebracht. Zudem werden in diesem Bauabschnitt Mehrzweckräume und im ersten Obergeschoss die allgemeinen Verwaltungsbereiche angeordnet. Die Architektur der Neubauten setzt bewusst auf eine zurückhaltende, aber selbstbewusste und der Aufgabe angemessene Formensprache. Das Proportionenspiel zwischen dem kräftigen Würfel des ersten Bauabschnitts, dem Bestandsriegel, dem nördlich anschließenden zweiten Bauabschnitt sowie der zukünftigen Sporthalle ergibt ein ausgewogenes Erscheinungsbild des Gesamtkomplexes. Der Entwurf wurde so konzipiert, dass auf dem Grundstück noch Erweiterungsmöglichkeiten für ergänzende Gebäude vorhanden sind.

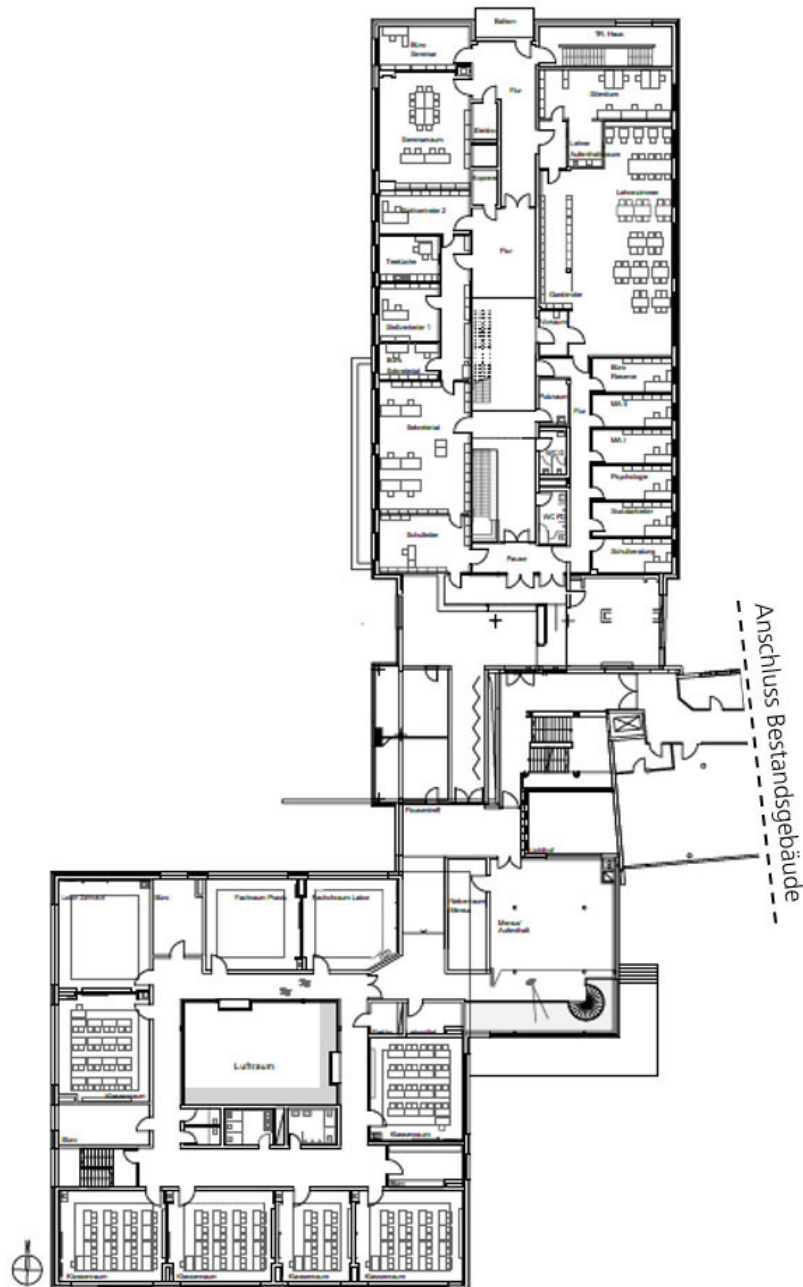


Bild 22:
Erdgeschoss-Grundriss des 1. und 2. Bauabschnitts des Beruflichen Schulzentrums in Mühldorf
am Inn [Quelle: ARGE Schmuck-Anglhuber Architekten].

5.3.3 Nutzungszonen

Die beheizte Nettogrundfläche des Neubaus ist in acht Hauptnutzungen unterteilt. Die Nutzung beeinflusst den berechneten Energiebedarf des Gebäudes. Bild 23 zeigt die Anteile der unterschiedlichen Nutzungsprofile an der beheizten Nettogrundfläche. Der Großteil der beheizten Fläche wird als Klassenzimmer und Werkräume sowie Verkehrsfläche genutzt.

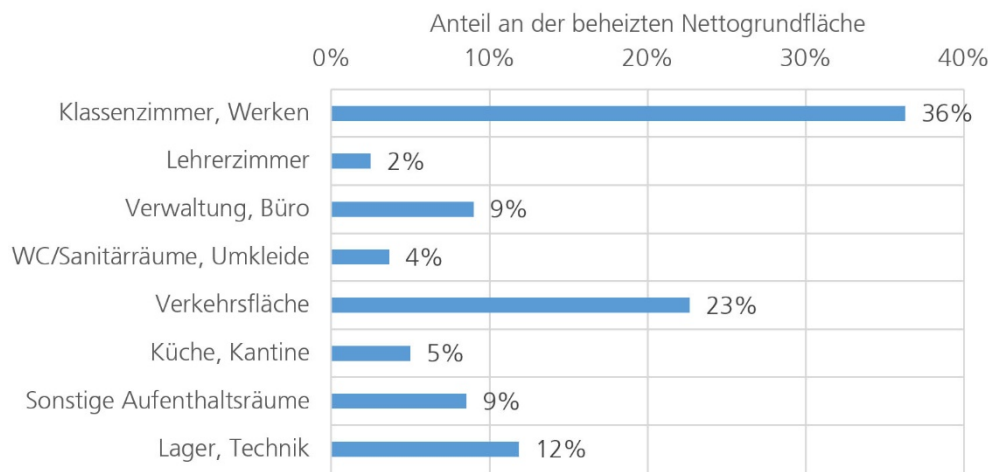


Bild 23:
Prozentuale Anteile der Nutzungen im Beruflichen Schulzentrum in Mühldorf am Inn.

5.3.4 Bauteile / Wärmeschutz

Die Gebäude sind in einer kompakten, hoch energieeffizienten und wärmebrückenarmen Konstruktion ausgeführt. Die massiven Außenwände sind mit einer 25 cm dicken Wärmedämmung versehen, die mit einer hinterlüfteten Fassadenbekleidung verkleidet wurde. Der U-Wert der Konstruktion beträgt $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$. Die Fenster wurden als Holz-Aluminium-Fenster mit einer 3-fach-Wärmeschutzverglasung ausgebildet. Der U_w -Wert der Fenster liegt bei $0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$. Die Fenster sind teilweise mit automatisch geregeltm Sonnenschutz versehen. Die massive Stahlbetondecke ist mit einer 35 cm dicken Wärmedämmung versehen. Der U-Wert des Daches beträgt $0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$. Der 15 cm starke Faserbeton liegt auf einer druckfesten 12 cm starken Perimeterdämmung. Der Bodenbelag des Fußbodens wurde auf einem schwimmenden Estrich mit einer 11 cm dicken Dämmschicht angeordnet. Der U-Wert der Bodenplatte beträgt $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Tabelle 17:
U-Werte und Aufbau der Bauteile der Gebäudehülle des Beruflichen Schulzentrums in Mühldorf am Inn.

Bauteil [-]	U-Wert [W/m²K]	Beschreibung [-]
Außenwand	0,14	1,5 cm Putz, 20 cm Beton, 25 cm Mineralwolle-Dämmplatten (WLG 035), 3 cm belüftete Luftschicht, 2 cm Fassadenplatte
Fenster	0,82	Holz-Aluminium-Fenster mit 3-fach-Wärmeschutzverglasung (g = 0,49)
Dach	0,11	1,5 cm Putz, 18 cm Stahlbetondecke, 35 cm Mineralwolle-Dämmplatten (WLG 035), Schüttung aus Sand, Kies, Split
Bodenplatte	0,14	12 cm Perimeterdämmung (WLG 035), 15 cm Faserbeton, 11 cm Trittschall-/Wärmedämmung (WLG 040/WSG 024), 6 cm Estrich, 1,5 cm Bodenbelag

5.3.5 Anlagentechnik

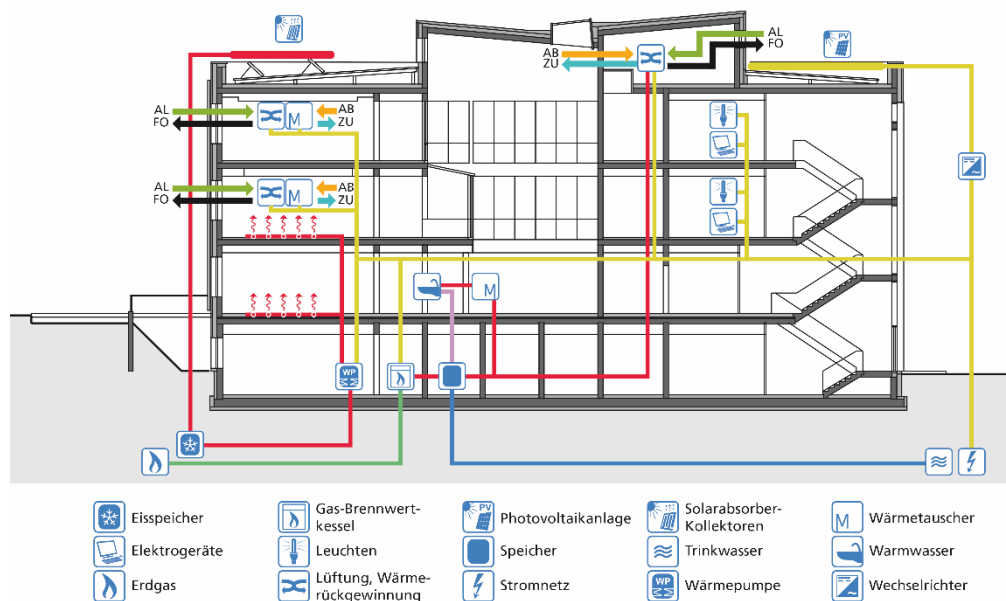


Bild 24:
Längsschnitt durch das Gebäude und Konzeption der Haustechnik des Beruflichen Schulzentrums in Mühldorf am Inn.

Die Wärmeversorgung des Gebäudekomplexes wird mit einer Sole-Wasser-Wärmepumpe (150 kW) in Kombination mit einem Eisspeicher (380 m³) und 217 m² Solarabsorbern zur Grundlastdeckung sichergestellt. Ergänzend ist ein Gas-Brennwert-Spitzenlastkessel (460 kW) aufgestellt. Die Wärme wird über ein Vierleitersystem verteilt. Das Niedertemperatur-Verteilsystem (45/35 °C) wird von der Wärmepumpe gespeist und versorgt die Flächenheizsysteme in den Neubaubereichen. Das Hochtemperatur-Verteilsystem (70/40 °C) wird vom

Brennwertkessel gespeist und versorgt das zentrale Trinkwarmwassersystem (Trinkwasserstation) der Mensa und der Fachklasse Bäckerei, die zentrale Lüftungsanlage und das Heizsystem des Bestandsgebäudes. Die Abwärmen aus den Kühlzellen der Fachklasse Bäckerei und der Mensa werden dem Niedertemperaturnetz wieder zugeführt. Im Sommer werden die Flächenheizsysteme als Kühlflächen genutzt.

Zentrale mechanische Lüftungsanlagen mit einem Wärmerückgewinnungsgrad von 90 % sorgen für den Raumluftkomfort in der Mensa, der Kantine, dem Pausenraum und den Sanitärbereichen. Die Luft wird dabei in einem Vorerhitzer thermisch behandelt, bevor sie an die Räume übergeben wird. Die Klassen-, Fach- und Verwaltungsräume sind mit dezentralen Lüftungsgeräten mit elektrischen Nachheizregistern ausgestattet. Zur Deckung des Endenergiebedarfs des Gebäudes sind auf den Dächern des Schulkomplexes neben bestehenden Photovoltaikmodulen neue Module mit monokristallinen Solarzellen geplant. Die gesamte Anlage soll eine Fläche von 2.563 m² und eine Leistung von ca. 410 kW_p aufweisen.

5.3.6 Energie

Der Neubau benötigt gemäß Berechnung 367.023 kWh Endenergie im Jahr (38,2 kWh/m²_{beh. NGF}·a) in Form von Strom und Erdgas. Davon wird etwa die Hälfte (47 %) für den Betrieb der haustechnischen Anlagen verwendet, untergeordnet sind die Aufwände für Nutzerstrom (37 %) und Beleuchtung (16 %). Die Photovoltaikanlage auf dem Dach des Schulkomplexes erzeugt unter durchschnittlichen Klimabedingungen 376.960 kWh erneuerbaren Strom im Jahr und sorgt so für einen erwarteten jährlichen Überschuss in der Endenergiebilanz von 9.937 kWh/a. Vom lokal generierten Strom der PV-Anlage werden voraussichtlich 51 % im Gebäude selbst genutzt und 49 % ins Netz eingespeist bzw. in den Gebäuden der Liegenschaft genutzt. Primärenergetisch bewertet beträgt der Bilanzüberschuss voraussichtlich 263.360 kWh/a.

Tabelle 18:
Berechneter Endenergiebedarf des Beruflichen Schulzentrums in Mühldorf am Inn.

Komponente [-]	Endenergiebedarf [kWh/a]	Spezifischer Endenergiebedarf [kWh/m ² a]* ¹
Warmwasser, Heizung (Erdgas)	77.165	8,0
Heizung (Strom)	54.036	5,6
Hilfsenergie für Heizung, Warmwasser, Lüftung (Strom)	41.322	4,3
Beleuchtung (Strom)	57.764	6,0
Nutzerstrom	136.736	14,3* ²
Gesamt	367.023	38,2

*¹) bezogen auf die beheizte NGF 9.596 m² *²) erhöhter Bedarf in der Planung festgelegt

Tabelle 19:
Berechnete Endenergiedeckung des Beruflichen Schulzentrums in Mühldorf am Inn.

Komponente [-]	Endenergiedeckung [kWh/a]	Spezifische Endenergie- deckung [kWh/m ² a] ^{*3}
PV-Strom	376.960 ^{*4} (290.663 ^{*5})	147,1 (113,4)
Gesamt	376.960	147,1

*3) bezogen auf die PV-Modulfläche von 2.563 m²

*4) nach DIN V 18599 mit Modulnennleistung

*5) nach DIN V 18599 mit Standardwerten und Referenzklima Potsdam

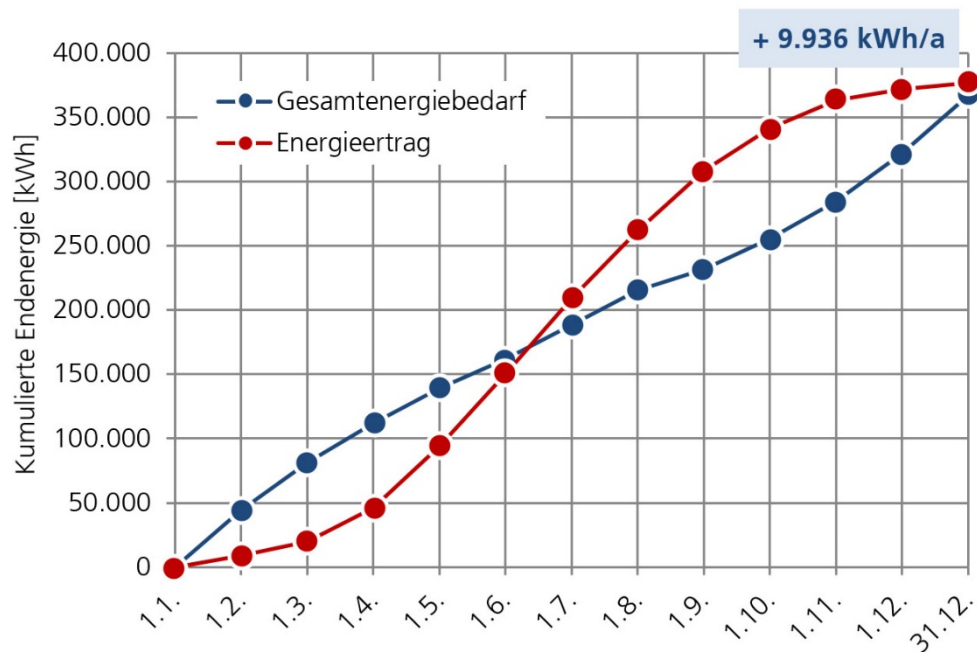


Bild 25:
Prognostizierter Endenergieüberschuss.

Tabelle 20:
Primärenergiebedarf der erforderlichen Energieträger des Beruflichen Schulzentrums in Mühldorf am Inn.

Komponente [-]	Primärenergiebedarf [kWh/a] ^{*6}	Spezifischer Primärener- giebedarf [kWh/m ² a] ^{*1}
Erdgas	76.470	8,0
Strombedarf (TGA + Licht)	82.266	8,6
Nutzerstrom nach Effizi- enzhaus Plus	90.440	9,4
Gesamt	249.175	26,0

*1) bezogen auf die beheizte NGF 9.596 m²

*6) vom PV-Ertrag werden 51 % im Gebäude selbst genutzt

Tabelle 21:
Primärenergiegutschrift des Beruflichen Schulzentrums in Mühldorf am Inn.

Komponente [-]	Primärenergiegut- schrift [kWh/a]* ⁷	Spezifische Primärener- giegutschrift [kWh/m ² a]* ²
PV-Strom	512.535	200,0
Gesamt	512.535	200,0

*²) bezogen auf die PV-Modulfläche 2.563 m²

*⁷) vom PV-Ertrag werden 49 % in das öffentliche Netz eingespeist

5.4 Jakob-Brucker-Gymnasium in Kaufbeuren



Bild 26:
Visualisierung der Südseite des Neubaus [Quelle: köhler architekten].

Das Jakob-Brucker-Gymnasium wurde durch einen Neubau im Effizienzhaus Plus-Standard erweitert. Ein Bestandsgebäude (Bauteil A) wird zudem nach den Vorgaben des Effizienzhaus Plus-Standards saniert.

5.4.1 Allgemeine Daten

Tabelle 22:
Zusammenstellung allgemeiner Angaben zum Gebäude und zu den Projektbeteiligten des Jakob-Brucker-Gymnasiums.

Standort	Neugablonzer Straße 38, 87600 Kaufbeuren
Baujahr	2017 – 2020
Bauherrschaft	Stadt Kaufbeuren
Architekt	köhler architekten + beratende ingenieure, Gauting in Kooperation mit mse architekten gmbh, Kaufbeuren
Monitoring	EA Systems Dresden GmbH; Technische Universität Dresden, Institut für Energietechnik – IET
Technische Gebäudeausrüstung	Güttinger Ingenieure, Kempten
Bruttogrundfläche	8.996 m ²
Beheizte Nettogrundfläche	8.521 m ²
Beheiztes Gebäudevolumen	33.349 m ³
Hüllflächenfaktor A/V	0,41 m ⁻¹
Anzahl der Klassen-/ Fach-/ Gruppenräume	48
Gesamtfläche Unterrichtsräume	3.469 m ²

5.4.2 Architektur

Das Jakob-Brucker-Gymnasium in Kaufbeuren wird in drei Bauabschnitten generalsaniert und erweitert. Der Neubau (Bauteil B) des Gymnasiums bietet auf 2.170 m² Platz für naturwissenschaftliche Fachräume und zugehörige Nebenräume. Das Gebäude verbindet zwei Bestandsgebäude aus den 1960er bzw. 1970er Jahren und führt die naturwissenschaftlichen Fachräume an zentraler Stelle zusammen. Nach der Baufertigstellung des Neubaus im Jahr 2019 folgt nun die Sanierung des Bestandsgebäudes Bauteil A. Das Schulgebäude wird entsprechend den zeitgemäßen energetischen, funktionalen, brand- und schall-schutztechnischen Belangen saniert, um den aktuellen Anforderungen aus dem Lehrbetrieb wieder gerecht zu werden. Die Bauteile A und B werden nach den Vorgaben des Effizienzhaus Plus-Standards errichtet bzw. saniert.

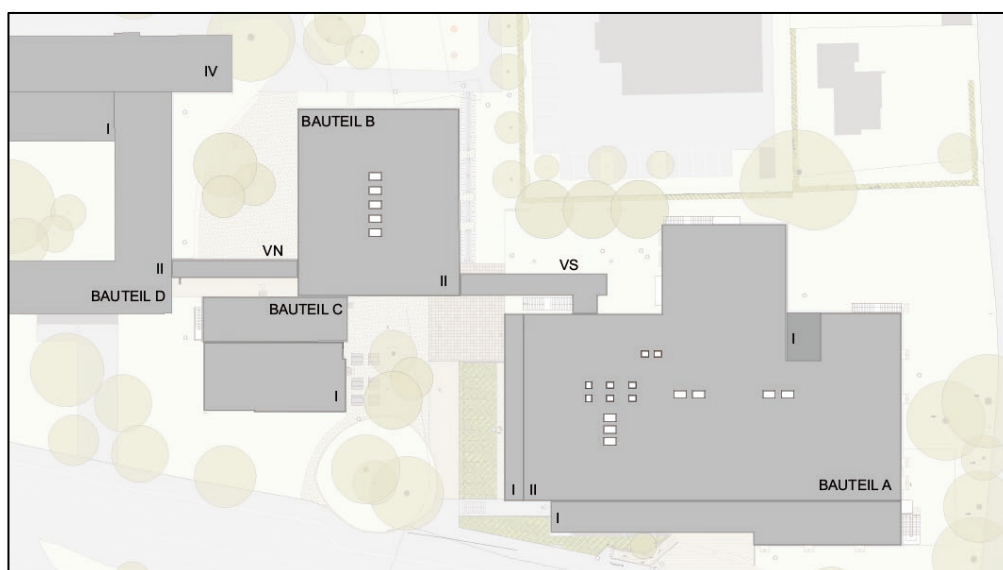


Bild 27:
Lageplan der Gesamtanlage des Jakob-Brucker-Gymnasiums [Quelle: köhler architekten].

Der neue Fachklassentrakt (Bauteil B) wurde zwischen den beiden bestehenden Gebäudeteilen Bauteil A und D errichtet. Er ist über zwei Verbindungsstege im Obergeschoss barrierefrei mit diesen verbunden. Unter den Stegen kann die Wegführung zwischen den Gebäuden auch im Außenbereich »trockenen Fußes« erfolgen. Die Fachklassen sind im Clusterprinzip um ein zentrales Forum mit einem großzügigen Luftraum über beide Geschosse angeordnet. Die Fachgebiete Physik sowie Natur und Technik werden im Erdgeschoss, Chemie und Biologie im Obergeschoss zu jeweils einer Nutzungseinheit zusammengefasst. Offenheit und Transparenz sowie die Sichtbeziehungen über die Geschosse hinweg sind hierbei die Leitgedanken des Entwurfs. Vor den Fachklassen im Erdgeschoss und im Obergeschoss sind offene Aufenthalts- und Lernbereiche, die in ihrer Nutzbarkeit vielfältige Möglichkeiten bieten und über reine Verkehrsflächen weit hinausgehen. Die Belichtung ist über mehrere Oberlichter im zentralen Atrium sichergestellt.

Bei der Generalsanierung von Bauteil A werden nicht nur die baulichen Defizite beseitigt, sondern darüber hinaus auch Raumbeziehungen über die Geschosse hinweg wesentlich verbessert. Durch die Neuordnung von Raumgruppen, durch Umnutzungen und die Aktivierung von »Brachflächen« können vorhandene Raumdefizite innerhalb der bestehenden Gebäudehülle ausgeglichen werden. Das überarbeitete Brandschutzkonzept ermöglicht der Schule die uneingeschränkte Nutzung der offenen Lernbereiche im Gebäudeinneren, die über Lufträume geschossübergreifend miteinander verbunden sind.

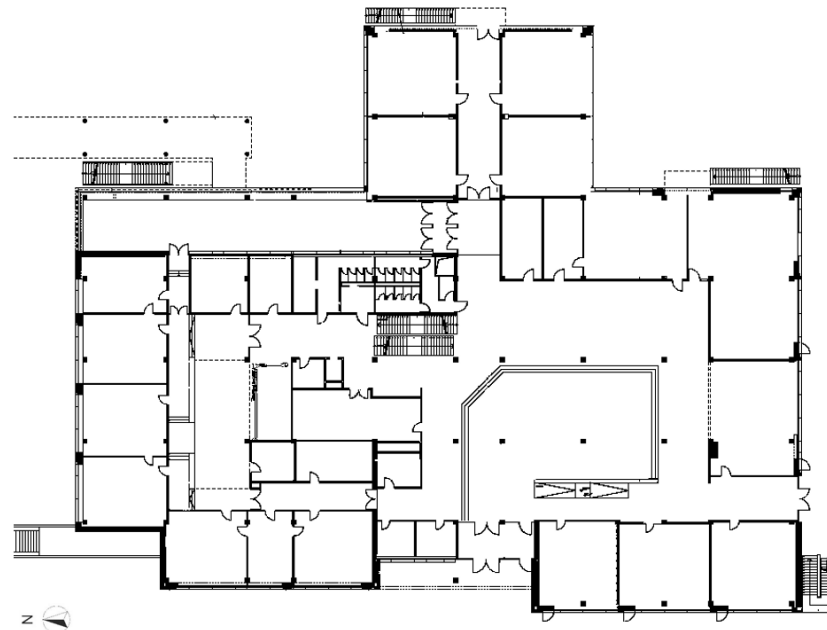


Bild 28:
Erdgeschoss-Grundriss der Sanierung, Bauteil A des Jakob-Brucker-Gymnasiums [Quelle: köhler architekten].

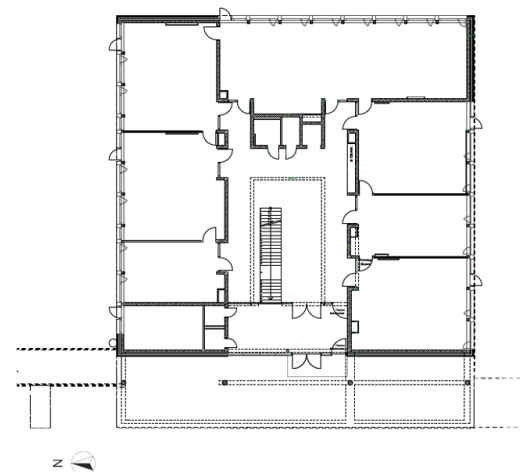


Bild 29:
Erdgeschoss-Grundriss des Neubaus, Bauteil B des Jakob-Brucker-Gymnasiums [Quelle: köhler architekten].

5.4.3 Nutzungszonen

Die beheizte Nettogrundfläche der neuen und sanierten Gebäudeteile ist in neun Hauptnutzungen unterteilt. Die jeweilige Nutzung beeinflusst den berechneten Energiebedarf. Bild 30 zeigt die Anteile der unterschiedlichen Nutzungsprofile an der beheizten Nettogrundfläche. Der Großteil der beheizten Fläche wird als Klassenzimmer und Fachklassenräume mit den dazugehörigen Vorbereitungsräumen genutzt.

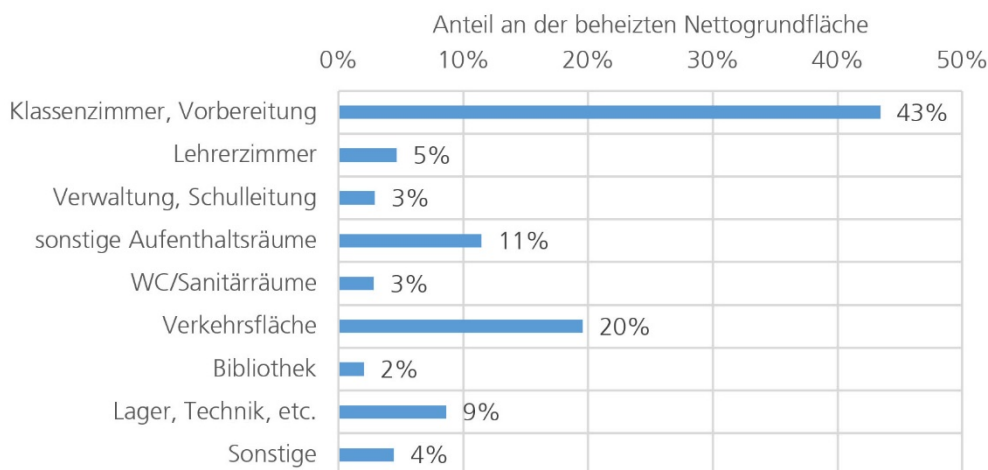


Bild 30:
Prozentuale Anteile der Nutzungen im Jakob-Brucker-Gymnasium.

5.4.4 Bauteile / Wärmeschutz

Das Bestandsgebäude wird entkernt und mit wärmedämmenden Bauteilschichten energetisch ertüchtigt. Die Stahlbetonwand der Bestandsfassade wird mit einer 24 cm dicken Wärmedämmung hinter einer hinterlüfteten Metallfassade versehen. Der U-Wert der Konstruktion beträgt $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$. Die bisherigen Fenster werden gegen Aluminium-Fenster mit einer 3-fach-Wärmeschutzverglasung ausgetauscht. Der U_w -Wert des Fensters liegt bei $0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$. Der U_w -Wert der Oberlichter beträgt $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Die vorhandene Rippendecke mit Aufbeton weist eine Deckenstärke von 12 cm auf. Die Decke wird im Zuge der Sanierung mit einer 24 cm dicken mineralischen Grunddämmung sowie einer im Mittel 16 cm dicken Gefälledämmung versehen. Auf die Dämmung wird oberseitig eine Abdichtung aufgebracht. Der U-Wert des Daches beträgt $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$. Die ca. 20 cm dicke Bodenplatte erhält eine Trittschalldämmung, auf die ein schwimmender Estrich aufgebracht wird. Der U-Wert der Bodenplatte beträgt $1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Tabelle 23:
U-Werte und Aufbau der Bauteile der Gebäudehülle (Sanierung, Bauteil A) des Jakob-Brucker-Gymnasiums.

Bauteil [-]	U-Wert [W/m ² K]	Beschreibung [-]
Außenwand	0,16	12 cm Beton, 24 cm Mineralwollämmplatten (WLG 035), 5 cm Luftschicht, Metallverkleidung
Fenster	0,80	Metallrahmen mit 3-fach-Wärmeschutzverglasung (g = 0,60)
	1,5	Oberlichter
Dach	0,10	12 cm Stahlbetondecke Bestand (Rippendecke mit Aufbeton), 24 cm mineralische Grunddämmung (WLG 040), 16 cm (im Mittel) mineralische Gefälledämmung (WLG 040)
Bodenplatte	1,7	20 cm Stahlbeton Bodenplatte, 0 – 4 cm Niveauausgleich, 1 cm Trittschall-/Wärmedämmung EPS (WLG 040), 5,5 – 9,5 cm Zementestrich

Der Neubau ist in einer kompakten, hoch energieeffizienten und wärmebrückenarmen Konstruktion ausgeführt. Die massiven Außenwände sind mit einer hinterlüfteten Metallfassade mit 24 cm dicker Wärmedämmschicht versehen. Der U-Wert der Konstruktion beträgt 0,16 W/m²K. Die Fenster wurden als Aluminium-Fenster mit einer 3-fach-Wärmeschutzverglasung ausgebildet. Der U_w-Wert der Fenster liegt bei 0,80 W/m²K. Der U_w-Wert der Oberlichter beträgt 1,0 W/m²K. Die massive Stahlbetondecke des Flachdaches ist mit einer im Mittel 40 cm dicken Gefälledämmung versehen, auf die oberseitig eine Abdichtung aufgebracht wird. Der U-Wert des Daches beträgt 0,10 W/m²K. Die 30 cm dicke Bodenplatte wurde direkt auf dem Untergrund gegründet. Sie erhielt eine oberseitige Dämmung mit insgesamt 9 cm, auf die ein schwimmender Estrich aufgebracht wurde. Die Streifenfundamente im Sockelbereich wurden bis 1,20 m unter Gelände außenseitig mit einer 22 cm dicken Dämmschicht versehen. Der U-Wert der Bodenplatte beträgt 0,38 W/m²K. Unter Berücksichtigung eines Korrekturfaktors von 0,36 für große Bodenplatten ergibt sich ein U-Wert der Bodenplatte nach DIN EN ISO 13370 von 0,14 W/m²K.

Tabelle 24:
U-Werte und Aufbau der Bauteile der Gebäudehülle (Neubau, Bauteil B) des Jakob-Brucker-Gymnasiums.

Bauteil [-]	U-Wert [W/m ² K]	Beschreibung [-]
Außenwand	0,16	24 cm Sichtbeton, 24 cm Wärmedämmung Mineralwolldämmplatten (WLG 045), 5 cm Luftschicht, Metallverkleidung
Fenster	0,80	Metallrahmen mit 3-fach-Wärmeschutzverglasung (g = 0,60)
	1,0	Oberlichter
Dach	0,10	30 cm Stahlbetondecke, 40 cm (im Mittel) Gefälledämmung Polystyrolämmstoffplatten (WLG 035)
Bodenplatte	0,38 (0,14*)	30 cm Bodenplatte Beton, 9 cm Trittschall-/Wärmedämmung (WLG 040), 6,5 cm Zementestrich

*inkl. Korrekturfaktor gemäß DIN EN ISO 13370

5.4.5 Anlagentechnik

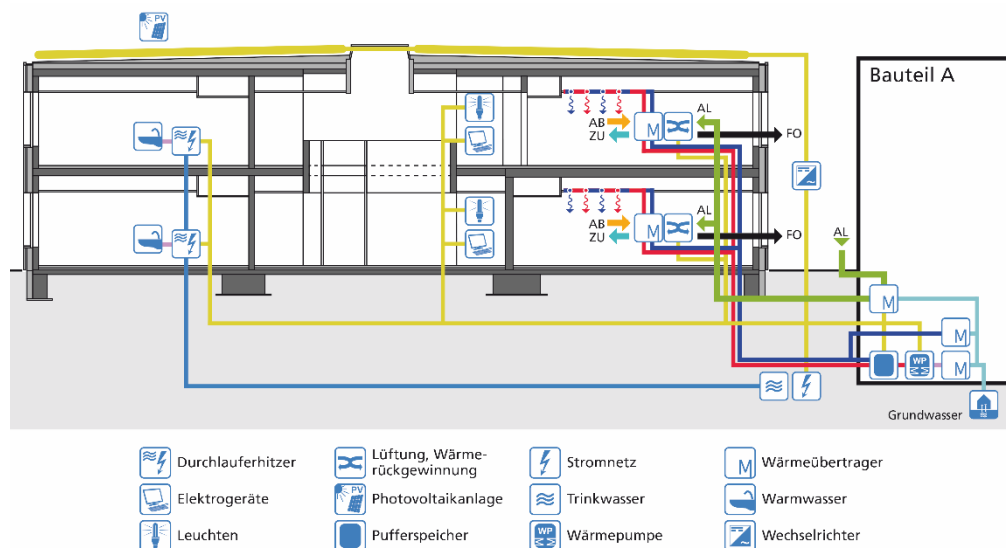


Bild 31:
Längsschnitt durch den Neubau (Bauteil B) und Konzeption der Haustechnik des Jakob-Brucker-Gymnasiums.

Im Hauptgebäude (Bauteil A) werden Wasser-Wasser-Wärmepumpen mit einer geplanten Leistung von insgesamt 172,2 kW installiert. Als Wärmequelle dient hierfür das Grundwasser aus der ca. 500 m entfernten Altstadt von Kaufbeuren. Zwei vorhandene Pufferspeicher mit einem Fassungsvermögen von jeweils 1.500 Litern und zwei neue Speicher mit insgesamt ca. 10.000 Litern Inhalt werden als Wärmespeicher eingesetzt. Über eine Nahwärmeleitung wird die Wärme von Bauteil A in den Neubau Bauteil B transportiert.

Die Wärme- bzw. Kälteverteilung in die Räume erfolgt über Deckenheizflächen bzw. dezentrale Lüftungsgeräte. Die Zuluft wird zentral durch das vorhandene Grundwasser vorerwärmt (Frostschutz) bzw. vorgekühlt und anschließend über Grundleitungen im Erdreich an die dezentralen Lüftungsgeräte verteilt. Die Lüftungsgeräte sind mit einem hydraulischen Nachheizregister mit den Funktionen Heizen sowie Kühlen ausgestattet und weisen einen Wärmerückgewinnungsgrad von 90 % auf. Ein Zweileitersystem versorgt im Nachgang zum Lüftungsgerät die Heiz- und Kühldecken (»Low Tech Hydraulik«). Die gesamte Raumkonditionierung (Luftmenge, Ansteuerung der Heiz-/Kühldecken bzw. Heizregister Lüftung) erfolgt über die Steuerung der Lüftungsgeräte. Das dezentrale Lüftungskonzept lässt jederzeit auch eine Lüftung über die Fenster zu.

Die Warmwasserbereitung erfolgt in ausgewählten Räumen dezentral über elektrische Durchlauferhitzer. Auf dem Dach der Gebäude werden monokristalline Photovoltaik-Anlagen mit einer Fläche von ca. 1.787 m² installiert. Die Leistung der Anlagen beträgt insgesamt ca. 334 kW_p. Überschüssiger Strom wird über einen Heizstab im Pufferspeicher in Wärme umgewandelt oder in das öffentliche Netz eingespeist.

5.4.6 Energie

Die Gebäude benötigen gemäß Berechnung 276.574 kWh Strom im Jahr (32,5 kWh/m²_{beh. NGF}·a). Davon wird mehr als die Hälfte (61 %) für den Betrieb der haustechnischen Anlagen verwendet, untergeordnet sind die Aufwände für Nutzerstrom (31 %) und Beleuchtung (8 %). Die Photovoltaikanlagen auf den Dächern des Schulkomplexes erzeugen gemäß einer Simulation am Standort Kaufbeuren 326.508 kWh erneuerbaren Strom im Jahr und sorgen so für einen erwarteten jährlichen Überschuss in der Endenergiebilanz von 49.934 kWh/a. Vom lokal generierten Strom der PV-Anlagen werden voraussichtlich 57 % im Gebäude selbst genutzt und 43 % ins Netz eingespeist bzw. in den weiteren Gebäuden der Liegenschaft genutzt. Primärenergetisch bewertet beträgt der Bilanzüberschuss voraussichtlich 229.203 kWh/a.

Tabelle 25:
Berechneter Endenergiebedarf des Jakob-Brucker-Gymnasiums.

Komponente [-]	Endenergiebedarf [kWh/a]	Spezifischer Endenergiebedarf [kWh/m ² a]* ¹
Warmwasser, Heizung (Strom)	97.843	11,5
Kühlung (Strom)	6.427	0,8
Hilfsenergie für Heizung, Kühlung, Warmwasser, Lüftung (Strom)	65.712	7,7
Beleuchtung (Strom)	21.385	2,5
Nutzerstrom	85.207	10,0
Gesamt	276.574	32,5

*¹) bezogen auf die beheizte NGF 8.521 m²

Tabelle 26:
Berechnete Endenergiedeckung des Jakob-Brucker-Gymnasiums.

Komponente [-]	Endenergiedeckung [kWh/a]	Spezifische Endenergiedeckung [kWh/m ² a] ^{*2}
PV-Strom	326.508 ^{*3} (290.663 ^{*4})	182,8 (113,4)
Gesamt	326.508	182,8

*2) bezogen auf die PV-Modulfläche 1.787 m²

*3) gemäß PV-Simulation am Standort Kaufbeuren

*4) nach DIN V 18599 mit Standardwerten und Referenzklima Potsdam

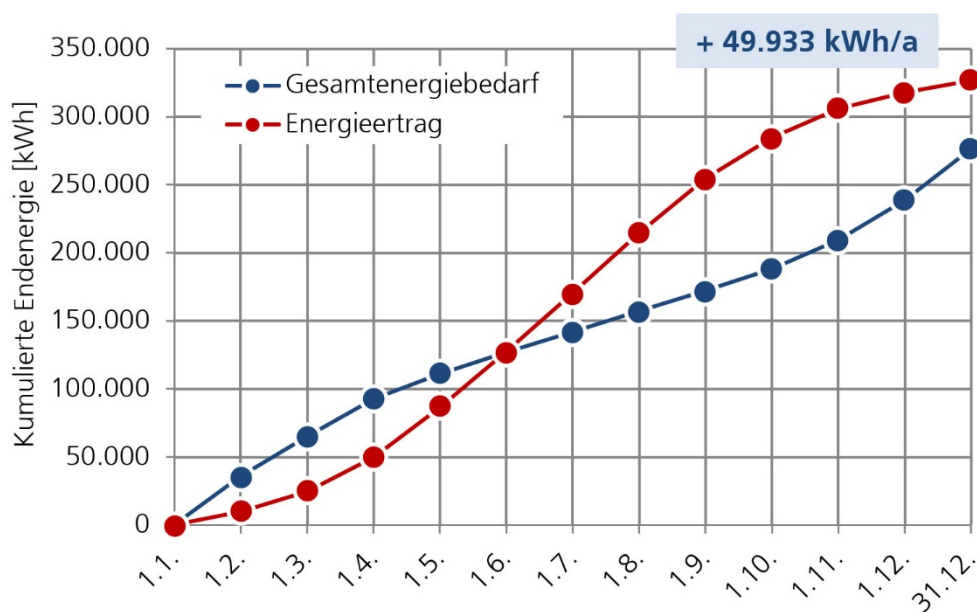


Bild 32:
Prognostizierter Endenergieüberschuss.

Tabelle 27:
Primärenergiebedarf der erforderlichen Energieträger des Jakob-Brucker-Gymnasiums.

Komponente [-]	Primärenergiebedarf [kWh/a] ^{*5}	Spezifischer Primärenergiebedarf [kWh/m ² a] ^{*1}
Strombedarf (TGA + Licht)	106.590	12,5
Nutzerstrom nach Effizienzhaus Plus	54.312	6,4
Gesamt	160.902	18,9

*1) bezogen auf die beheizte NGF 8.521 m²

*5) vom PV-Ertrag werden 57 % im Gebäude selbst genutzt

Tabelle 28:
Primärenergiegutschrift des Jakob-Brucker-Gymnasiums.

Komponente [-]	Primärenergiegut- schrift [kWh/a]* ⁶	Spezifische Primärener- giegutschrift [kWh/m ² a]* ²
PV-Strom	390.105	218,4
Gesamt	390.105	218,4

*²) bezogen auf die PV-Modulfläche 1.787 m²

*⁶) vom PV-Ertrag werden 43 % in das öffentliche Netz eingespeist

5.5 Forschungshalle der Hochschule Ansbach in Feuchtwangen



Bild 33:
Blick von Südwest auf die Forschungshalle und den nebenstehenden Solar-Luftabsorberblock
[Quelle: Dr. Reinhardt Reck].

Eine Forschungshalle im Effizienzhaus Plus-Standard wurde für die Hochschule Ansbach errichtet. Die Forschungshalle ist das erste fertiggestellte Gebäude im neuen Studien- und Technologiezentrum für zukunftsweisende Lehre und angewandte Forschung für nachhaltiges Bauen in Feuchtwangen.

5.5.1 Allgemeine Daten

Tabelle 29:
Zusammenstellung allgemeiner Angaben zum Gebäude und zu den Projektbeteiligten der Forschungshalle der Hochschule Ansbach.

Standort	An der Hochschule 1, 91555 Feuchtwangen
Baujahr	2017 – 2018
Bauherrschaft	Stadt Feuchtwangen
Architekt	HEF – Holzinger Eberl Fürhäufer Architekten Ansbach, in Kooperation mit dem Stadtbauamt Feuchtwangen
Monitoring	ina Planungsgesellschaft mbH, Darmstadt
Technische Gebäudeausrüstung	Bautz Ingenieurbüro, Ansbach
Bruttogrundfläche	608 m ²
Beheizte Nettogrundfläche	531 m ²
Beheiztes Gebäudevolumen	3.119 m ³
Hüllflächenfaktor A/V	0,47 m ⁻¹
Anzahl der Seminarräume	1
Gesamtfläche des Seminarraumes	54 m ²

5.5.2 Architektur

Die Stadt Feuchtwangen plant für die Hochschule Ansbach die Errichtung eines Unterrichts- und Forschungskomplexes für die energiebezogenen Studiengänge der Fakultät »Angewandte Ingenieurwissenschaften«. Die Gebäude des Komplexes werden Seminarräume, Büroflächen und Laborbereiche enthalten und in zwei Bauabschnitten errichtet. Zwischen den Gebäuden sind Synergien durch die gemeinsame Nutzung der Infrastruktur und Haustechnik geplant, um die Investitionskosten zu reduzieren.

Zunächst wurde das östlich gelegene Gebäude 102, die »Forschungshalle«, im Effizienzhaus Plus-Standard errichtet und der Forschungs- und Lehrbetrieb im Februar 2018 aufgenommen. In einem nächsten Schritt ist der Bau des Gebäudes 101 »Lehrsaalgebäude« geplant.

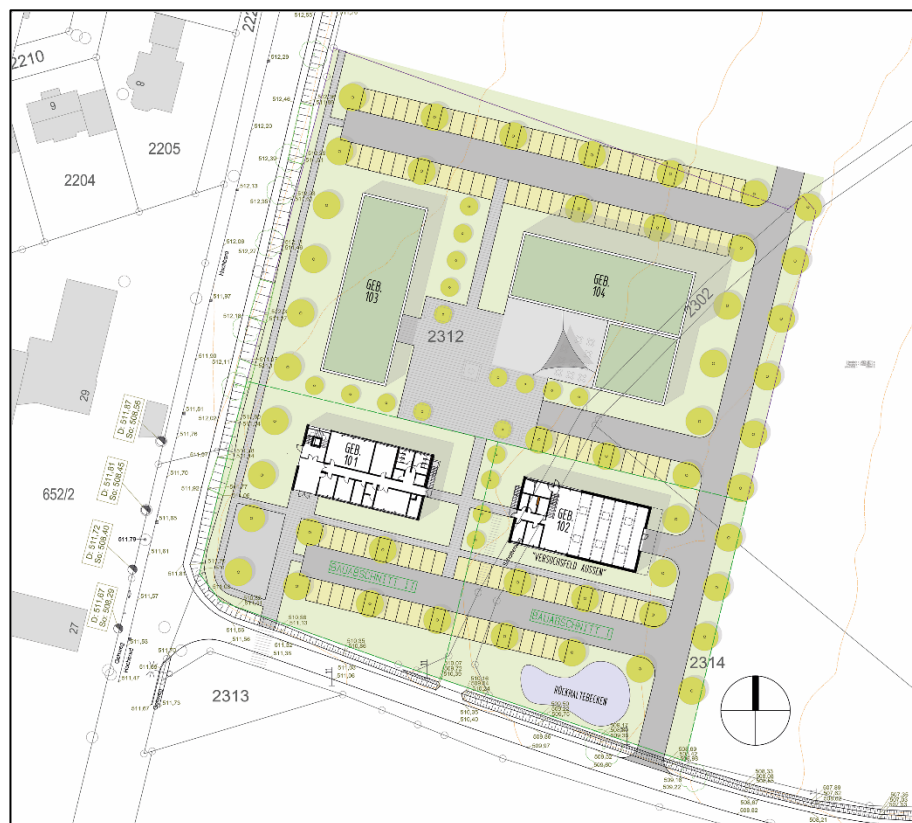


Bild 34:
Lageplan der Gesamtanlage der Forschungshalle der Hochschule Ansbach [HEF Architekten].

Das in Nord-Süd-Richtung orientierte, zweigeschossige Gebäude (GEB. 102) ist mit einem Flachdach versehen und nicht unterkellert. Es wird von der Westseite erschlossen und ist das erste Gebäude, das auf dem »Campus Feuchtwangen« realisiert wurde. Die schlichte Holzbox beinhaltet eine zweigeschossige Forschungshalle, in der Versuchsstände aufgebaut werden können. An die Halle grenzen im Erdgeschoss ein Büroraum zur Auswertung der Versuche sowie eine Teeküche, ein Lager, Sanitäreinrichtungen und ein Haustechnikraum an. Im Obergeschoss werden über einen Galeriebereich innerhalb der Halle weitere Büros und ein Seminarraum erschlossen.

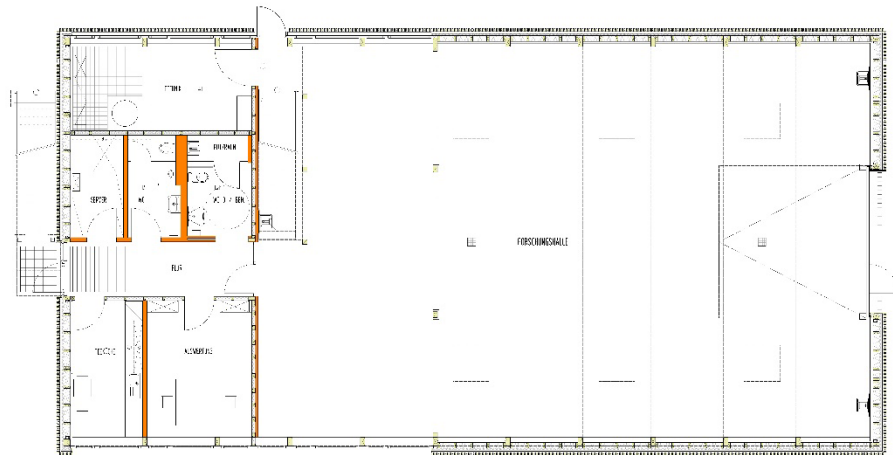


Bild 35:
Erdgeschoss-Grundriss der Forschungshalle der Hochschule Ansbach [Quelle: HEF Architekten].

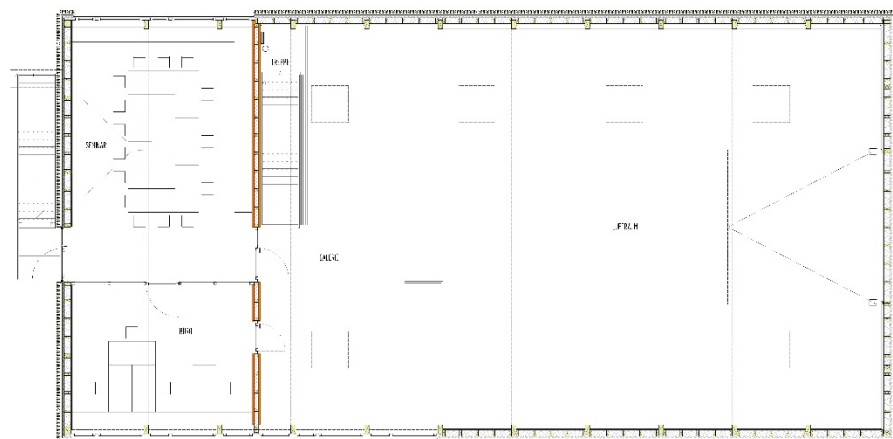


Bild 36:
Obergeschoss-Grundriss der Forschungshalle mit Galerie [Quelle: HEF Architekten].

5.5.3 Nutzungszonen

Die beheizte Nettogrundfläche des Neubaus ist in sechs Hauptnutzungen unterteilt. Die Nutzung beeinflusst den berechneten Energiebedarf des Gebäudes. Bild 37 zeigt die Anteile der unterschiedlichen Nutzungsprofile an der beheizten Nettogrundfläche. Der Großteil der beheizten Fläche wird als die Forschungshalle mit Versuchsständen genutzt.

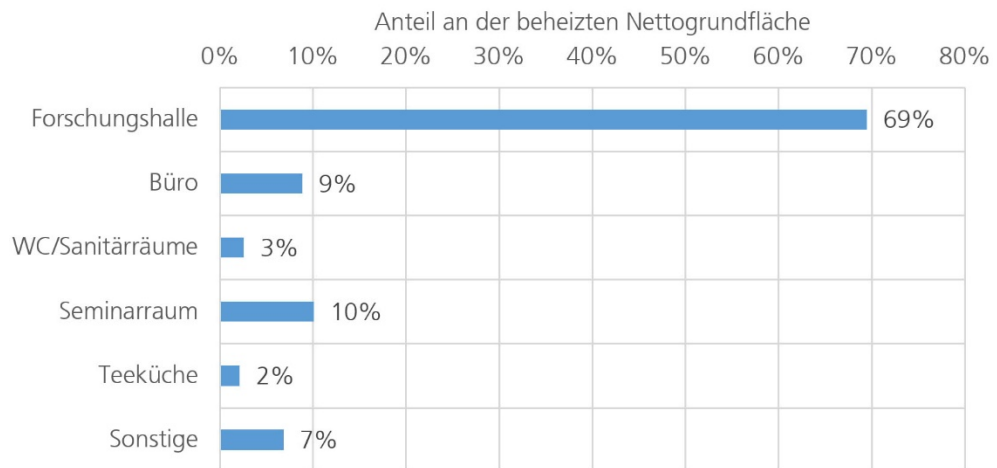


Bild 37:
Prozentuale Anteile der Nutzungen in der Forschungshalle der Hochschule Ansbach.

5.5.4 Bauteile / Wärmeschutz

Das Gebäude wurde als Holzbau auf einer massiven Bodenplatte mit massivem Sockelbereich errichtet. Die Außenwände sind als Holzständerwände mit einer hinterlüfteten Douglasien-Holzverkleidung aus Vertikallamellen realisiert und wurden mit einer Holzfaserdämmung gedämmt. Der U-Wert der Konstruktion beträgt $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$. Die Fenster wurden als Holz-Aluminium-Fenster mit einer 3-fach-Verglasung ausgebildet. An der Südseite wurde ergänzend ein fester Sonnenschutz mit starren Hohlkörperlamellen befestigt. An der Westseite sind die Fenster mit einer Sonnenschutzverglasung ohne weiteren außenliegenden Sonnenschutz ausgestattet. Der U-Wert der Fenster liegt bei $0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$. Im Bereich des Daches sind Lichtkuppeln mit einem U_w -Wert von $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ verbaut. Das Dach ist als Flachdach ausgebildet. Auf den Dachbindern ist eine Furnierschichtholzplatte angeordnet, auf der die Wärmedämmung, Dachabdichtung und das Gründach liegen. Der U-Wert des Daches beträgt $0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$. Die 35 cm dicke Bodenplatte liegt auf einer druckfesten 16 cm starken Dämmung aus Schaumglas auf. Im Bereich der Halle ist die Bodenplatte flügelgeglättet und in den übrigen Teilen mit einem schwimmenden Estrich und einem Bodenbelag versehen. Der U-Wert der Bodenplatte beträgt $0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Tabelle 30:
 U-Werte und Aufbau der Bauteile der Gebäudehülle (Sanierung, Bauteil A) der Forschungshalle der Hochschule Ansbach.

Bauteil [-]	U-Wert [W/m²K]	Beschreibung [-]
Außenwand	0,17	1,8 cm Mehrschichtplatte, 3 cm Unterkonstruktion, 1,8 cm OSB-Platte, 20 cm Mineralwolle-/Holzfaserdämmung (WLG 038) zwischen Holzständern, 6 cm Holzweichfaserdämmung (WLG 050), 8 cm belüftete Luftschicht, 6 cm Vertikalschalung Douglasie
Fenster	0,95	Süd- und Nordseite: Holz-Aluminium-Fenster, 3-fach-Wärmeschutzverglasung (g = 0,50)
	0,95	Westseite: 3-fach-Sonnenschutzverglasung (g = 0,35)
	1,8	Lichtkuppel
Dach	0,11	1 m Dachbinder, 5 cm Furnierschichtholzplatte, 8 cm Wärmedämmung PIR (WLG 024), 11 cm Gefälledämmung Hartschaumplatten PIR (WLG 026), 1,5 cm Dachabdichtung, Kiesschüttung
Bodenplatte	0,26	16 cm Schaumglas-Dämmplatten (WLG 046), 35 cm Bodenplatte Beton flügelgeglättet

5.5.5 Anlagentechnik

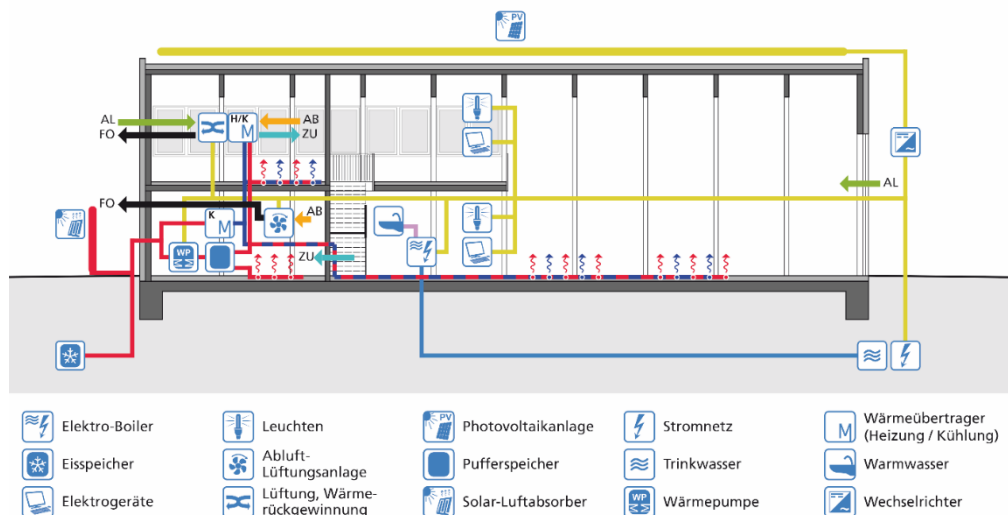


Bild 38:
 Längsschnitt durch die Forschungshalle der Hochschule Ansbach und Konzeption der Haus-technik.

Das energetische Versorgungskonzept ist strombasiert. Die Wärmeerzeugung erfolgt über eine Sole-Wasser-Wärmepumpe (B0/W35) mit einer Heizleistung von 28,8 kW. Als Wärmequelle der Wärmepumpe dient ein Eisspeicher mit einem Volumen von 273 m³ in Kombination mit einem Block aus 20 Solar-Luftabsorbern mit einer Absorberfläche von 46,8 m². Diese sind im Außenbereich an der Westseite des Gebäudes aufgestellt. An die Wärmepumpe ist ein Pufferspeicher mit einem Fassungsvermögen von 1.500 Litern angeschlossen. Durch verschiedene Schaltmodi der Systemtechnik ist je nach Bedarf das Heizen bzw. Kühlen über einen reinen Kollektorbetrieb sowie das Be- und Entladen des Eisspeichers möglich.

Die Heizung bzw. Kühlung der Räume erfolgt über Flächensysteme. Während die Büroräume über eine Fußbodenheizung verfügen, wird die Forschungshalle mittels einer thermischen Aktivierung der Bodenplatte auf ein niedrigeres thermisches Niveau beheizt. Die Raumsolltemperatur beträgt für die Halle 17 °C und für alle übrigen Räume 21 °C. Die Regelung erfolgt dabei raumweise. Der Seminarraum wird zusätzlich durch eine kontrollierte Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung konditioniert. Im Sanitärbereich ist eine Abluftanlage eingesetzt. Die Trinkwarmwasserbereitung in der Teeküche erfolgt dezentral über einen Elektro-Boiler. Zur Deckung des Endenergiebedarfs des Gebäudes sind auf dem Dach 150 Photovoltaikmodule mit monokristallinen Solarzellen mit 15 ° Neigung in Ost-, West- und Südrichtung installiert. Die gesamte Anlage hat eine Größe von 246 m² und eine Standardleistung gemäß EnEV von 33,2 kW_p.

5.5.6 Energie

Das Gebäude benötigt gemäß Berechnung 18.709 kWh Strom im Jahr (35,2 kWh/m²_{beh. NGF}·a). Davon wird etwa die Hälfte (54 %) für den Betrieb der haustechnischen Anlagen verwendet, untergeordnet sind die Aufwände für Nutzerstrom (28 %) und Beleuchtung (18 %). Die Photovoltaikanlage auf dem Dach der Forschungshalle erzeugt unter durchschnittlichen Klimabedingungen 26.681 kWh erneuerbaren Strom im Jahr und sorgt so für einen erwarteten jährlichen Überschuss in der Endenergiebilanz von 7.972 kWh/a. Vom lokal generierten Strom der PV-Anlage werden voraussichtlich 47 % im Gebäude selbst genutzt und 53 % ins Netz eingespeist. Primärenergetisch bewertet beträgt der Bilanzüberschuss voraussichtlich 28.559 kWh/a.

Tabelle 31:
Berechneter Endenergiebedarf der Forschungshalle der Hochschule Ansbach.

Komponente [-]	Endenergiebedarf [kWh/a]	Spezifischer Endenergiebedarf [kWh/m ² a] ^{*1}
Warmwasser, Heizung (Strom)	5.714	10,8
Kühlung (Strom)	1.688	3,2
Hilfsenergie für Heizung, Kühlung, Warmwasser, Lüftung (Strom)	2.656	5,0
Beleuchtung (Strom)	3.341	6,3
Nutzerstrom	5.310	10,0
Gesamt	18.709	35,2

*1) bezogen auf die beheizte NGF 531 m²

Tabelle 32:
Berechnete Endenergiedeckung der Forschungshalle der Hochschule Ansbach.

Komponente [-]	Endenergiedeckung [kWh/a] ^{*3}	Spezifische Endenergiedeckung [kWh/m ² a] ^{*2}
PV-Strom	26.681	108,5
Gesamt	26.681	108,5

*2) bezogen auf die PV-Modulfläche 246 m²

*3) nach DIN V 18599 (2011) mit Standardwerten und Referenzklima Potsdam

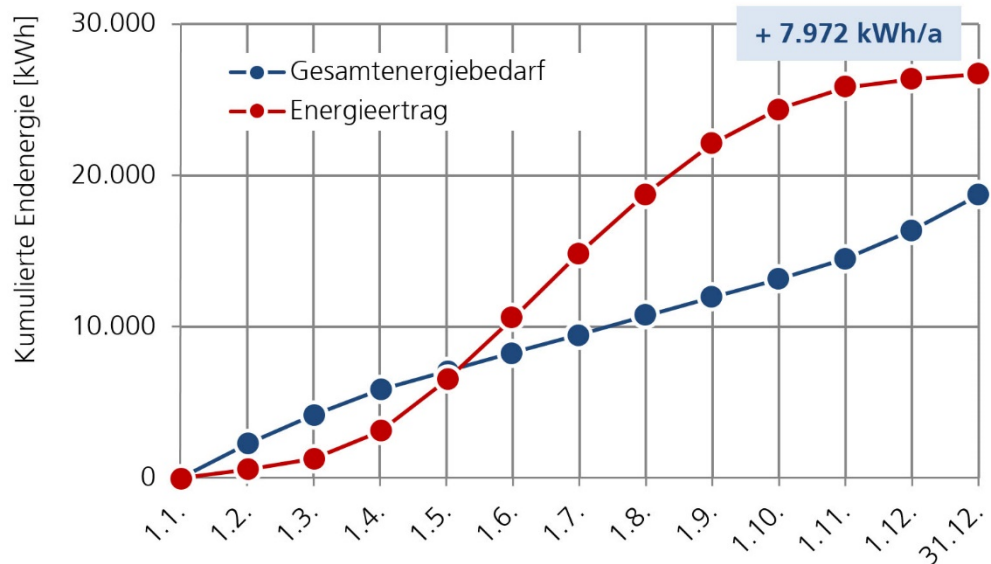


Bild 39:
Prognostizierter Endenergieüberschuss.

Tabelle 33:
Primärenergiebedarf der erforderlichen Energieträger der Forschungshalle der Hochschule Ansbach.

Komponente [-]	Primärenergiebedarf [kWh/a]* ⁵	Spezifischer Primärenergiebedarf [kWh/m ² a]* ¹
Strombedarf (TGA + Licht)	8.088	15,2
Nutzerstrom nach Effizienzhaus Plus	3.142	5,9
Gesamt	11.230	21,1

*¹) bezogen auf die beheizte NGF 531 m²

*⁵) vom PV-Ertrag werden 47 % im Gebäude selbst genutzt

Tabelle 34:
Primärenergiegutschrift der Forschungshalle der Hochschule Ansbach.

Komponente [-]	Primärenergiegutschrift [kWh/a]* ⁵	Spezifische Primärenergiegutschrift [kWh/m ² a]* ²
PV-Strom	39.789	161,7
Gesamt	39.789	161,7

*²) bezogen auf die PV-Modulfläche 246 m²

*⁵) vom PV-Ertrag werden 53 % in das öffentliche Netz eingespeist

5.6 Erweiterungsbau der Grundschule in Giebelstadt



Bild 40:
Südöstliche Ansicht auf den Erweiterungsbau der Grundschule Giebelstadt [Quelle: Haase & Bey Architekten].

Die Grundschule in Giebelstadt wurde aufgrund von steigenden Schülerzahlen um einen Erweiterungsbau vergrößert. Der Erweiterungsbau, der die Auflagen eines Effizienzhaus Plus-Gebäudes erfüllt, wird für die Mittagsbetreuung der Grundschulkinder verwendet.

5.6.1 Allgemeine Daten

Tabelle 35:
Zusammenstellung allgemeiner Angaben zum Gebäude und zu den Projektbeteiligten der Grundschule Giebelstadt.

Standort	Grundschule Giebelstadt, Schulstraße 1, 97232 Giebelstadt
Baujahr	2017 – 2018
Bauherrschaft	Markt Giebelstadt
Architekt	Haase & Bey Architekten PartG mbB, Karlstadt
Monitoring	Technische Universität Dresden, Institut für Energietechnik – IET; EA Systems Dresden GmbH
Technische Gebäudeausrüstung	HGT Ingenieure GmbH, Eibelstadt
Bruttogrundfläche	730 m ²
Beheizte Nettogrundfläche	624 m ²
Beheiztes Gebäudevolumen	3.058 m ³
Hüllflächenfaktor A/V	0,63 m ⁻¹
Anzahl der Klassen-/ Fach-/ Gruppenräume	7
Gesamtfläche der Klassen-/ Fach-/ Gruppenräume	256 m ²

5.6.2 Architektur

Das Bestandsgebäude (3) der Grundschule Giebelstadt wurde bereits früher energetisch saniert und nun aufgrund von steigenden Schülerzahlen durch einen im Effizienzhaus Plus-Standard konzipierten Erweiterungsbau (1 und 2) für die Mittagsbetreuung der Schulkinder ergänzt. Der eingeschossige Neubau ohne Kellergeschoss wurde als kompakter Baukörper mit einem 15 ° geneigten Dach sowie einem Flachdach ausgestattet, um ideale Verhältnisse für eine Photovoltaikanlage bei gleichzeitiger natürlicher Belichtung der Flure zu erreichen.

Das neue Erweiterungsgebäude bietet Platz für die Räume der Mittagsbetreuung der Schüler und ist über einen Zwischenbau an den bestehenden Anbau aus den 90er Jahren angeschlossen.

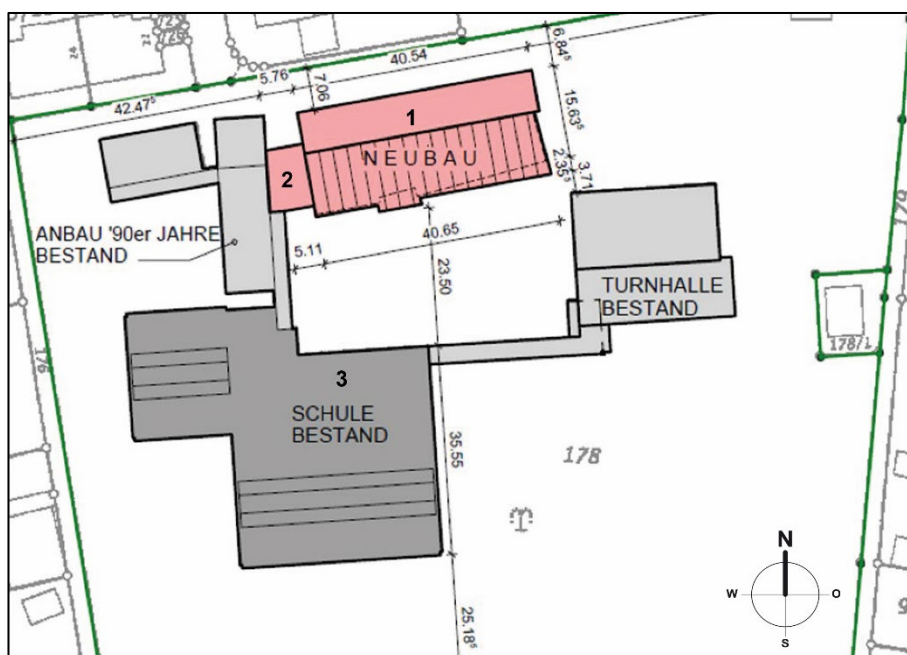


Bild 41: Lageplan der Gesamtanlage der Grundschule Giebelstadt [Quelle: Haase & Bey Architekten].

Auf der Nordseite des Erweiterungsbaus befinden sich überwiegend Gruppenräume verschiedener Funktionen, WC-Anlagen und die Ausgabeküche. Südlich des Flurs sind der Speiseraum, die Schülerbibliothek, Räume für die Mittagsbetreuung und ein Büro untergebracht.

Ein niedrig gehaltener Zwischenbau (2) enthält ein weiteres Büro sowie ein Foyer. Der Erweiterungsbau ist in Holzständerbauweise errichtet. Aus Gründen des Brandschutzes sind die Außenwände des Zwischenbaus aus massivem Mauerwerk erstellt. Das Sheddach des Erweiterungsbaus mit durchlaufendem Fensterband an der Nordseite ermöglicht die natürliche Belichtung und Belüftung des Flures. Die Flurtrennwände der Schülerbibliothek verfügen zur Steigerung der Transparenz über großzügige Oberlichter.

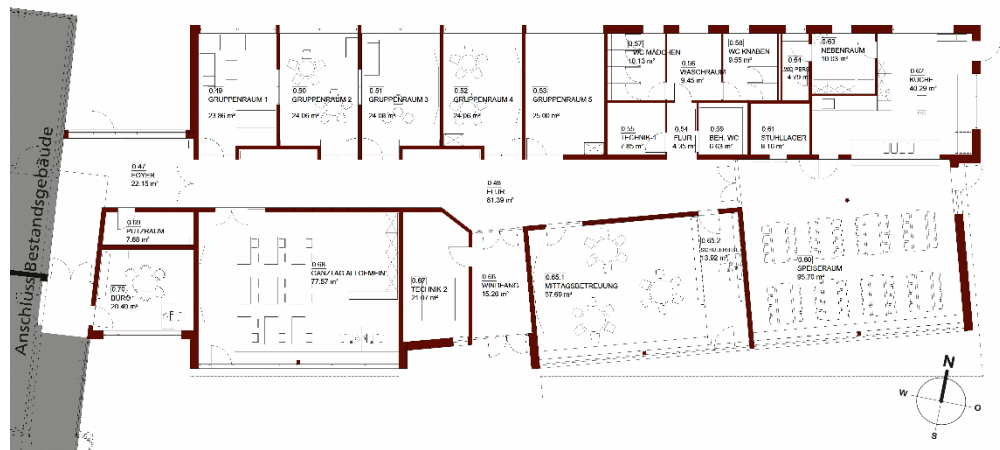


Bild 42:
Erdgeschoss-Grundriss des Erweiterungsbaus der Grundschule Giebelstadt [Quelle: Haase & Bey Architekten].

5.6.3 Nutzungszonen

Die beheizte Nettogrundfläche des Erweiterungsbaus ist in fünf Hauptnutzungen unterteilt. Die Nutzung beeinflusst den berechneten Energiebedarf des Gebäudes. Bild 43 zeigt die Anteile der unterschiedlichen Nutzungsprofile an der beheizten Nettogrundfläche. Der Großteil der beheizten Fläche wird als Gruppenraum und Kantine für die Nachmittagsbetreuung der Grundschul Kinder genutzt.

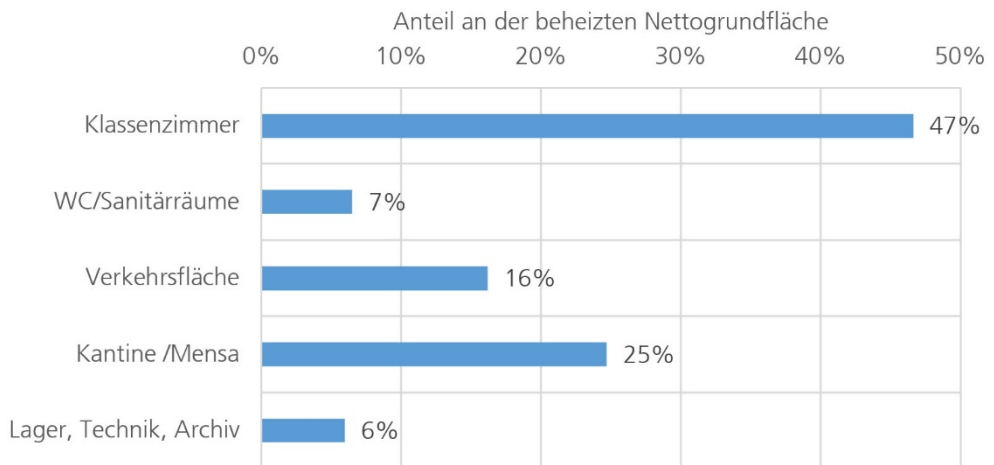


Bild 43:
Prozentuale Anteile der Nutzungen in der Grundschule Giebelstadt.

5.6.4 Bauteile / Wärmeschutz

Das Gebäude ist in einer kompakten, hoch energieeffizienten und wärmebrückenarmen Konstruktion ausgeführt. Die massiven Außenwände des Foyers sind außenseitig mit einer 20 cm dicken Wärmedämmung aus Mineralwolle versehen und beidseitig verputzt. Der U-Wert der Konstruktion beträgt

0,15 W/m²K. Die Außenwände des Hauptkörpers sind als 34 cm dicke Holzkonstruktion mit innenliegender OSB-Platte als aussteifende Bepunktung und außenseitiger Holzfaserdämmplatte mit mineralischem Außenputz erstellt worden. Der 20 cm breite Zwischenraum wurde mit Wärmedämmung aus Zellulose ausgeblasen. Raumseitig ist eine Verkleidung aus Gipskartonplatten angeordnet. Die Konstruktion erreicht einen U-Wert von 0,16 W/m²K. Die 3-fach-wärmeschutzverglaste Holz-Aluminium-Fenster erreichen einen U_w-Wert von 0,85 W/m²K. Der Sonnenschutz wird durch motorisch angetriebene, außenliegende Jalousien gewährleistet. Die mit Gipskartonplatten abgehängte Brettstapeldecke mit einer Stärke von 22 cm ist in allen Dachbereichen oberseitig mit 16 cm Wärmedämmung und einem rollnahtgeschweißten Edelstahlblech versehen. Der U-Wert des Daches beträgt 0,13 W/m²K. Die 18 cm dicke Bodenplatte ist auf einer 16 cm starken, druckfesten Dämmung gelagert. Der Bodenbelag ist auf einem schwimmenden Gussasphaltestrich aufgebracht. Der U-Wert der Bodenplatte beträgt 0,17 W/m²K.

Tabelle 36:
U-Werte und Aufbau der Bauteile der Gebäudehülle der Grundschule Giebelstadt.

Bauteil [-]	U-Wert [W/m ² K]	Beschreibung [-]
Außenwand	0,16	2,5 cm Gipskartonplatte, 3 cm Luftschicht in Holzunterkonstruktion, 1,5 cm OSB-Platten, 20 cm Zellulose zwischen Holzständerwerk (WLG 040), Holzfaserdämmplatten (WLG 046), 1 cm mineralischer Putz
Fenster	0,85	Holz-Aluminiumrahmen mit 3-fach-Wärmeschutzverglasung (g = 0,55)
Dach	0,13	1,25 cm Gipskartonplatte, 8 cm Luftschicht, 22 cm Brettstapeldecke, 16 cm Polyurethan-Hartschaum (WLG 027), 0,3 mm Edelstahlblech
Bodenplatte	0,17	16 cm Wärmedämmung XPS (WLG 039), 18 cm Bodenplatte Beton, 7 cm Trittschall-/Wärmedämmung (WLG 045/035), 3 cm Gussasphalt, Oberbelag

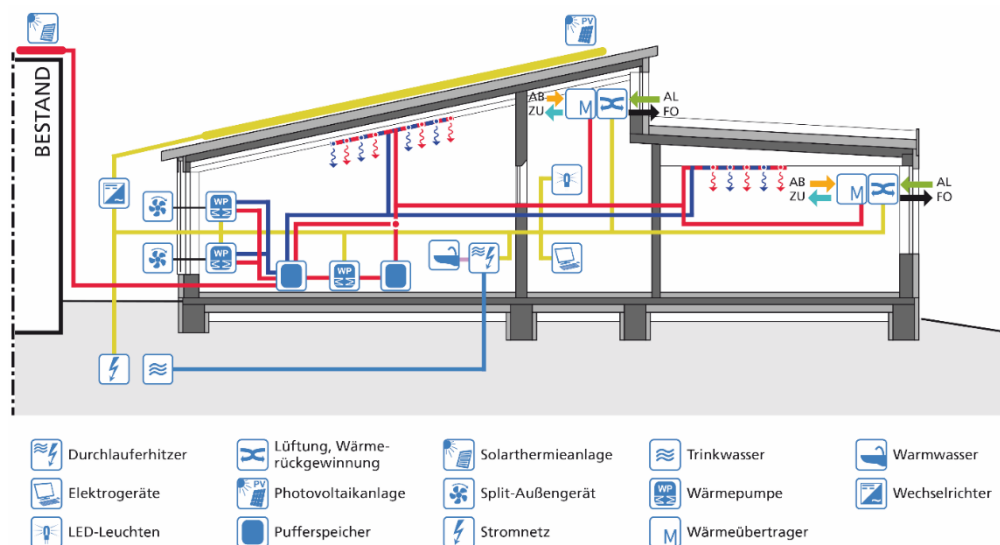


Bild 44:
Längsschnitt durch den Erweiterungsbau der Grundschule Giebelstadt und Konzeption der Haus-
technik.

Die Wärmeversorgung des Gebäudes erfolgt unabhängig vom Bestandsgebäude über ein hintereinander geschaltetes (kaskadiertes) Wärmepumpensystem, welches die Außenluft als Wärmequelle verwendet. Zwei Luft-Wasser-Wärmepumpen mit einer Nennleistung von je 11,2 kW beheizen einen Kaltpeicher (1.000 Liter) auf einem niedrigen Temperaturniveau (ca. 15 °C). Eine nachgelagerte Wasser-Wasser-Wärmepumpe mit 17 kW Leistung nutzt den Kaltpeicher als Wärmequelle und erzeugt Wärme für das Heizwasser, welches in einen weiteren Schichtenspeicher mit ebenfalls 1.000 Liter Nennvolumen eingelagert wird. Zusätzlich können solarthermische Überschüsse aus dem Bestandsgebäude in den Kaltpeicher eingebracht werden. Die Wärmeverteilung aus dem Warmspeicher erfolgt über zwei Heizkreise, einen für die Deckensegel und einen für die Lüftungsanlagen. Nachgeschaltete Luftherhitzer ermöglichen eine Mindesttemperierung der Zuluft. Im Sommer kann die Anlage zur aktiven Kühlung genutzt werden.

Aufgrund des geringen Bedarfs wird das Trinkwarmwasser direkt elektrisch über Boiler bereitet. Die dezentralen Lüftungsanlagen mit einer Wärmerückgewinnungsrate von etwa 80 % versorgen in der Regel jeweils mehrere Räume und werden nach Feuchte und CO₂ geregelt. Die Wärmepumpen werden hauptsächlich durch eigenerzeugten PV-Strom aus der 323 m² großen PV-Anlage mit einer Nennleistung von 55,4 kW_p versorgt. Die Beleuchtung besteht im ganzen Gebäude aus LED-Technik. Diese wird von Hand bedient. Lediglich in den Verkehrsflächen und in den WC-Räumen wird die Beleuchtung automatisch an- und ausgeschaltet.

5.6.6 Energie

Das Gebäude benötigt gemäß Berechnung 26.310 kWh Strom im Jahr (42,2 kWh/m²_{beh. NGF}·a). Davon wird der Großteil (65 %) für den Betrieb der haustechnischen Anlagen verwendet, untergeordnet sind die Aufwände für Nutzerstrom (24 %) und Beleuchtung (12 %). Die Photovoltaikanlage auf dem Dach der Grundschule erzeugt unter durchschnittlichen Klimabedingungen 45.375 kWh erneuerbaren Strom im Jahr und sorgt so für einen erwarteten jährlichen Überschuss in der Endenergiebilanz von 19.065 kWh/a. Vom lokal generierten Strom der PV-Anlage werden voraussichtlich 40 % im Gebäude selbst genutzt und 60 % ins Netz eingespeist bzw. in den Bestandsgebäuden der Liegenschaft genutzt. Primärenergetisch bewertet beträgt der Bilanzüberschuss voraussichtlich 61.690 kWh/a.

Tabelle 37:
Berechneter Endenergiebedarf der Grundschule Giebelstadt.

Komponente [-]	Endenergiebedarf [kWh/a]	Spezifischer Endenergiebedarf [kWh/m ² a]* ¹
Warmwasser, Heizung (Strom)	12.300	19,7
Kühlung (Strom)	1.813	2,9
Hilfsenergie für Heizung, Kühlung, Warmwasser, Lüftung (Strom)	2.925	4,7
Beleuchtung (Strom)	3.032	4,9
Nutzerstrom	6.240	10,0
Gesamt	26.310	42,2

*¹) bezogen auf die beheizte NGF 624 m²

Tabelle 38:
Berechnete Endenergiedeckung der Grundschule Giebelstadt.

Komponente [-]	Endenergiedeckung [kWh/a]	Spezifische Endenergiedeckung [kWh/m ² a]* ²
PV-Strom	45.375* ³ (32.411* ⁴)	140,5 (100,3)
Gesamt	45.375	140,5

*²) bezogen auf die PV-Modulfläche 323 m²

*³) nach DIN V 18599 (2011) mit Modulnennleistung

*⁴) nach DIN V 18599 (2011) mit Standardwerten und Referenzklima Potsdam

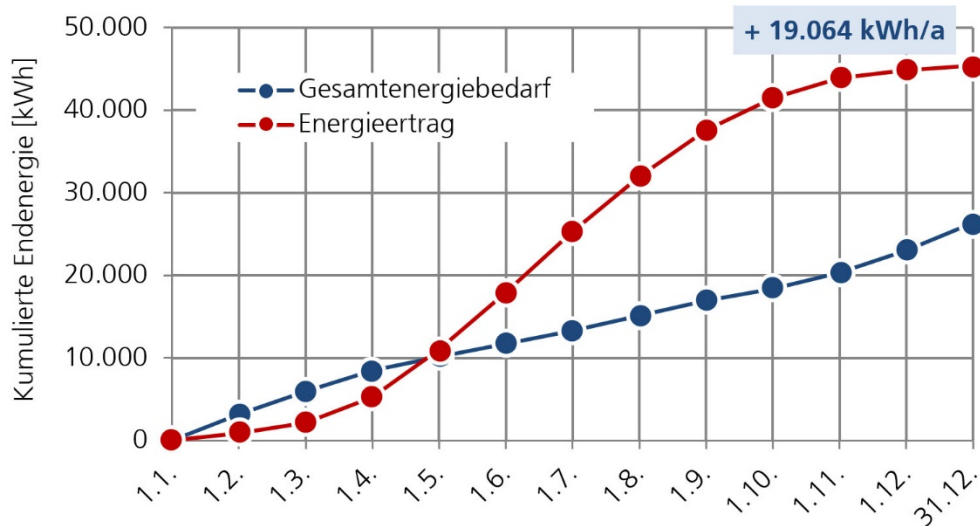


Bild 45:
Prognostizierter Endenergieüberschuss.

Tabelle 39:
Primärenergiebedarf der erforderlichen Energieträger der Grundschule Giebelstadt.

Komponente [-]	Primärenergiebedarf [kWh/a]* ⁵	Spezifischer Primärenergiebedarf [kWh/m ² a]* ¹
Strombedarf (TGA + Licht)	11.267	18,1
Nutzerstrom nach Effizienzhaus Plus	3.693	5,9
Gesamt	14.960	24,0

*¹) bezogen auf die beheizte NGF 624 m²

*⁵) vom PV-Ertrag werden 40 % im Gebäude selbst genutzt

Tabelle 40:
Primärenergiegutschrift der Grundschule Giebelstadt.

Komponente [-]	Primärenergiegutschrift [kWh/a]* ⁶	Spezifische Primärenergiegutschrift [kWh/m ² a]* ²
PV-Strom	76.650	237,3
Gesamt	76.650	237,3

*²) bezogen auf die PV-Modulfläche 323 m²

*⁶) vom PV-Ertrag werden 60 % in das öffentliche Netz eingespeist

5.7 Ersatzneubau der Hochschule Ulm



Bild 46:
Visualisierung des Gebäudes aus nordwestlicher Richtung [Quelle: SPREEN ARCHITEKTEN].

Der Ersatzneubau der Hochschule Ulm befindet sich an der Albert-Einstein-Allee, östlich des vorhandenen Hochschulgebäudes, und bildet zusammen mit diesem den neuen Hochschulcampus auf dem Oberen Eselsberg. Das im Effizienzhaus Plus-Standard geplante Gebäude ersetzt die Räumlichkeiten im stark sanierungsbedürftigen Objekt in der Eberhardt-Finck-Straße in Ulm-Böfingen.

5.7.1 Allgemeine Daten

Tabelle 41:
Zusammenstellung allgemeiner Angaben zum Gebäude und zu den Projektbeteiligten des Ersatzneubaus der Hochschule Ulm.

Standort	Albert-Einstein-Allee 53, 89081 Ulm
Baujahr	2018 – 2020
Bauherrschaft	Land Baden-Württemberg vertreten durch Vermögen und Bau Baden-Württemberg, Amt Ulm
Architekt	Entwurfsplanung (LPH 1 – 4): Vermögen und Bau Baden-Württemberg, Amt Ulm; Ausführungsplanung (LPH 5 – 8): SPREEN ARCHITEKTEN Partnerschaft mbB, München; Baudurchführung (LPH 6 – 8): planer gmbh sterr-ludwig, Blaustein
Monitoring	Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, Abteilung EER, Holzkirchen
Technische Gebäudeausrüstung	ee concept, Darmstadt; Planungsgruppe M+M AG, Böblingen, mit fachlicher Unterstützung von Vermögen und Bau BW, Amt Ulm und Hochschule Ulm
Bruttogrundfläche	11.291 m ²
Beheizte Nettogrundfläche	10.003 m ²
Beheiztes Gebäudevolumen	47.949 m ³
Hüllflächenfaktor A/V	0,25 m ⁻¹
Anzahl der Räume für Forschung und Lehre	38
Gesamtfläche der Räume für Forschung und Lehre	4.144 m ²

5.7.2 Architektur

Das Gebäude dient der Lehre und Forschung mehrerer Institute der Hochschule Ulm und enthält Laborräume sowie Büro-, Besprechungs- und Seminarbereiche. Mit dem Effizienzhaus Plus-Standard erfüllt das Gebäude die Vorgaben des Landes Baden-Württemberg, das seinen Gebäudebestand bis 2050 möglichst klimaneutral gestalten will.



Bild 47:
Lageplan der Gesamtanlage des Neubaus der Hochschule Ulm [Koeber Landschaftsarchitektur].

Der Neubau ist als kompaktes, quadratisches, viergeschossiges Gebäude geplant und wird neben dem bestehenden Hochschulgebäude errichtet. Durch den gemeinsamen Freibereich werden die beiden Gebäude zu einem Komplex verbunden. Das Gebäude wirkt durch seine klare Struktur. Die beiden unterschiedlich geformten Innenhöfe sorgen im Inneren für Transparenz und führen optisch die Geschosse zusammen. Um die beiden Innenhöfe, die für Belichtung und Belüftung sorgen, gruppieren sich Laborflächen. Weiter um diesen Kern herum sind Büro- und Seminarbereiche angeordnet, mit Aussicht auf die Albert-Einstein-Allee und den angrenzenden Naturraum. Sonderlabore und Werkstätten liegen im Untergeschoss an der Ostseite. Im Bereich des Haupteingangs ist eine variable Nutzung vorgesehen. Das Foyer wird als Veranstaltungsraum genutzt – es orientiert sich zum westlichen Innenhof und lässt sich um diese Außenfläche erweitern. Gleichzeitig dient die Foyerfläche im Alltagsbetrieb als Hauptmeetingpoint und studentischer Arbeitsraum. Ein Teilbereich des Flachdaches oberhalb der Laborbereiche wird als Versuchsfläche für die Hochschule ausgebaut. Die übrigen Bereiche des Daches werden vollständig zur Energiegewinnung mittels Photovoltaik genutzt.



Bild 48:
Grundriss Ebene 1 des Neubaus der Hochschule Ulm [Quelle: Vermögen und Bau BW].



Bild 49:
Grundriss Ebene 3 des Neubaus der Hochschule Ulm [Quelle: Vermögen und Bau BW].

5.7.3 Nutzungszonen

Die beheizte Nettogrundfläche des Neubaus ist in acht Hauptnutzungen unterteilt. Die jeweilige Nutzung beeinflusst den berechneten Energiebedarf der Zone. Bild 50 zeigt die Anteile der unterschiedlichen Nutzungsprofile an der beheizten Nettogrundfläche. Der Großteil der beheizten Fläche wird als Hörsaal genutzt.

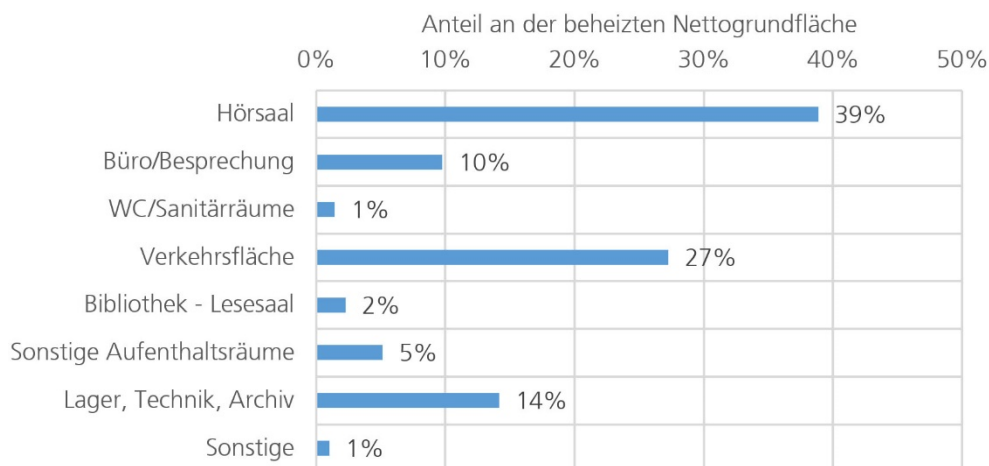


Bild 50:
Prozentuale Anteile der Nutzungen im Neubau der Hochschule Ulm.

5.7.4 Bauteile / Wärmeschutz

Das kompakte Gebäude wird als Massivbau mit Betondecken und Wandscheiben aus Stahlbeton in Form von Betonhalbfertigteilen realisiert. Es wird eine luftdichte Ausführung der Gebäudehülle und eine wärmebrückenarme Detaillausbildung angestrebt. Die Außenwände bestehen aus Stahlbeton-Halbfertigteilen als tragende Elemente und werden mit einer Vorsatzschale, die eine 190 mm dicke Wärmedämmschicht enthält, versehen. Der U-Wert der Konstruktion beträgt $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$. Die Fenster werden als Holzfenster mit einer 3-fach-Sonnenschutzverglasung ausgebildet. Der U_w -Wert der Fenster liegt bei $0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$. Alle Fenster erhalten einen außenliegenden Sonnenschutz. Das Dach wird als Flachdach ausgebildet, auf dem die aufgeständerte Photovoltaikanlage angeordnet wird. Auf der obersten massiven Geschossdecke werden eine Dampfsperre und eine 280 mm dicke Wärmedämmung aufgebracht, auf der eine Dachabdichtung verlegt wird. Der U-Wert des Daches beträgt $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$. Die 600 mm dicke Bodenplatte liegt auf einer 400 mm dicken Schaumglasschotterschicht auf und erhält eine Abdichtung und einen schwimmenden Estrich mit einer 60 mm dicken Wärme- und 20 mm dicken Trittschalldämmung. Auf den Estrich wird in den Seminar- und Büroräumen eine Oberflächenbeschichtung aufgebracht. Der U-Wert der Bodenplatte beträgt $0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Tabelle 42:
U-Werte und Aufbau der Bauteile der Gebäudehülle des Neubaus der Hochschule Ulm.

Bauteil [-]	U-Wert [W/m ² K]	Beschreibung [-]
Außenwand	0,18	7 cm Stahlbeton, 18 cm Ortbeton, 19 cm Wärmedämmung EPS (WLG 032), 6 cm Sichtbeton
Fenster	0,80	Holzfenster mit 3-fach-Sonnenschutzverglasung (g = 0,35)
Dach	0,14	45 cm Hohlkörperdecke aus Stahlbeton, 28 cm Wärmedämmung EPS (WLG 040), 1 cm Dachabdichtung, Kies
Bodenplatte	0,27	40 cm Schaumglasschotter ($\lambda = 0,11$ W/mK), 60 cm Bodenplatte aus Stahlbeton, 4 mm Abdichtung, 6 cm Wärmedämmung PUR (WLG 025), 2 cm Trittschalldämmung (WLG 040), 6,5 cm Zementestrich, 5 mm Oberflächenbeschichtung

5.7.5 Anlagentechnik

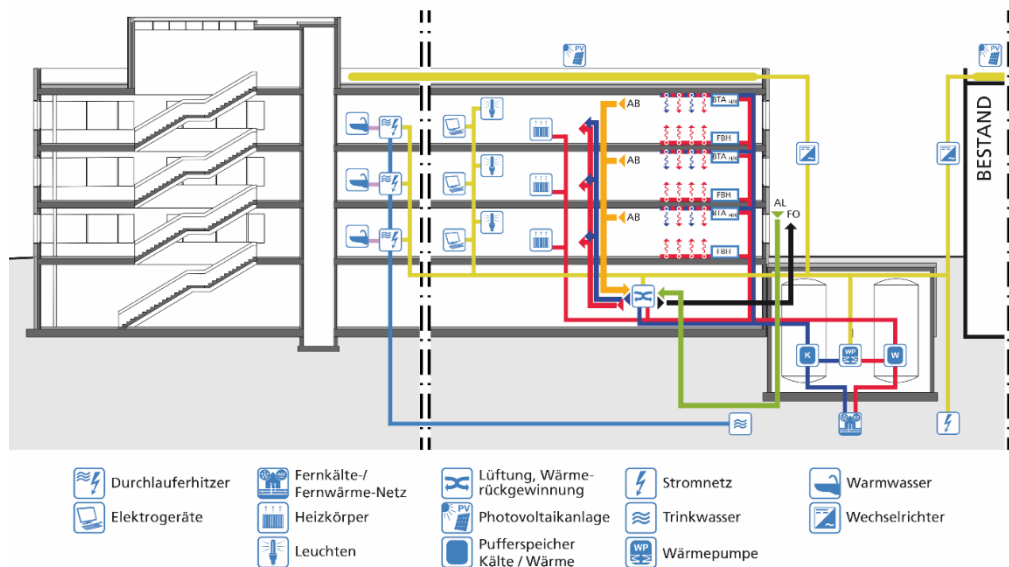


Bild 51:
Längsschnitt durch den Neubau der Hochschule Ulm und Konzeption der Haustechnik.

Das Gebäude wird über eine reversible Wasser-Wasser-Wärmepumpe beheizt bzw. gekühlt. Im Heizbetrieb beträgt die maximale Leistung der Anlage 145 kW, im Kühlbetrieb 85 kW.

Durch die Nutzung des bereits auf dem Campusgelände vorhandenen weitläufigen Fernkältenetzes als Wärmequelle reduziert sich der Endenergiebedarf des

Gebäudes auf ein Minimum. Strategie dabei ist es, die bei der Wärmeerzeugung anfallende Kälteenergie dem Fernkältenetz als Nutzenergie zuzuführen. Diese Entlastung des Fernkältenetzes wird dem Gebäude gutgeschrieben und als Energieeinspeisung bei der Effizienzhaus Plus-Bilanzierung betrachtet. Zur Betriebsoptimierung der Anlage ist heizungs- und kälteseitig je ein Pufferspeicher mit 50 m³ installiert. Die Spitzenlast deckt der Fernwärmeanschluss ab. Die Wärmeübertragung erfolgt mittels Bauteilaktivierung, Fußbodenheizung, Heizkörpern und in den Seminar- und Laborbereichen über die erforderliche Lüftungsanlage. Das Trinkwarmwasser für die Sanitärbereiche und Teeküchen wird dezentral mit Elektro-Durchlauferhitzern bereit.

Die Seminar- und Schulungsräume sowie die Technik- und Nebenräume werden über je eine Lüftungsanlage mit Frischluft versorgt. Die Außenluftansaugung erfolgt über einen begehbaren Bodenkanal, der gleichzeitig zur Vorkonditionierung der Außenluft dient. Zur Wärmerückgewinnung sind beide Anlagen mit einem hocheffizienten Kreislaufverbundsystem ausgerüstet. Im Heizfall wird die Luft auf einen konstanten Wert vorgeheizt.

Die Anlage für Seminar- und Schulungsräume erhält zusätzlich zur Kühlung der Außenluft im Sommer eine adiabate Fortluftkühlung, die die Grundkühllast der Räume abdeckt. Die Regelung der Zuluftmenge erfolgt bedarfsgerecht, abhängig vom CO₂-Gehalt der Luft. Die restlichen Räume werden natürlich be- und entlüftet. Zur Deckung des Endenergiebedarfs des Gebäudes werden knapp 1.900 m² Hochleistungs-PV-Module auf dem Neubau sowie dem Bestandsgebäude installiert. Die Gesamtleistung der Anlage beträgt ca. 370 kW_p, der dadurch zu erwartende Ertrag wird mit rund 370.000 kWh/a prognostiziert.

5.7.6 Energie

Das Gebäude benötigt gemäß Berechnung 677.603 kWh Endenergie im Jahr (67,7 kWh/m²_{beh, NGF}·a) in Form von Strom, Fernwärme und Fernkälte. Davon wird der Großteil (69 %) für den Betrieb der haustechnischen Anlagen verwendet, untergeordnet sind die Aufwände für Nutzerstrom (24 %) und Beleuchtung (7 %). Die Photovoltaikanlage auf dem Dach der Hochschule erzeugt gemäß einer Simulation am Standort Ulm 373.231 kWh erneuerbaren Strom im Jahr. Da die Wärmepumpe das Fernkältenetz als Energiequelle verwendet, wird die Kältezentrale des Netzes um 321.156 kWh/a entlastet. Der erzeugte Strom der Photovoltaikanlage sowie die Kälteeinspeisung ins öffentliche Netz sorgen für einen erwarteten jährlichen Überschuss in der Endenergiebilanz von 16.784 kWh/a. Vom lokal generierten Strom der PV-Anlage werden voraussichtlich 75 % im Gebäude selbst genutzt und 25 % ins Netz eingespeist. Primärenergetisch bewertet beträgt der Bilanzüberschuss voraussichtlich 51.530 kWh/a.

Tabelle 43:
Berechneter Endenergiebedarf des Ersatzneubaus der Hochschule Ulm.

Komponente [-]	Endenergiebedarf [kWh/a]	Spezifischer Endenergiebedarf [kWh/m ² a] ^{*1}
Heizung (Fernwärme)	126.585	12,7
Warmwasser, Heizung (Strom)	92.836	9,3
Kühlung (Fernkälte)	123.723	12,4
Kühlung (Strom)	51.509	5,1
Hilfsenergie für Heizung, Kühlung, Warmwasser, Lüftung (Strom)	74.318	7,4
Beleuchtung (Strom)	48.580	4,9
Nutzerstrom	160.052	16,0
Gesamt	677.603	67,8

*1) bezogen auf die beheizte NGF 10.003 m²

Tabelle 44:
Berechnete Endenergiedeckung des Ersatzneubaus der Hochschule Ulm.

Komponente [-]	Endenergiedeckung [kWh/a]	Spezifische Endenergiedeckung [kWh/m ² a] ^{*2}
PV-Strom	373.231 ^{*3} (203.934 ^{*4})	140,5 ^{*2} (108,5 ^{*2})
Kälteeinspeisung	321.156	32,1 ^{*1}
Gesamt	694.387	-*5

*1) bezogen auf die beheizte NGF 10.003 m²

*2) bezogen auf die PV-Modulfläche 1.880 m²

*3) gemäß PV-Simulation am Standort Ulm

*4) nach DIN V 18599 (2011) mit Standardwerten und Referenzklima Potsdam

*5) Wert wird aufgrund der unterschiedlichen Bezugsgrößen nicht angegeben

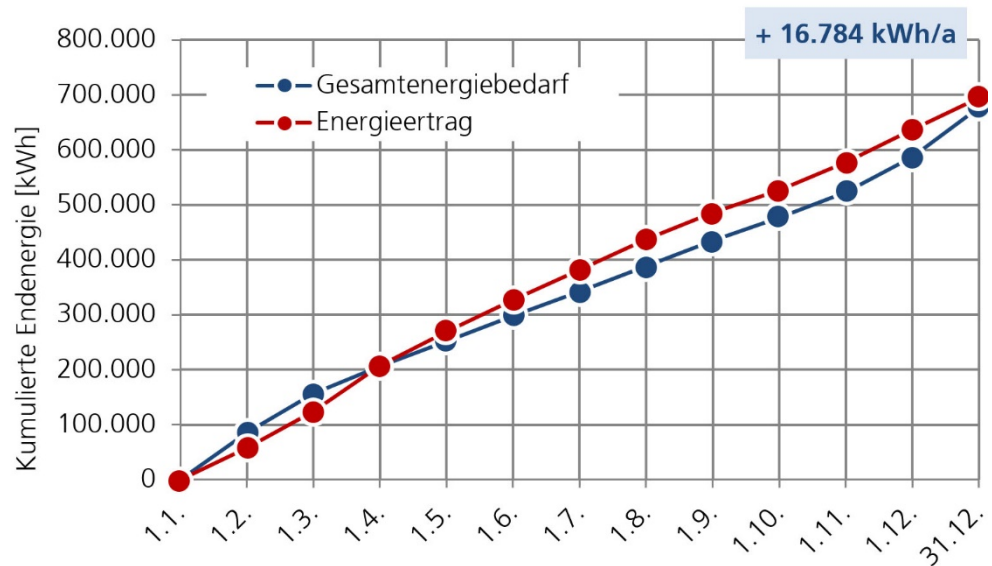


Bild 52:
Prognostizierter Endenergieüberschuss.

Tabelle 45:
Primärenergiebedarf der erforderlichen Energieträger des Ersatzneubaus der Hochschule Ulm.

Komponente [-]	Primärenergiebedarf [kWh/a]* ⁶	Spezifischer Primärenergiebedarf [kWh/m ² a]* ¹
Nahwärme	25.317	2,5
Fernkälte	50.726	5,1
Strombedarf (TGA + Licht)	129.311	12,9
Nutzerstrom nach Effizienzhaus Plus	135.787	13,6
Gesamt	341.141	34,1

*¹) bezogen auf die beheizte NGF 10.003 m²

*⁶) vom PV-Ertrag werden 75 % im Gebäude selbst genutzt

Tabelle 46:
Primärenergiegutschrift des Ersatzneubaus der Hochschule Ulm.

Komponente [-]	Primärenergiegutschrift [kWh/a]* ⁷	Spezifische Primärenergiegutschrift [kWh/m ² a]
PV-Strom	260.997	138,8* ²
Kälteeinspeisung	131.674	13,2* ¹
Gesamt	392.671	-*⁵

*¹) bezogen auf die beheizte NGF 10.003 m²

*²) bezogen auf die PV-Modulfläche 1.880 m²

*⁷) vom PV-Ertrag werden 25 % in das öffentliche Netz eingespeist

*⁵) Wert wird aufgrund der unterschiedlichen Bezugsgrößen nicht angegeben

6 Öffentlichkeitsarbeit, Ergebnisverbreitung und Verwertung

Zur Ergebnisverbreitung und Diskussion der gesammelten Erfahrungen wurden Netzwerktreffen durchgeführt und Ergebnisse auf Kongressen vorgestellt. Die Broschüre »Wege zum Effizienzhaus Plus« wurde in der Projektphase dreimal aktualisiert (aktuelle Fassung: 6. Auflage [3]) und in der 6. Auflage um Informationen zu den Effizienzhaus Plus-Bildungsbauten ergänzt. Eine Übersicht über die zwei Veröffentlichungen, die gehaltenen sechs Vorträge und die realisierten zwei Workshops zu den Bildungsbauten in der dritten Projektphase ist im Anhang A2 enthalten.

Die öffentlichen Workshops auf der bautec 2020 [4] und im Rahmen des Kongresses »Zukunftsraum Schule« in Stuttgart 2019 [5] erlaubten einen intensiven Austausch über die Erfahrungen aller Beteiligten mit den Bildungsbau-Modellprojekten Effizienzhaus Plus bei großer Offenheit der Vortragenden. Die Teilnehmer der Veranstaltungen schätzten neben den einführenden Vorträgen die Diskussionen zu Einzelthemen.

Der Schwerpunkt des 15. Netzwerktreffens in Stuttgart lag auf den Erfahrungsaustausch bei der Planung und Realisierung der Bildungsbauten. Projektbeteiligte von fünf der sieben Modellvorhaben berichteten von den Herausforderungen und Lösungsansätzen, die in den letzten zwei Jahren aufgetreten waren. Die ausgestellten Plakate zu den einzelnen Bildungsgebäuden ermöglichten den Besuchern, sich über jedes Modellvorhaben eigenständig zu informieren.

Unter dem Thema »Impulse für den Klimaschutz« fand der 16. Workshop des Forschungsnetzwerks auf der bautec in Berlin statt. Am Vormittag boten Impulsvorträge Einsicht in die Themen Klimawandel, Energieeffizienz und Lebenszyklus. Nach der Mittagspause, die den Teilnehmern die Möglichkeit zum fachlichen Austausch gab, wurde über Ergebnisse und Erfahrungen aus der Praxis zu ausgewählten Effizienzhaus Plus-Modellvorhaben berichtet. Darunter wurden Ergebnisse aus der Begleitforschung zu den Wohngebäuden und eine erste Querauswertung zu den Bildungsgebäuden vorgestellt. Zudem wurde das Bauvorhaben bzw. das Monitoring von zwei der sieben geförderten Bildungsgebäude präsentiert.

Eine textliche Zusammenfassung der Inhalte aller Netzwerktreffen sowie die gezeigten Präsentationen sind auf der Internetseite der Forschungsinitiative Zukunft BAU unter www.zukunftbau.de/programm/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 Poster des Kongresses »Zukunftsraum Schule« sind in Anhang A2 dargestellt (Stand November 2019).

7 Zusammenfassung und Ausblick

Sieben Bildungsbauten, die im Rahmen der Effizienzhaus Plus-Initiative gefördert werden, werden auf Basis ihrer Planungsdaten in diesem Bericht detailliert dokumentiert. Dabei handelt es sich um eine Grundschule, zwei Gymnasien, zwei berufliche Schulzentren und zwei Hochschulgebäude. Die geplanten Maßnahmen beinhalten jeweils einen (Erweiterungs-)Neubau und in zwei Vorhaben zusätzlich die Sanierung eines Bauabschnitts.

Die systematisierten Steckbriefbeschreibungen umfassen allgemeine Daten wie die Gebäudeadresse, den Eigentümer, die Projektbeteiligten und geometrische Gebäudekennwerte sowie Beschreibungen der Architektur, der eingesetzten Bauteile und der Anlagentechnik. Die von den jeweiligen Planern berechneten End- und Primärenergiebedarfe, die Endenergiedeckung und die Primärenergiegutschrift durch Einspeisung ergänzen die Projektbeschreibung.

Zusätzlich organisierte die Begleitforschung Veranstaltungen zum Informationsaustausch mit dem Effizienzhaus Plus-Netzwerk, der Fachöffentlichkeit und darüber hinaus.

In der nächsten Phase der Forschungsinitiative werden die Effizienzhaus Plus-Bildungsbauten nach ihrer Baufertigstellung in die Monitoringphase übergehen, so dass eine vergleichende Evaluierung der unterschiedlichen Konzepte im Realbetrieb im Fokus der Aufgaben der Begleitforschung stehen wird.

8 Literaturverzeichnis

- [1] Krück, X.; Bradke, H.: Die Initiative Partner für Innovation – Impulskreis Energie. Präsentation auf dem 1. Symposium »Energieeffiziente Schule«, Stuttgart, September 2005. Verfügbar unter https://eneff-schule.de/images/stories/files/veranstaltung/2005-09-13_symposium/02Krueck_Bradke_PfI_Zwischenbilanz_PK.pdf.
- [2] Bergmann, A.; Erhorn, H.; Haug, I.; Preuss, J.: Begleitforschungsprojekt Effizienzhaus Plus Steckbriefe B01 bis B07, Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat, September 2017 – Mai 2020. Verfügbar unter <https://www.zukunftbau.de/programm/effizienzhaus-plus/modellvorhaben>.
- [3] Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI) und Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Herausgeber): Wege zum Effizienzhaus Plus. Grundlagen und Beispiele für energieerzeugende Gebäude. 6. aktualisierte Auflage, Berlin (November 2018), Online-Artikelnummer »BMI 18003«. Verfügbar unter <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/ministerien/bmi/verschiedene-themen/2018/effizienzhaus-plus.html>.
- [4] Fraunhofer IBP/BBSR: 16. Workshop und Fachsymposium Netzwerk Effizienzhaus Plus im Rahmen der bautec 2020. Dokumentation und Präsentationen. Verfügbar unter <https://www.zukunftbau.de/programm/effizienzhaus-plus/modellvorhaben/workshops/16-workshop-netzwerk-effizienzhaus-plus>.
- [5] Fraunhofer IBP/BBSR: 15. Netzwerktreffen Effizienzhaus Plus im Rahmen des Kongresses »Zukunftsraum Schule«. Dokumentation und Präsentationen. Verfügbar unter <https://www.zukunftbau.de/programm/effizienzhaus-plus/modellvorhaben/workshops/15-workshop-netzwerk-effizienzhaus-plus>.

Anhänge

Anhang 1: Berechnete Kenndaten der Bildungsbauten im Effizienzhaus Plus-Standard

Anhang 2: Liste der Veröffentlichungen, Vorträge und Workshops

Anhang 3: Poster IBP-Kongress »Zukunftsraum Schule« 2019

Anhang 4: Übersicht der Steckbriefe zu den Modellvorhaben

Anhang 1: Berechnete Kenndaten der Bildungsbauten im Effizienzhaus Plus-Standard

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

Nr.	Modellprojekt	Kenndaten	Heizungs- und Trinkwarmwasserbereitung	Heizungs- und Trinkwarmwasserbereitung	Heizungs- und Trinkwarmwasserbereitung	Heizungs- und Trinkwarmwasserbereitung	Heizungs- und Trinkwarmwasserbereitung	Heizungs- und Trinkwarmwasserbereitung
		Beheizte NGF nach EnEV	Wärmeerzeuger	Wärmequelle	Heizleistung der Wärmepumpenanlage	Weitere Wärmeerzeuger	Trinkwarmwasserbereitung	Speichervolumen
1	LOP-Schule Hockenheim	3.766 m ²	Sole-Wasser-WP	Eisspeicher und Solarabsorber	29 kW	Fernwärme	dezentral über elektrische Durchlauferhitzer	1.500 Liter
2	Gymnasium Neutraubling	10.338 m ²	Wasser-Wasser-WP	Grundwasser	229,5 kW	-	dezentral über elektrische Durchlauferhitzer	6.000 Liter
3	BSZ Mühldorf am Inn	9.596 m ²	Sole-Wasser-WP	Eisspeicher und Solarabsorber	150 kW	Gas-Brennwert-Kessel	dezentral über elektrische Durchlauferhitzer und zentral über Gas-Brennwertkessel	5.000 Liter
4	JB-Gymnasium Kaufbeuren	8.521 m ²	Wasser-Wasser-WP	Grundwasser	172,2 kW	-	dezentral über elektrische Durchlauferhitzer	11.920 Liter
5	Forschungshalle HSA Feuchtwangen	531 m ²	Sole-Wasser-WP	Eisspeicher und Solarabsorber	28,8 kW	-	dezentral über elektrische Durchlauferhitzer	1.500 Liter
6	Grundschule Giebelstadt	624 m ²	Luft-Wasser-WP	Außenluft	39,4 kW	-	dezentral über elektrische Durchlauferhitzer	1.000 Liter
7	Hochschule Ulm	10.003 m ²	Wasser-Wasser-WP	Rücklauf des Fernkältenetzes	150 kW	Fernwärme	dezentral über elektrische Durchlauferhitzer	5.000 Liter

Tabelle A1.2:
Übersicht des berechneten jährlichen Endenergiebedarfs.

Nr.	Vorhaben	Beheizte NGF nach EnEV [m ²]	Heizung [kWh]	Kühlung [kWh]	Lüftung [kWh]	Beleuchtung [kWh]	Warmwasser [kWh]	Nutzerstrom [kWh]	Gesamt [kWh]
1	LOP-Schule Hockenheim	3.766	60.223	1.718	24.748	18.981	5.568	37.660	148.898
2	Gymnasium Neutraubling	10.388	74.905	27.824	21.174	41.997	0	103.883	269.783
3	BSZ Mühldorf am Inn	9.596	76.236	0	38.081	57.764	58.205	136.736	367.022
4	JB-Gymnasium Kaufbeuren	8.521	111.585	15.428	42.970	21.385	1.158	85.207	277.733
5	Forschungshalle HSA Feuchtwangen	531	5.871	1.460	2.304	3.339	425	5.310	18.709
6	Grundschule Giebelstadt	624	10.016	2.151	2.115	3.032	2.754	6.240	26.308
7	Hochschule Ulm	10.003	201.191	199.324	40.018	48.580	28.436	160.052	677.601

Tabelle A1.3:
Übersicht des berechneten jährlichen Endenergieertrags und des endenergetischen Überschusses.

Nr.	Vorhaben	Beheizte NGF nach EnEV [m ²]	Endenergieertrag PV [kWh]	Endenergieertrag Kälteeinspeisung [kWh]	Gesamter Endenergieertrag [kWh]	Gesamter Endenergieüberschuss [kWh]
1	LOP-Schule Hockenheim	3.766	164.748	0	164.748	15.850
2	Gymnasium Neutraubling	10.388	306.401	0	306.401	36.615
3	BSZ Mühldorf am Inn	9.596	376.960	0	376.960	9.937
4	JB-Gymnasium Kaufbeuren	8.521	326.508	0	326.508	49.933
5	Forschungshalle HSA Feuchtwangen	531	26.681	0	26.681	7.972
6	Grundschule Giebelstadt	624	45.375	0	45.375	19.065
7	Hochschule Ulm	10.003	373.231	321.156	694.387	16.784

Tabelle A1.4:
Übersicht der berechneten Primärenergiebilanz.

Nr.	Vorhaben	Beheizte NGF nach EnEV [m ²]	Primärenergiebedarf [kWh]	Primärenergiegutschrift [kWh]	Primärenergieüberschuss [kWh]
1	LOP-Schule Hockenheim	3.766	86.281	245.706	159.425
2	Gymnasium Neutraubling	10.388	186.701	392.948	206.247
3	BSZ Mühldorf am Inn	9.596	249.175	512.535	263.360
4	JB-Gymnasium Kaufbeuren	8.521	165.372	397.058	231.686
5	Forschungshalle HSA Feuchtwangen	531	11.230	39.789	28.559
6	Grundschule Giebelstadt	624	14.960	76.650	61.690
7	Hochschule Ulm	10.003	341.141	392.671	51.530

Anhang 2: Liste der Veröffentlichungen, Vorträge und Workshops

Veröffentlichungen

Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI) 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 (BBSR) (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“.

Vorträge

Februar 2020

Erhorn-Kluttig, H.; Preuss, J.: Erkenntnisse zu Effizienzhaus Plus-Wohngebäuden und -Bildungsbauten.
Berlin

November 2019

Reiß, J.: Querauswertung Energieeffiziente Schulen.
Stuttgart

Januar 2019

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

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

Februar 2016

Erhorn, H.: 10 Jahre Forschungsinitiative EnEff:Schule. Wo stehen wir heute? (bautech 2016).
Berlin

Workshops

Februar 2020

16. Öffentlicher Workshop und Fachsymposium Netzwerk Effizienzhaus Plus
(bautec 2020).

Berlin

Anhang 3: Poster IBP-Kongress ZUKUNFTSRAUM SCHULE 2019

Projektposter (DIN A 1, Stand November 2019):

- PB0 Deutschlandkarte
- PB1 Louise-Otto-Peters-Schule in Hockenheim
- PB2 Gymnasium Neutraubling (BA 1)
- PB3 Berufliches Schulzentrum Mühldorf am Inn (BA1)
- PB4 Jakob-Brucker-Gymnasium in Kaufbeuren (BA1)
- PB5 Forschungshalle der Hochschule Ansbach in Feuchtwangen
- PB6 Grundschule Giebelstadt
- PB7 Hochschule Ulm

Effizienzhaus Plus

Bildungsbauten



ZUKUNFT BAU
MODELLVORHABEN



www.zukunftbau.de/effizienzhaus-plus

FÖRDERER



Bundesministerium
des Innern, für
Siedlung, Städtebau
und Heimat



Bundesministerium
für Bildung und
Kultur

www.bmi.bund.de

www.bmbwf.bund.de

BEGLEITFORSCHUNG



Fraunhofer
IEP

www.iep.fraunhofer.de/en

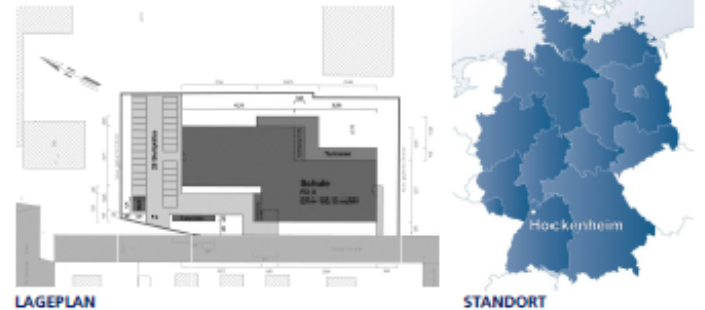
Effizienzhaus Plus

Louise-Otto-Peters-Schule Hockenheim



Beheiztes Gebäudevolumen: 15.787 m³
Hüllflächenfaktor A/V: 0,38 m⁻¹

ZUKUNFTBAU
MODELLVORHABEN



PROJEKTbeschreibung

Die Louise-Otto-Peters-Schule (LOP) in Hockenheim ist die erste im Förderprogramm Effizienzhaus Plus Bildungsbauten des Bundesbauministeriums aufgenommene Bildungseinrichtung. In Hockenheim entstand mit ihr ein klimaneutrales Gebäude der Zukunft, unter dessen Dach drei Schulformen vereint sind. Für die Berufsvorbereitung, ein berufliches Gymnasium und die Ausbildung im Bereich der Altenpflege und des Erzieherberufs, bietet der Neubau zukünftig insgesamt 280 Schülern Raum.

Auf dem 5.000 Quadratmeter großen Grundstück des ehemaligen katholischen Kindergartens St. Josef gegenüber der bisherigen Schule steht nun ein helles,

freundliches und energetisch hoch modernes Gebäude, das die Klimaschutzziele des Rhein-Neckar-Kreises erfüllt und zugleich die gesetzlichen Vorgaben deutlich übererfüllt.

Das Gebäude ist so beschaffen, dass es sowohl aus ökonomischer wie auch aus ökologischer Sicht so effizient wie möglich betrieben werden kann: Mit dem Neubau werden bis zu 65 t CO₂/a gegenüber einem Neubau im EnEV-Standard eingespart.

ANLAGENTECHNIK

Die Wärmeversorgung des Gebäudes wird mit einer Sole-Wasser-Wärmepumpe mit einer Leistung von 29 kW sichergestellt. Als Wärmequellen dienen dabei ein im Erdreich befindlicher Eisspeicher (Wasservolumen 82 m³) sowie 14 Solarabsorber-Kollektoren mit einer gesamten Größe von 40 m² und einer Entzugsleistung von 27.720 kWh/a, die auf dem Dach installiert sind. Durch den Einsatz der Wärmepumpe in Kombination mit der Eisspeichertechnologie soll ein energieeffizienter Betrieb sichergestellt werden,

der auch für die sommerliche „passive“ Kühlung eingesetzt werden kann. Auf das städtische Nahwärmenetz muss nur in Spitzenlastzeiten zurückgegriffen werden.

Die Warmwasserbereitung erfolgt in ausgewählten Räumen dezentral über elektrische Durchlauferhitzer. Auf dem Dach ist eine 1.048 m² große Photovoltaik-Anlage, bestehend aus 639 Modulen mit monokristallinen Solarzellen installiert. Ihre Leistung beträgt 191,4 kWp.

ARCHITEKTUR

Die klar strukturierte zweigeschossige Schule verfügt in jeder Ebene über einen zentralen Foyerbereich, von dem aus zwei Flügel erschlossen werden.

Im Nord-Ost-Flügel ist im Erdgeschoss der gesamte Verwaltungsbereich mit einem großen zentralen Lehrerzimmer angeordnet. Der Süd-West-Flügel beinhaltet alle berufsbezogenen Fachräume. Im Obergeschoss befinden sich in jedem Flügel jeweils vier Unterrichtsräume, dazwischen die allgemeinen Fach-

räume, mehrere Schülerarbeitsräume für verschiedene Gruppengrößen und die Schülerbibliothek.

Das Herzstück des Gebäudes, das mittige Foyer, dient auch als Aula, die über den zentralen Luftraum mit dem Obergeschoss verbunden ist. Für größere Versammlungen und Schulfeste ist die Aula kombinierbar mit dem Schüleraufenthalt und bei Bedarf auch mit dem Rhythmierraum.



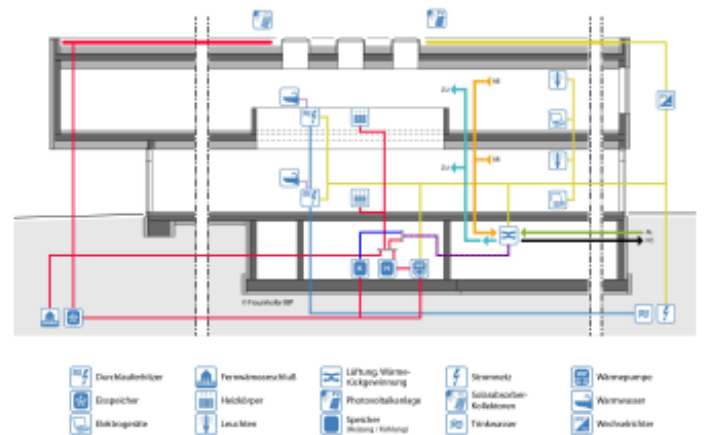
GRUNDRISS ERDGESCHOSS



GRUNDRISS OBERGESCHOSS

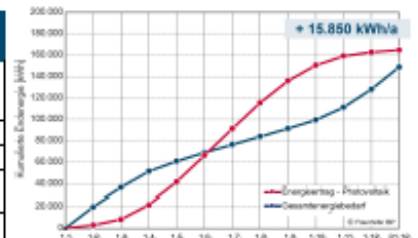
BAUTEILE

Bauteil	Außenwand	Fenster	Dach	Bodenplatte
U-Wert [W/(m ² K)]	0,16 bis 0,18	0,8	0,13	0,13 bis 0,14



ENDENERGIEBEDARF UND DECKUNG

Komponente	Energiebedarf [kWh/(m ² a)]*
Hilfsenergie für Heizung, Kühlung, TWW, Lüftung (Strom)	7,2
Beleuchtung (Strom)	5,0
Nutzerstrom (Strom)	10,0
Warmwasser Heizung (Strom)	6,9
Heizung (KWK, Nahwärme)	10,4
Gesamt	39,5



Komponente	Energieertrag [kWh/(m ² a)]**
PV-Dach	157,2
Gesamt	157,2

prognostizierter Endenergie-Ertrag: 164.748 kWh/a
prognostizierter Endenergie-Bedarf: -148.898 kWh/a
prognostizierter Überschuss: 15.850 kWh/a

*bezogen auf die beheizte NGF 3.766 m²
**bezogen auf die PV-Modulfäche Dach 1.048 m²

www.zukunftbau.de/effizienzhaus-plus

Effizienzhaus Plus

Gymnasium Neutraubling



ZUKUNFTBAU
MODELLVORHABEN



Beheiztes Gebäudevolumen: 16.135 m³
Hüllflächenfaktor AV: 0,33 m²



LAGEPLAN



STANDORT

PROJEKTbeschreibung

Das „Gymnasium Neutraubling“ wurde 1974 errichtet und mehrfach erweitert. Bisher umfasste das Schulgebäude drei miteinander verbundene Bauteile, eine Mensa sowie eine 3-fach Sporthalle mit Klassentrakt und eine 1-fach Sporthalle.

In einem 1. Bauabschnitt entstand nun ein Neubaubereich mit 12 Klassenzimmern, einem Lehrerzimmer, einer Bibliothek, einem Ganztagsschul- und Verwaltungsbereich. Im 2. Bauabschnitt wird nach einem Gebäudeteilabruch ein Mitteltrakt mit Eingangsbereich und 28 Klassenzimmern mit einer Aula errichtet. Ein in diesem Gebäudekomplex erhaltener Bereich wird saniert. Im 3. Bauabschnitt werden 9 bestehende Klassenzimmer und der

Biologiebereich saniert. In der Mensa ist als einzige Maßnahme die Nachrüstung einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung vorgesehen.

Das Gymnasium wird räumlich neu geordnet, weiterentwickelt und energetisch saniert. Dabei werden der Erweiterungsbau und der Sanierungsbereich (Bauabschnitte 1 bis 3) des Gymnasiums im Effizienzhaus Plus Standard ausgeführt.

Hier wird der erste Bauabschnitt näher betrachtet. Mit dem Neubau können bis zu 94 t CO₂/a gegenüber einem Neubau im EnEV-Standard eingespart werden.

ANLAGENTECHNIK

Zur Heiz- und teilweise kühlseitigen Versorgung ist eine reversible Wasser-Wasser-Wärmepumpe vorgesehen. Die kaskadierte Anlage (2x 50 kW + 1x 70 kW) für Bauabschnitt 1+(2 + 3) nutzt aus der gemeinsamen Brunnenanlage Grundwasser als Energiequelle. Sie versorgt die Heiz- und Kühldecken sowie die Nacherhitzer der dezentralen Lüftungsanlagen.

Die jeweiligen Wärmepumpen speisen direkt in das Heiznetz ein und können somit variabel mit möglichst niedriger Zieltemperatur betrieben werden. Im EDV- und Serverraum ist eine aktive Kühlung mittels Wärmepumpe möglich. In den

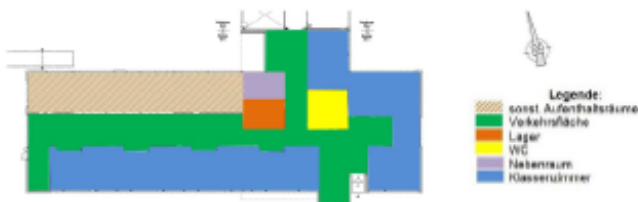
Klassenzimmern erfolgt eine passive Kühlung, dabei bleibt der Verdichter der Wärmepumpe außer Betrieb und das Grundwasser wird direkt über einen Wärmeübertrager in den Kühlkreislauf geführt.

Auf dem Dach des Bauabschnitts 1 ist eine 585 m² große Photovoltaik-Anlage aus polykristallinen Siliziumzellen mit einer Leistung von 94,34 kWp installiert. Ergänzt wird die PV-Anlage anteilig durch eine Bestandsanlage auf der 3-fach-Turnhalle, die eine Leistung von 59,4 kWp aufweist.

ARCHITEKTUR

Ein neuer zweigeschossiger Querriegel entstand im Süden des Schulgrundstücks, parallel zur Gregor-Mendel-Straße. Im Erdgeschoss dieses Gebäudes sind die Räume für die Ganztagschule angeordnet und im Obergeschoss sind alle Verwaltungseinrichtungen der Schule inklusive Lehrerzimmer und Bibliothek zusammengeführt. Dieser Bereich hat einen separaten Eingang und einen Verbindungsgang zum benachbarten Mensa-Gebäude.

In weiteren Bauabschnitten erfolgt die Sanierung der bestehenden älteren Gebäudekomplexe, die Neugestaltung der Aula und eines Studiensaals sowie des neuen Haupteingangsbereichs. Dieser wird künftig nach Osten zu den Parkplätzen ausgerichtet sein.



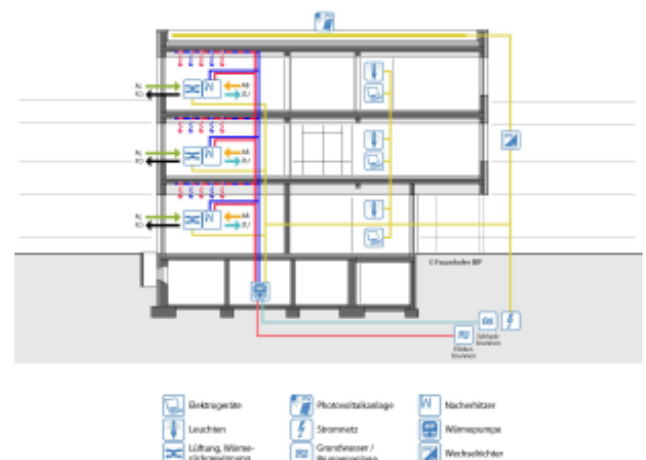
GRUNDRISS ERDGESCHOSS



GRUNDRISS OBERGESCHOSS

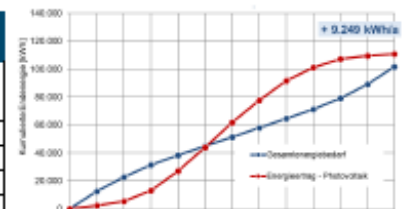
BAUTEILE

Bauteil	Außenwand	Fenster	Dach	Bodenplatte
U-Wert [W/(m ² K)]	0,16	0,76 bis 0,8	0,11	0,15



ENDENERGIEBEDARF UND DECKUNG

Komponente	Energiebedarf [kWh/(m ² a)]*
Hilfsenergie für Heizung, Kühlung, Lüftung (Strom)	7,4
Beleuchtung (Strom)	4,6
Nutzerstrom (Strom)	10,0
Heizung (Strom)	6,7
Gesamt	28,7



Komponente	Energieertrag [kWh/(m ² a)]**
PV-Dach	104,6***
Gesamt	104,6

*bezogen auf die beheizte NGF 3.545 m²
 **bezogen auf die PV-Modulfäche Dach 1.060 m²
 ***nach DIN V 18599 mit Modul Nennleistung

www.zukunftbau.de/effizienzhaus-plus

Effizienzhaus Plus

Berufliches Schulzentrum Mühldorf am Inn



ZUKUNFT BAU
MODELLVORHABEN



Beheiztes Gebäudevolumen: 19.182 m³
Hüllflächenfaktor AV: 0,30 m²/m³



PROJEKTbeschreibung

Der neue Schulkomplex des beruflichen Schulzentrums (BSZ) soll im Effizienzhaus Plus Standard errichtet werden. Er beinhaltet die staatliche Berufsschule II und vier staatliche Berufsfachschulen mit insgesamt 31 Klassenräumen, den dazugehörigen Fachgruppen- und Mehrzweckräumen, eine Mensa, eine Bäckereifachklasse, sowie zukünftig eine Zweifeld-Sporthalle als Abschluss des Platzes.

Der Neubau gliedert sich insgesamt in drei Bauabschnitte und wird stufenweise bei gleichzeitigem Schulbetrieb realisiert. Die zeitliche Abfolge der weiteren Bauabschnitte erstreckt sich voraussichtlich bis 2020.

Das 2001 errichtete Bestandsgebäude bleibt erhalten und wird in das neue Gesamtkonzept integriert. So entsteht ein neuer Schulkomplex mit großzügigem Eingangshof von der Innstraße aus und zentralem Erschließungsbereich am Knotenpunkt „Alt und Neu“.

Der erste von drei Bauabschnitten ist fertiggestellt und wurde zum Schuljahr 2018/2019 in Betrieb genommen. Dieser Bauabschnitt wird folgend näher erläutert.

ARCHITEKTUR

Die Gebäude des Schulkomplexes sind einfach und übersichtlich strukturiert. Ausgehend vom zentralen Eingangsbereich um das bestehende Haupttreppenhaus, werden alle Baukörper auf kurzen Wegen erschlossen (siehe Lageplan).

Der 1. Bauabschnitt organisiert sich um ein inneres Atrium über alle Geschosse mit kommunikationsfördernder Atmosphäre. Er enthält unter anderem die Mensa, Kantine, den Pausenraum und die Bäckereifachklasse.

Das Proportionspiel zwischen dem kräftigen Würfel des ersten Bauabschnitts, dem Bestandsriegel und dem nördlichen anschließenden zweiten Bauabschnitt, sowie der abschließenden Sporthalle ergibt ein ausgewogenes Erscheinungsbild des Gesamtkomplexes.

Der Entwurf ist so konzipiert, dass auf dem Grundstück noch Erweiterungsmöglichkeiten für ergänzende Gebäude vorhanden sind.



GRUNDRISS ERDGESCHOSS



GRUNDRISS OBERGESCHOSS

BAUTEILE

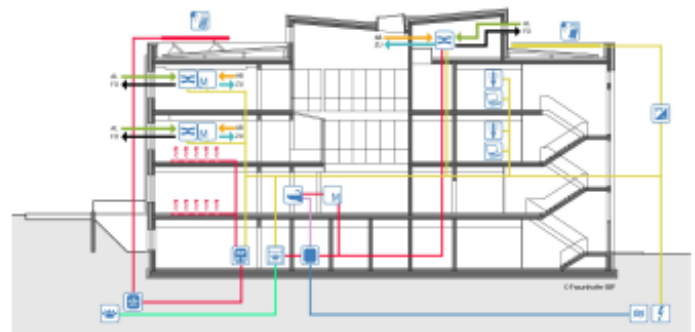
Bauteil	Außenwand	Fenster	Dach	Bodenplatte
U-Wert [W/(m ² K)]	0,14	0,82	0,11	0,13

ANLAGENTECHNIK

Die Wärmeversorgung des Gebäudekomplexes wird mit einer Sole-Wasser-Wärmepumpe (150 kW) in Kombination mit einem Eisspeicher (380 m³) und 217 m² Solarabsorbern zur Grundlastdeckung sichergestellt. Ergänzend ist ein Gas-Brennwert-Spitzenlastkessel (460 kW) aufgestellt. Die Wärme wird über ein Verleiersystem verteilt. Das Niedertemperatur-Verteilersystem (45/95 °C) wird von der Wärmepumpe gespeist und versorgt die Flächenheizsysteme in den Neubaubereichen. Das Hochtemperatur-Verteilersystem (70/40 °C) wird vom Brennwertkessel gespeist und versorgt das zentrale Trinkwassersystem der Mensa

und der Fachklasse Bäckerei, die zentrale Lüftungsanlage und das Heizsystem des Bestandsgebäudes. Die Abwärmen aus den Kühlzellen der Fachklasse Bäckerei und der Mensa werden dem Niedertemperaturnetz zugeführt. Im Sommer werden die Flächenheizsysteme als Kühlflächen genutzt.

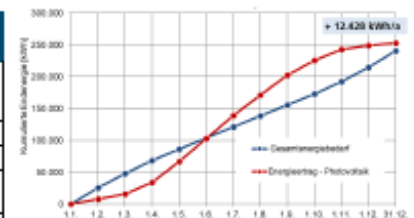
Auf den Dächern des Schulkomplexes sind neben bestehenden Photovoltaikmodulen neue Module mit monokristallinen Solarzellen installiert. Die gesamte Anlage ist 1.488 m² groß und hat eine Leistung von ca. 262 kWp.



- Eispeicher
- Gas-Brennwertkessel
- Photovoltaikanlage
- Solarabsorber-Kollektoren
- Wärmetauscher
- Decke
- Lüftung, Wärme-rückgewinnung
- Gasheiz
- Stromnetz
- Wärmepumpe
- Abwasser
- Wechselrichter

ENDENERGIEBEDARF UND DECKUNG

Komponente	Energiebedarf [kWh/(m ² a)]*
Hilfsenergie für Heizung, Kühlung, TW, Lüftung (Strom)	5,6
Beleuchtung (Strom)	5,9
Nutzerstrom (Strom)	18,0**
Warmwasser Heizung (Strom)	4,6
Heizung (Erdgas)	13,1
Gesamt	47,1



Komponente	Energieertrag [kWh/(m ² a)]***
PV-Dach	170,2****
Gesamt	170,2****

*bezogen auf die beheizte NGF 5.122 m²
**planerisch erhöhter Bedarf festgelegt
***bezogen auf die PV-Modulfäche Dach 1.488 m²
****nach DIN V 18559 mit Peakleistung bei Normprüfbedingungen

www.zukunftbau.de/effizienzhaus-plus

Effizienzhaus Plus

Jakob-Brucker-Gymnasium Kaufbeuren



ZUKUNFT BAU
MODELLVORHABEN



Beheiztes Gebäudevolumen: 1.615 m³
Hüllflächenfaktor AV: 0,58 m²



PROJEKTbeschreibung

Der Neubau des Fachklassentrakts ist Bestandteil der Generalsanierung und Erweiterung des Jakob-Brucker-Gymnasiums in Kaufbeuren. Das zweigeschossige Gebäude bietet auf 2.170 m² Platz für naturwissenschaftliche Fachräume und zugehörige Nebenräume.

Der Neubau verbindet darüber hinaus zwei Bestandsgebäude aus den 1960er bzw. 1970er Jahren und führt die naturwissenschaftlichen Fachräume an zentraler Stelle zusammen.

Weitere Teile der campusartigen Anlage aus den 1970er Jahren werden modernisiert oder abgebrochen. Der gesamte Komplex (Bauteil A - D) wird nach den Vorgaben des Effizienzhaus Plus Standards errichtet.

Nachfolgend wird der Neubau, der Anfang 2019 in Betrieb genommen wurde, näher betrachtet.

ARCHITEKTUR

Der neue Fachklassentrakt (Bauteil B) wird zwischen den beiden bestehenden Gebäudeteilen A und D errichtet. Er ist über zwei Verbindungsstege im 1. Obergeschoss barrierefrei mit diesen verbunden. Unter den Stegen kann die Wegführung zwischen den Gebäuden auch im Außenbereich „trockenen Fußes“ erfolgen.

Die Fachklassen sind im Clusterprinzip um ein zentrales Forum mit einem großzügigen Luftraum über beide Geschosse angeordnet. Es entstehen vor den

Fachklassen im Erdgeschoss und im Obergeschoss offene Aufenthalts- und Lernbereiche, die in ihrer Nutzbarkeit vielfältige Möglichkeiten bieten. Die Belichtung ist über mehrere Oberlichter im zentralen Atrium sichergestellt.

Die Fachgebiete Physik, Natur und Technik werden im Erdgeschoss, Chemie und Biologie im Obergeschoss zu jeweils einer Nutzungseinheit zusammengefasst.



GRUNDRISS ERDGESCHOSS



GRUNDRISS OBERGESCHOSS

BAUTEILE

Bauteil	Außenwand	Fenster	Dach	Bodenplatte
U-Wert [W/(m ² K)]	0,16	0,8 bis 1,0	0,10	0,38 (0,14)**

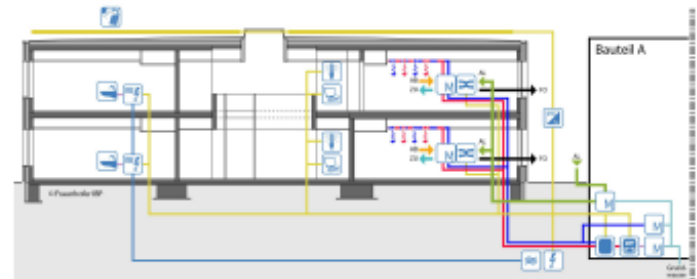
ANLAGENTECHNIK

Die Wärmeversorgung des Fachklassentrakts (Bauteil B) wird über eine Nahwärmeleitung vom Hauptgebäude (Bauteil A) gewährleistet. Im Hauptgebäude werden Wasser-Wasser-Wärmepumpen mit einer geplanten Leistung von insgesamt 145 kW installiert. Die Heizleistung für den Fachklassentrakt beträgt 17 kW. Als Wärmequelle dient hierfür das Grundwasser aus der ca. 500 m entfernten Altstadt von Kaufbeuren. Als Wärmespeicher dienen 2 vorhandene Pufferspeicher mit einem Fassungsvermögen von je 1.500 l und ein neu aufzustellender Speicher mit 10.000 l Inhalt.

Die Wärme wird über Deckenheizflächen bzw. über dezentrale Lüftungsgeräte in die Räume übertragen. Die Zuluft wird zentral über einen

Erdkanal angesaugt und dabei ebenfalls durch das vorhandene Grundwasser vorgewärmt (Frostschutz) bzw. vorgekühlt. Die Warmwasserbereitung erfolgt in ausgewählten Räumen dezentral über elektrische Durchlauferhitzer.

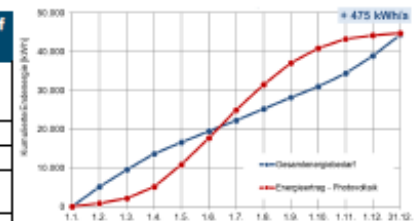
Auf dem Dach wird eine ca. 416 m² große Photovoltaik-Anlage bestehend aus ca. 250 Modulen mit monokristallinen Solarzellen installiert. Die Leistung beträgt ca. 73 kWp. Die Module sind nach Süden ausgerichtet mit einer Aufständigung von ca. 15°. Überschüssiger Strom wird über einen Heizstab im Pufferspeicher in Wärme umgewandelt oder in das öffentliche Netz eingespeist.



- ☐ Durchlauferhitzer
- ☐ Elektrische Geräte
- ☐ Leuchten
- ☐ Lüftung/Wärmeverlängerung
- ☐ Photovoltaikanlage
- ☐ Pufferspeicher
- ☐ Stromnetz
- ☐ Trinkwasser
- ☐ Wärmepumpe
- ☐ Wärmeübertrager
- ☐ Warmwasser
- ☐ Wechselrichter

ENDENERGIEBEDARF UND DECKUNG

Komponente	Energiebedarf [kWh/(m ² a)]*
Hilfsenergie für Heizung, Kühlung, Lüftung (Strom)	6,0
Beleuchtung (Strom)	3,5
Nutzerstrom (Strom)	10,0
Heizung, Kühlung (Strom)	7,9
Gesamt	27,4



Komponente	Energieertrag [kWh/(m ² a)]**
PV-Dach	107,7
Gesamt	107,7

prognostizierter Endenergie-Ertrag: 44.739 kWh/a
prognostizierter Endenergie-Bedarf: -44.264 kWh/a
prognostizierter Überschuss: 475 kWh/a

*bezogen auf die beheizte NGF 1.615 m²
**bezogen auf die PV-Modulfäche Dach 415,5 m²
***inkl. Korrekturfaktor gemäß DIN EN ISO 13370

www.zukunftbau.de/effizienzhaus-plus

Effizienzhaus Plus

Forschungshalle HS Ansbach in Feuchtwangen



Beheiztes Gebäudevolumen: 3.119 m³
Hüllflächenfaktor AV: 0,47 m²

ZUKUNFTBAU
MODELLVORHABEN



LAGEPLAN



STANDORT

PROJEKTbeschreibung

Die Stadt Feuchtwangen plant für die Hochschule Ansbach die Errichtung eines Unterrichts- und Forschungskomplexes für die energiebezogenen Studiengänge der Fakultät angewandte Ingenieurwissenschaften. Die Gebäude des Komplexes werden Seminarräume, Büroflächen und Laborbereiche enthalten und in zwei Bauabschnitten errichtet. Zwischen den Gebäuden sind Synergien durch die gemeinsame Nutzung der Infrastruktur und Haustechnik geplant, die Investitionskosten reduzieren.

Zunächst wurde das östlich gelegene Gebäude 102, die „Forschungshalle“ im ersten Bauabschnitt errichtet und der Forschungs- und Lehrbetrieb aufgenommen. In einem nächsten Schritt ist der Bau des Gebäudes 101 „Lehrsaalgebäude“ geplant. Nachfolgend wird der erste Bauabschnitt näher betrachtet.

ARCHITEKTUR

Das in Nord-Süd Richtung orientierte, zweigeschossige Gebäude (GEB 102) ist mit einem Flachdach versehen und nicht unterkellert. Es wird von der Westseite erschlossen und ist das erste Gebäude, das auf dem „Campus Feuchtwangen“ realisiert wurde.

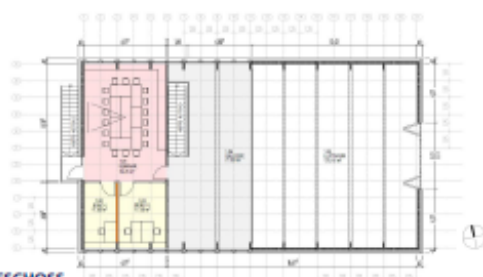
Halle grenzen im Erdgeschoss ein Büroraum zur Auswertung der Versuche sowie eine Teeküche, ein Lager, Sanitäreinrichtungen und ein Haustechnikraum an.

Die schlichte Holzbox beinhaltet im Inneren eine zweigeschossige Forschungshalle, in der Versuchsstände aufgebaut werden können. An die

Im Obergeschoss werden über einen Galeriebereich innerhalb der Halle weitere Büros und ein Seminarraum erschlossen.



GRUNDRISSE ERDGESCHOSS



GRUNDRISSE OBERGESCHOSS

BAUTEILE

Bauteil	Außenwand	Fenster	Dach	Bodenplatte
U-Wert [W/(m ² K)]	0,17	0,95	0,11	0,26

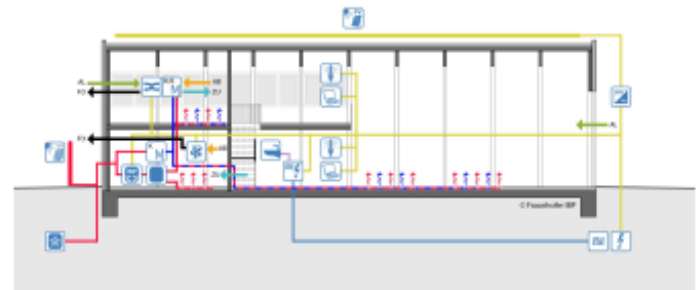
ANLAGENTECHNIK

Das energetische Versorgungskonzept ist strombasiert. Die Wärmeerzeugung erfolgt mit einer Sole-Wasser-Wärmepumpe mit einer Heizleistung von 28,8 kW. Als Wärmequelle der Wärmepumpe dient ein Eisspeicher, mit einem Volumen von 273 m³ in Kombination mit 20 Solar-Luft-Absorbem mit einer Absorberfläche von 46,8 m². Diese sind vor dem Gebäude an der Westseite aufgestellt. An die Wärmepumpe ist ein Pufferspeicher mit einem Fassungsvermögen von 1.500 l angeschlossen. Durch verschiedene Schaltmodi der Systemtechnik ist je nach Bedarf, das Heizen bzw. Kühlen über einen reinen Kollektorbetrieb sowie das Be- und Entladen des Eisspeichers möglich.

Die Heizung bzw. Kühlung der Räume erfolgt über Flächen Systeme. Die Raumsolltemperatur der Beheizung beträgt für die Forschungshalle 17°C und für alle übrigen Räume 21 °C. Der Seminarraum wird zusätzlich durch eine kontrollierte Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung konditioniert.

Die Trinkwarmwasserbereitung in der Teeküche erfolgt dezentral über einen Elektro-Boiler.

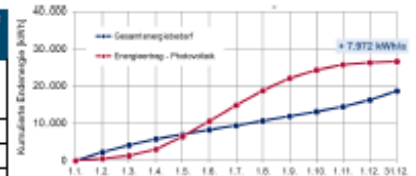
Zur Deckung des Endenergiebedarfs des Gebäudes sind auf dem Dach 150 Photovoltaikmodule mit monokristallinen Solarzellen installiert. Die gesamte Anlage hat eine Größe von 246 m² und eine Standardleistung gemäß EnEV von 33,2 kWp.



- Elektro-Boiler
- Leuchten
- Photovoltaikanlage
- Stromnetz
- Wärmelager (Eisung / Kühlung)
- Gasspeicher
- Lüftungsanlage (neutral)
- Pufferspeicher
- Trinkwasser
- Elektrizität
- Lüftung-Wärmerückgewinnung
- Solar-Flächenluftabsorber-Kollektoren
- Wärmepumpe
- Warmwasser
- Wechsellüfter

ENDENERGIEBEDARF UND DECKUNG

Komponente	Energiebedarf [kWh/(m ² a)]**
Hilfsenergie für Heizung, Kühlung, Lüftung (Strom)	5,0
Beleuchtung (Strom)	6,3
Nutzerstrom (Strom)	10,0
Warmwasser, Heizung (Strom)	13,9
Gesamt	35,2



Komponente	Energieertrag [kWh/(m ² a)]**
PV-Dach	108,5
Gesamt	108,5

prognostizierter Endenergie-Ertrag: 26.681 kWh/a
prognostizierter Endenergie-Bedarf: -18.709 kWh/a
prognostizierter Überschuss: 7.972 kWh/a

*bezogen auf die beheizte NGF 531 m²

**bezogen auf die PV-Modulfäche Dach 246 m²

www.zukunftbau.de/effizienzhaus-plus

Effizienzhaus Plus

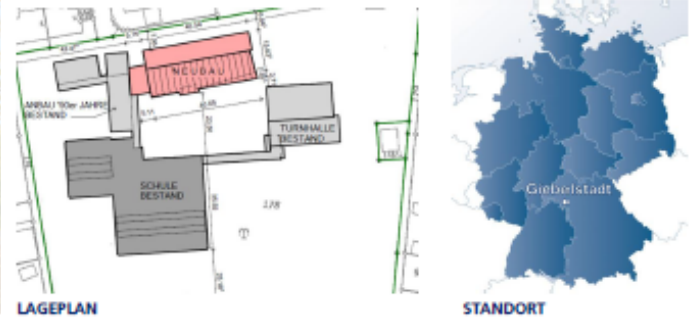
Grundschule Giebelstadt



ZUKUNFT BAU
MODELLVORHABEN



Beheiztes Gebäudevolumen: 3.058 m³
Hüllflächenfaktor AV: 0,63 m²



PROJEKTbeschreibung

Das Bestandsgebäude (1) der Grundschule Giebelstadt wurde früher bereits energetisch saniert und wurde nun aufgrund von steigenden Schülerzahlen durch einen Erweiterungsbau (3) zur Mittagsbetreuung der Schulkinder im Effizienzhaus Plus Standard ergänzt. Dieser Neubau wurde zum Schuljahr 2018/2019 in Betrieb genommen. Das eingeschossige Gebäude ohne Kellergeschoss ist als kompakter Baukörper mit einem 15° geneigten Dach, sowie einem Flachdach ausgestattet, um ideale Verhältnisse für eine Photovoltaikanlage bei gleichzeitiger natürlicher Belichtung der Fülle zu erreichen.

Das Gebäude ist so errichtet, dass es ökologisch und ökonomisch sehr effizient betrieben werden kann. Mit dem Neubau werden jährlich etwa 26,9 t CO₂Äq gegenüber einem Gebäude im EnEV-Standard eingespart.

Auf dem Schulgelände befindet sich des Weiteren noch eine 1-fach-Sporthalle aus den 1970er Jahren, die durch eine 3-fach-Turnhalle (außerhalb dieses Programms) in einem nächsten Bauabschnitt ersetzt werden soll.

ANLAGENTECHNIK

Die Wärmeversorgung des Gebäudes erfolgt unabhängig vom Bestandsgebäude über ein hintereinander geschaltetes (kaskadiertes) Wärmepumpensystem. Zwei Luft-Wasser-Wärmepumpen mit einer Nennleistung von je 11,2 kW beheizen einen Kältspeicher (1000 l) auf einem niedrigen Temperaturniveau (ca. 15°C). Eine nachgelagerte Wasser-Wasser-Wärmepumpe mit 17 kW Leistung nutzt den Kältspeicher als Wärmequelle und erzeugt Wärme für das Heizwasser welches in einen weiteren Schichtenspeicher mit ebenfalls 1000 l Nennvolumen eingelagert wird. Zusätzlich können solarthermische Überschüsse aus dem Bestandsgebäude in den Kältspeicher eingebracht werden.

Die Wärmeverteilung aus dem Wärmespeicher erfolgt über zwei Heizkreise, einen für die Deckensegel und einen für die Lüftungsanlagen. Die dezentralen Lüftungsanlagen mit einer Wärmerückgewinnungsrate von über 80%, versorgen in der Regel jeweils mehrere Räume. Nachgeschaltete Lüfterhitzer ermöglichen eine Mindesttemperierung der Zuluft. Im Sommer kann die Anlage zur aktiven Kühlung genutzt werden.

Aufgrund des geringen Bedarfs wird das Trinkwarmwasser direkt elektrisch über Boiler bereit. Die Wärmepumpen werden hauptsächlich durch erzeugten PV-Strom aus der 323 m² großen PV-Anlage mit einer Nennleistung von 55,4 kWp versorgt.

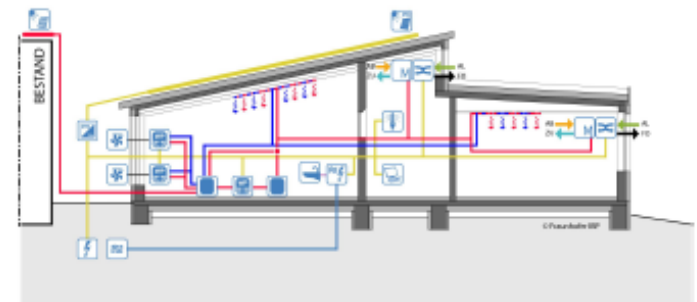
ARCHITEKTUR

Das Bestandsgebäude (1) der Grundschule Giebelstadt mit einem Anbau (2) aus den 90er Jahren wurde um ein Neubau (3) erweitert. Dieser bietet Platz für die Räume der Mittagsbetreuung der Schüler und ist über einen Zwischenbau an den bestehenden Anbau angeschlossen.

Zwischenbau enthält ein weiteres Büro sowie ein Foyer.

Der Erweiterungsbau ist in Holzständerbauweise errichtet. Aus Gründen des Brandschutzes sind die Außenwände des Zwischenbaus aus massivem Mauerwerk erstellt. Das Sheddach des Erweiterungsbaus mit durchlaufendem Fensterband an der Nordseite ermöglicht die natürliche Beleuchtung und Belüftung des Flures. Die Flurtrennwände der Schülerbibliothek verfügen zur Steigerung der Transparenz über großzügige Oberlichter.

Auf der Nordseite des Erweiterungsbaus befinden sich überwiegend Gruppenräume verschiedener Funktionen, WC-Anlagen und die Ausgabeküche. Südlich des Flurs sind der Speiseraum, die Schülerbibliothek, Räume für die Mittagsbetreuung und ein Büro untergebracht. Der niedriger gehaltene



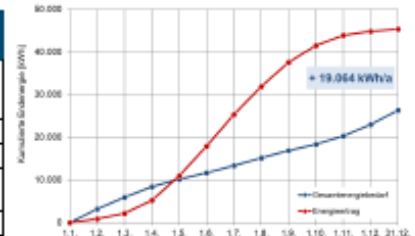
- Durchlüfter
- Lüftung Wärmerückgewinnung
- Solarthermieanlage
- Trinkwasser
- Elektroschalt
- Photovoltaikanlage
- Spül-Außengerät
- Wärmepumpe
- Leuchte
- Pufferspeicher
- Stromnetz
- Wärmelieferant
- Wärmespeicher
- Wärmeträger
- Wechselrichter



GRUNDRISS ERDGESCHOSS

ENDENERGIEBEDARF UND DECKUNG

Komponente	Energiebedarf [kWh/(m ² a)]**
Hilfsenergie für Heizung, Kühlung, TWW, Lüftung (Strom)	4,7
Beleuchtung (Strom)	4,9
Nutzerstrom (Strom)	10,0
Warmwasser, Heizung (Strom)	19,7
Kühlung (Strom)	2,9
Gesamt	42,4



Komponente	Energieertrag [kWh/(m ² a)]**
PV-Dach	140,5***
Gesamt	140,5

prognostizierter Endenergie-Ertrag: 45.375 kWh/a
prognostizierter Endenergie-Bedarf: -26.311 kWh/a
prognostizierter Überschuss: 19.064 kWh/a

BAUTEILE

Bauteil	Außenwand	Fenster	Dach	Bodenplatte
U-Wert [W/(m ² K)]	0,16	0,85	0,13	0,17

*bezogen auf die beheizte NGF 624 m²
**bezogen auf die PV-Modulfäche Dach 323 m²
***nach DIN V 18599 mit Modul Nennleistung

www.zukunftbau.de/effizienzhaus-plus

Effizienzhaus Plus

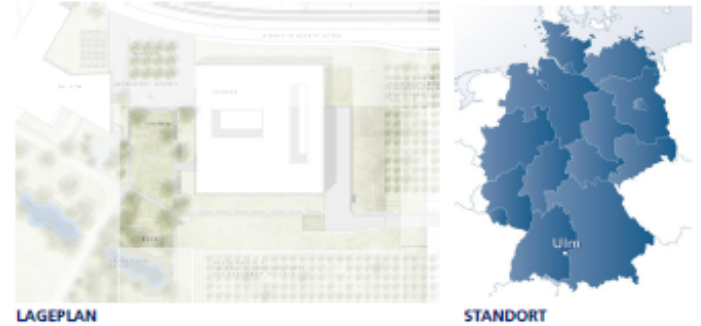
Ersatzneubau Hochschule Ulm



ZUKUNFT BAU
MODELLVORHABEN



Beheiztes Gebäudevolumen: 47.949 m³
Hüllflächenfaktor A_V: 0,25 m²/m³



LAGEPLAN

STANDORT

PROJEKTbeschreibung

Der Ersatzneubau der Hochschule Ulm befindet sich an der Albert-Einstein-Allee, östlich des vorhandenen Hochschulgebäudes und bildet zusammen mit diesem den neuen Hochschulcampus auf dem Oberen Eselsberg. Das im Effizienzhaus-Plus-Standard geplante Gebäude soll die Hochschulfächen im stark sanierungsbedürftigen Objekt in der Eberhardt-Finck-Straße in Ulm-Böfingen ersetzen.

Das Gebäude dient der Lehre und Forschung mehrerer Institute der Hochschule Ulm und enthält Laborräume sowie Büro-, Besprechungs- und Seminarbereiche. Mit dem Effizienzhaus-Plus-Standard entspricht das Gebäude den Vorgaben des Landes Baden-Württemberg seinen Gebäudebestand bis 2050 klimaneutral zu gestalten.

ARCHITEKTUR

Der Neubau ist als kompaktes, quadratisches, viergeschossiges Gebäude geplant und wird neben dem bestehenden Hochschulgebäude errichtet. Durch den zwischen Neu- und Altbau entstehenden gemeinsamen Freibereich werden die beiden Gebäude zu einem Komplex verbunden.

Naturraum, Sonderlabore und Werkstätten liegen im Untergeschoss an der Ostseite.

Im Bereich des Haupteingangs ist eine variable Nutzung vorgesehen. Das Foyer wird als Veranstaltungsraum genutzt – es orientiert sich zum westlichen Innenhof und lässt sich um diese Außenfläche erweitern. Gleichzeitig dient die Foyerfläche im Alltagsbetrieb als Hauptmeetingpoint und studentischer Arbeitsraum.

Das Gebäude wirkt durch seine klare Struktur. Die beiden unterschiedlich geformten Innenhöfe sorgen im Inneren für Transparenz und führen optisch die Geschosse zusammen.

Ein Teilbereich des Flachdaches oberhalb der Laborbereiche wird als Versuchsfläche für die Hochschule ausgebaut. Die übrigen Bereiche des Daches werden vollständig zur Energiegewinnung mittels Photovoltaik genutzt.

Um die beiden Innenhöfe, die für Belichtung und Belüftung sorgen, gruppieren sich Laborflächen. Weiter, um diesen Kern herum sind Büro und Seminarbereiche angeordnet, mit Aussicht auf die Albert-Einstein-Allee und den angrenzenden



GRUNDRISS ERDGESCHOSS



GRUNDRISS OBERGESCHOSS

BAUTEILE

Bauteil	Außenwand	Fenster	Dach	Bodenplatte
U-Wert [W/(m ² K)]	0,18	0,80	0,14	0,27

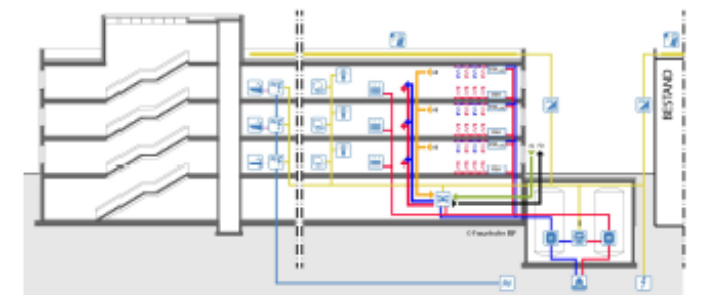
ANLAGENTECHNIK

Das Gebäude wird über eine reversible Wasser-Wasser-Wärmepumpe beheizt bzw. gekühlt (max. 145 bzw. 85 kW). Durch die Nutzung des bereits auf dem Campusgelände vorhandenen weitläufigen Fernwärme- und Fernkältenetzes als Wärmesenke bzw. Wärmequelle reduziert sich der Endenergiebedarf des Gebäudes auf ein Minimum. Strategie dabei ist es, die bei der Wärmeerzeugung anfallende Kälteenergie dem Fernkältenetz als Nutzenergie bzw. die bei der Kälteerzeugung anfallende Wärmeenergie dem Fernwärmenetz als Nutzenergie zuzuführen. Diese Entlastung des Fernkälte- bzw. Fernwärmenetzes wird dem Gebäude gutgeschrieben und als Energieeinspeisung bei der Effizienzhaus Plus Bilanzierung betrachtet. Zur Betriebsoptimierung der Anlage ist heizungs- und kälteseitig je ein Pufferspeicher

mit 50 m³ installiert. Die Wärmeübertragung erfolgt mittels Bauteilaktivierung, Fußbodenheizung, Heizkörper und in den Seminar- und Laborbereichen über die erforderliche Lüftungsanlage.

Die Seminar- und Schulungsräume sowie die Technik- und Nebenräume werden über je eine Lüftungsanlage mit Frischluft versorgt. Die restlichen Räume werden natürlich be- und entlüftet.

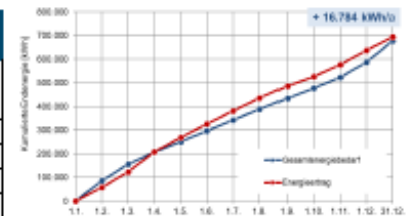
Zur Deckung des Endenergiebedarfs des Gebäudes werden knapp 1900 m² Hochleistungs-PV-Module auf dem Neubau sowie dem Bestandsgebäude installiert. Die Gesamtleistung der Anlage beträgt ca. 370 kWp.



- Belüftung
- Frischluft-/Persönlichkeits
- Heizkörper
- Leuchten
- Lüftung, Wärme-rückgewinnung
- Photovoltaikanlage
- Kälteenergie Kälte-/Wärme
- Stromnetz
- Telekomm.
- Wärmepumpe
- Wärmespeicher
- Wechsellüfter

ENDENERGIEBEDARF UND DECKUNG

Komponente	Energiebedarf [kWh/(m ² a)]*
Heizung, Kühlung, TWW, Lüftung, einschl. Hilfsenergie (Strom)	21,9
Beleuchtung (Strom)	4,9
Nutzerstrom (Strom)	16,0
Heizung (Fernwärme)	12,7
Kühlung (Fernkälte)	12,4
Gesamt	67,7



Komponente	Energieertrag [kWh/(m ² a)]*
PV-Dach	37,3**
Kälteeinspeisung	32,1
Gesamt	69,4

*bezogen auf die beheizte NGF 10.003 m²
**nach Simulation Planer

www.zukunftbau.de/effizienzhaus-plus

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

- Louise-Otto-Peters-Schule in Hockenheim, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/04_EHP/Netzwerk_Bildungsbauten/Hockenheim_LOP-Schule/B01_Steckbrief_LOP_Hockenheim_28_10_2020.pdf
- Gymnasium Neutraubling, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/04_EHP/Netzwerk_Bildungsbauten/Neutraubling/B02_Steckbrief_Gym_Neutraubling_09_10_2020.pdf
- Berufliches Schulzentrum in Mühldorf am Inn, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/04_EHP/Netzwerk_Bildungsbauten/Muhldorf_am_Inn/B03_Steckbrief_BZ_Muhldorf_am_Inn_14_05_2021_konv.pdf
- Jakob-Brucker-Gymnasium in Kaufbeuren, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/04_EHP/Netzwerk_Bildungsbauten/Kaufbeuren_JB-Gymnasium/B04_Steckbrief_Jakob_Brucker_Gym_08_10_2020.pdf
- Forschungshalle der Hochschule Ansbach in Feuchtwangen, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/04_EHP/Netzwerk_Bildungsbauten/Feuchtwangen/B05_Steckbrief_HSA_Feuchtwangen_08_10_2020.pdf
- Erweiterungsbau der Grundschule Giebelstadt, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/04_EHP/Netzwerk_Bildungsbauten/Giebelstadt/B06_Steckbrief_Giebelstadt_08_10_2020.pdf
- Ersatzneubau der Hochschule Ulm, Download: https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/04_EHP/Netzwerk_Bildungsbauten/Ulm/B07_Steckbrief_HS_Ulm_09_10_2020.pdf