



Grundschule in Halle als Passivhaus im Monitoring

Akzeptanzstudie belegt große Zufriedenheit bei Schülern und Lehrern, aber auch Verbesserungsbedarf beim technischen Konzept



Für den Neubau einer Grundschule wollte der kirchliche Träger ökologische Baustoffe nutzen und mit dem energieoptimierten Gebäude einen hohen Lernkomfort bei überschaubaren Betriebskosten sicherstellen. Es entstand das erste Passivhaus-Schulgebäude in Holzbauweise in Sachsen-Anhalt. Ein mehrjähriges Monitoring sowie eine sozialwissenschaftliche Begleitforschung belegen sowohl seine Energieeffizienz als auch seine Akzeptanz. Der Neubau verbraucht 90 Prozent weniger Heizenergie als vergleichbare Grundschulen in Deutschland, hat in puncto Strom aber noch Reserven. Die Schule ist Teil der bundesweiten Forschungsinitiative EnEff:Schule des BMWi.

Die zweizügige St. Franziskus-Grundschule in Halle hat im Februar 2014 den Betrieb aufgenommen. Sie bietet 200 Schülern in den Klassenräumen, dem Hort und in der Aula ein angenehmes Raumklima und eine ansprechende Optik für ein motiviertes Lernen und Lehren.

Der Wunsch des Trägers, der Edith-Stein-Schulstiftung des Bistums Magdeburg, war eine nachhaltige und ökologische Bauweise im Passivhausstandard. „Die Verantwortung gegenüber uns selbst und unseren Kindern verlangt eine deutliche Hinwendung zur Energieeinsparung und einen effizienten Umgang mit den uns anvertrauten Ressourcen. Unser Bekenntnis zur Bewahrung der Schöpfung soll sich im Neubau der St. Franziskus-Grundschule klar widerspiegeln und so zum Vorbild für andere Bauvorhaben, auch in unserem Bistum, werden“, so Stiftungsdirektor Steffen Lipowski. Das Gebäude ist nahezu vollständig als Holzkonstruktion, damit weitgehend aus nachwachsenden Rohstoffen sowie recycelten Baustoffen, errichtet. Das dreigeschossige Schulgebäude besteht aus zwei zueinander

Dieses Forschungsprojekt wird gefördert vom

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)

versetzten, nahezu gleich großen Quadern und ist nicht unterkellert. Das Gebäude beinhaltet Klassenräume, Hort, Verwaltungstrakt, Hausmeisterwohnung, Schulküche und Aula (Abb. 1). Der Bau ist im Passivhausstandard errichtet, jedoch nicht vom Passivhausinstitut Darmstadt zertifiziert.

Gebäude im Detail

Um den gewünschten Passivhausstandard zu erreichen, wurde die Gebäudehülle hochwärmendämmend und möglichst wärmebrückenfrei errichtet. Die Fachplaner entschieden sich für eine Holzkonstruktion, welche zu 80 % aus nachwachsenden Rohstoffen besteht. Damit wurde auch dem Wunsch nach einer nachhaltigen und ökologischen Bauweise Rechnung getragen. Das Tragwerk der Außenwand ist aus Doppel-T-Holzträgern aufgebaut, die Zwischenräume vollständig mit Zellulose verfüllt. Der U-Wert der Außenbauteile liegt zwischen 0,10 und 0,16 W/m²K. Die Bauweise mit großen Anteilen an erneuerbaren (Holz, Zellulose) oder recycelten Baustoffen (Betonshotter, Schaumglasschotter) ist sehr kompakt. Die Luftdichtheit liegt – auch 3 Jahre nach Inbetriebnahme – immer noch bei einem sehr guten Wert von $n_{50} = 0,26 \text{ h}^{-1}$.

Sechs Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung sorgen für ausreichend Frischluft. In jedem Klassenraum regeln Präsenzmelder und in der Aula Kohlendioxidensoren den Luftvolumenstrom.

Das Gebäude wird über die Lüftungsanlagen beheizt, lediglich vier Büros mit geringer Fremdwärme sind mit einem elektrischen Heizkörper ausgestattet. Diese Luftheizung, die den Fernwärmerücklauf eines benachbarten Gymnasiums nutzt, versorgt die Schule mit der benötigten Heizwärme.

Zur Trinkwassererwärmung für die Schulküche und die Hausmeisterwohnung ist die gen Süden gerichtete Fassade mit Solarthermieanlagen mit 36 m² Kollektorfläche ausgestattet, die die Solarwärme in einen 2 m³ großen Schichtenspeicher einspeisen. Die Spitzenlastdeckung erfolgt mit einem integrierten 9 kW Elektroheizstab. Die geplante Nachheizung per Fernwärme-Heizregister findet nicht statt, da die Vorlauftemperatur der Fernwärme mit 45 °C zu gering ist. In der Planung war darüber hinaus vorgesehen, überschüssige Wärme aus der Solarthermie einem Latentwärmespeicher zuzuführen. Der Salzhydratspeicher kommt jedoch praktisch nicht zum Einsatz, da kaum Überschusswärme nach der Beladung der beiden anderen Speicher vorhanden ist.

Die Warmwasserbereitung für den sonstigen Schulbetrieb (Sanitäranlagen) übernehmen lokale Durchlauferhitzer.

Zwei netzgekoppelte Photovoltaikanlagen mit einer Gesamtleistung von 78 kW_p versorgen vor allem die Lüftungsanlagen sowie den energieintensiven Betrieb der Schulküche. Diese stellt bis zu 300 Essen an normalen Schultagen sowohl für Schüler der Grundschule als auch für Schüler der benachbarten Sekundarschule bereit. Eine Mikro-Windkraftanlage mit 1 kW Leistung wurde installiert, diese hat sich jedoch aufgrund enormer Stillstandsverluste nicht bewährt. Der ebenfalls vorgesehene Batteriespeicher mit einer Speicherkapazität von 25,6 kWh war nur wenige Wochen im Einsatz, erlitt einen technischen Totschaden und wird aus Kostengründen derzeit vom Schulträger nicht ersetzt.



Abb. 1 Erdgeschoss-Grundriss der St. Franziskus Grundschule (Technik, Sanitärräume, Schulküche mit Aula und Hort)

| Gebäudedaten/Maßnahmen/Komponenten | Details |
|--|---|
| Bruttogrundfläche | 3.764 m ² |
| Beheizte Nettogrundfläche | 2.963 m ² |
| Hüllflächenfaktor A/V | 0,345 m ⁻¹ |
| Spez. Transmissionswärmeverlust H_t | 0,33 W/m ² K |
| U-Wert [W/m²K] | |
| • Außenwand | 0,12 |
| • Solarwand | 0,16 |
| • Fenster | 0,60 |
| • Pfosten-Riegel-Fassade | 0,60 |
| • Flachdach | 0,10 |
| • Bodenplatte | 0,09 |
| Dachintegrierte Photovoltaikmodule | Gesamtspitzenleistung 78 kW _p |
| Fassadenintegrierte Sonnenkollektoren | 36 m ² , 214 kWh/m ² a (Aperturfläche) |
| Wärmeversorgung | Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, Vorwärmung über Erdwärmeübertrager, Nachheizung über Fernwärme |
| Beleuchtung | überwiegend präsenzgesteuert, teils mit Tageslichtsensoren, stabförmige Leuchtstofflampen mit elektrischen Vorschaltgeräten |
| Lüftung | sechs Lüftungsanlagen, natürliche Belüftung ist möglich |
| Blendschutz/Sonnenschutz | Sonnenschutzlamellen in Kastenfenstern (zwischenliegend) |

Abb. 2 Maßnahmen und Komponenten im Gebäude

Ergebnisse des Monitorings

Ziele des Monitorings sind einerseits konkrete Handlungsempfehlungen für den Bauherrn und Betreiber zur Betriebsverbesserung, zum anderen ging es auch um allgemeine Erkenntnisse für künftige Schulbauten.

Aufgrund zeitlicher Verzögerungen beim Bau und der Insolvenz des Hauptfachplaners begann die reguläre Datenerfassung für das Monitoring Ende 2015. Bis März 2018 liegen jetzt Ergebnisse vor.

Das Forscherteam der Hochschule Magdeburg-Stendal führte die Daten aus fünf Quellen zusammen:

dem zentralen Monitoringserver mit den Messstellen des Intensivmonitorings, den ohnehin vorhandenen Speichereinheiten der beiden zentralen Lüftungsanlagen, der Solarthermie und der Photovoltaik sowie aus den Stromzählerdaten der Stadtwerke Halle.

Folgende Detailauswertungen sind damit möglich: jährliche Übersichten zum Energie- und Medienfluss, Auswertung von Raumklimaparametern mit tieferer Analyse von zwei Klassenräumen und der Aula, Messungen der Effizienz für die regenerativen Energien und der Raumlufttechnik, Messungen der Gebäudehülle.

Es wurden Energieflussbilder für Fernwärme, Strom und Wasser/Regenwasser erstellt. Folgende Ergebnisse zeichnen sich ab:

- Beim Wärmeeinsatz sind 75 % Nutzwärme, 25 % sind Netzverluste. Die hohen Netzverluste sind darin begründet, dass die Hauptfernwärmeein-



Ergebnisse sozialwissenschaftliche Begleitforschung

In der Auswertung wurden die Befragungen unter Schülern und Lehrkräften der Schule sowie Gruppendiskussionen gegenübergestellt. Die Ergebnisse zeigen: Sowohl die Schüler als auch die Lehrkräfte äußern sich positiv über den Schulneubau und fühlen sich in dem Gebäude wohl. Bemängelt wird, dass es häufig im Sommer in den Klassenräumen zu warm wird. Schüler und Lehrer empfinden die Luft dann als stickig. Umgekehrt stellte sich in der Gruppendiskussion heraus, dass während der Winterferien die nordorientierten Horträume als zu kalt empfunden wurden. Ein Teil der Probleme ist durch eine fehlerhafte Lüftungsregelung begründet. Dies wurde im Rahmen einer Lüftungsoptimierung identifiziert und behoben. Es stellte sich heraus, dass in der Regelung Nord- und Südräume des Horts vertauscht waren. Zeitweilig war auch die sommerliche Nachtlüftung versehentlich deaktiviert. Trotz Lüftungsoptimierung: eine Ungleichbeheizung von Nord- und Südräumen lässt sich aber bei dem vor Ort gewählten Konzept – mit einheitlicher Zulufttemperatur für alle Räume – nicht vermeiden. Einige Lehrer bemängeln, dass vor allem das Zusammenspiel der Jalousien, Fenster und Beleuchtungsregelung nicht selbsterklärend ist. Im Rahmen des Monitorings wurden daher einfache Bedienungsanleitungen erstellt.

des Monitorings stellt sich jedoch heraus, dass die Kosten für den Betrieb der Pumpen der Regenwassernutzungsanlage sehr hoch sind, sodass noch offen ist, ob dieses Konzept weiter betrieben wird.

Gute Luft in Klassenräumen

Viele verschiedene Studien belegen, dass ein Zusammenhang zwischen der Luftqualität in Klassenräumen und der Leistungs- und Konzentrationsfähigkeit der Schüler besteht. Für ausreichend Frischluft in den Klassenräumen sorgt die Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Diese stellt eine hygienische Raumluftqualität sicher und ermöglicht auch die Temperierung der Räume. In der St. Franziskus-Grundschule ist darüber hinaus eine Frischluftzufuhr über die Kastenfenster möglich. Um im Sommer zu vermeiden, dass sich die Klassenräume überhitzen, kann die überschüssige Wärme des Fensterzwischenraumes durch Kippen der Außenfenster abgegeben werden. Im Winter können die solaren Gewinne dem Raum zugeführt werden, indem man die Innenflügel öffnet.

Im Winter wärmen die Erdwärmeübertrager die Außenluft vor, wodurch weniger Energie zur Nachheizung benötigt wird. Im Sommer wird die Außenluft durch die Erdwärmeübertrager vorgekühlt. Die passive Kühlung des Gebäudes durch sommerliche Nachtlüftung zeigt sehr gute Ergebnisse.

Die Luftqualität der Klassenräume ist mit CO₂-Stundenmittelwerten während der Nutzungszeit von < 1.000 ppm als sehr gut einzustufen. Überschreitungen der Pettenkofer-Grenze traten zwar in bis zu 41 % der Nutzungszeit auf, jedoch blieben die Werte dann meist unter 1.500 ppm, was – insbesondere verglichen mit manuell belüfteten Schulen – einer guten Luftqualität entspricht (Abb. 3).

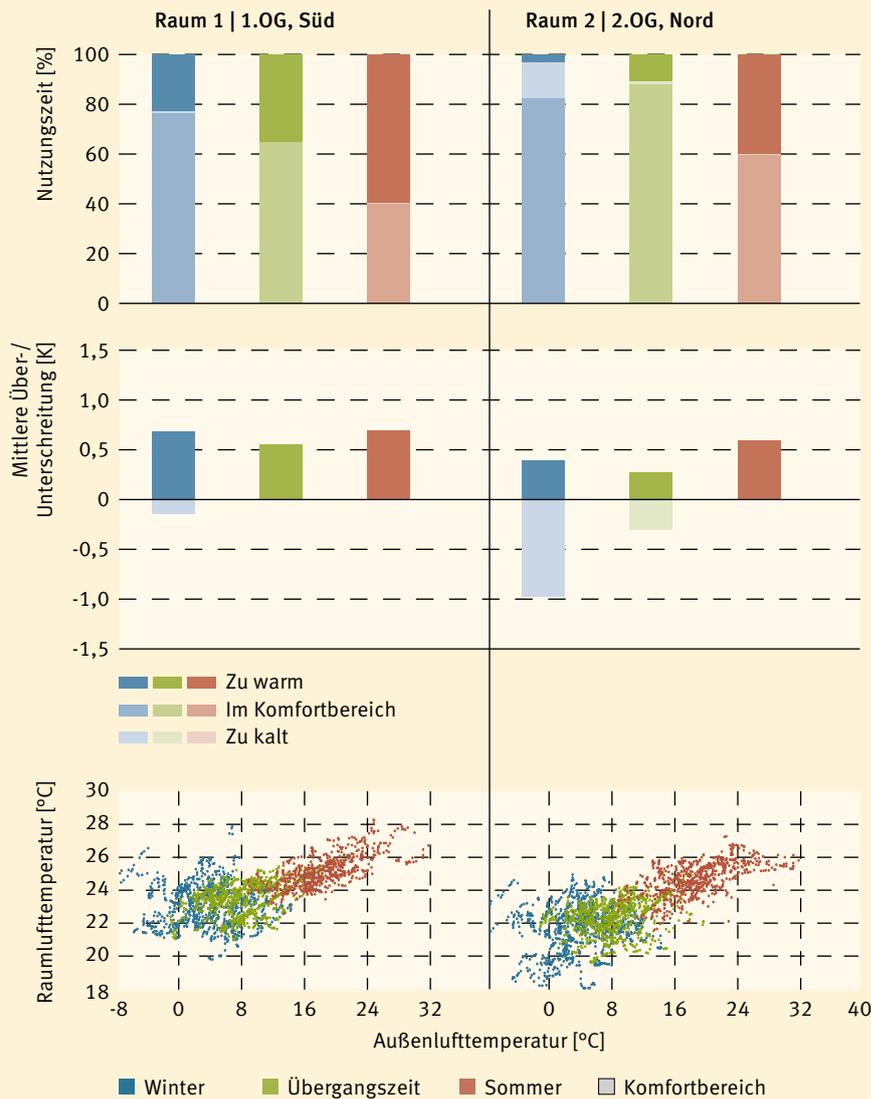


Abb. 3 Auswertung der Komfortlufttemperatur während der Nutzungszeit in Anlehnung an DIN EN 15251

speisung in 70 m Entfernung angeordnet ist, entsprechend lang sind die Wärmeleitungen im Erdreich. • Der größte Wärmeabnehmer sind die beiden zentralen Nachheizregister für Aula, Verwaltung und Flure mit insgesamt 56 % der Nutzwärmeabnahme für ca. 41 % der Gesamtfläche. Die zentrale Luftheizung für den Klassentrakt liegt knapp dahinter. • Insgesamt liegt der gemessene Wärmeverbrauch bei ca. 14 kWh/m²a, einschließlich Netzverlusten. Damit liegt die Grundschule nur bei 10 % des Verbrauches für Grundschulen im Bundesdurchschnitt und erreicht Passivhausniveau. • Die Photovoltaikanlagen erzielen einen durchschnittlichen jährlichen Stromertrag von 81 MWh/a. Die Selbstnutzungsquote des erzeugten Stroms liegt bei etwa 52 %. • Der Stromverbrauch beläuft sich auf durchschnittlich 110 MWh/a, davon werden rd. 60 % aus dem Netz bezogen und der Rest über die PV-Anlagen vor Ort produziert. • Die größten Stromverbraucher sind mit fast 50 % des Gesamtstromverbrauchs des Schulgebäudes (ohne Küche) die beiden zentralen Lüftungsanlagen; aufgrund des gewählten Konzepts besteht nur wenig Optimierungsspielraum; eine Trennung von Heiz- und Lüftungsfunktion ist für künftige Projekte empfehlenswerter. • Die Solarthermie liefert bis zu 214 kWh/m²a bezogen auf die Aperturfläche, das Ergebnis entspricht den Erwartungen. • Der Wasserverbrauch des gesamten Gebäudes lag im Jahr 2017 bei 776 m³/a, 70 % davon wurden als Trinkwasser eingekauft, der Rest als Regenwasser aufgefangen und als Brauchwasser für die WC-Anlagen genutzt. Im Laufe



Gute Luft für gutes Lernen

Schulen sollten als Vorbild dienen, da sie nicht nur räumlich zum Lernen genutzt werden, sondern auch als Erfahrungsort das Verhalten und die Einstellung der Schüler prägen können.

Im Rahmen der Forschungsinitiative „Energieeffiziente Schulen (EnEff:Schule) des BMWi zeigen zwölf Vorhaben (7 Sanierungen, 5 Neubauten), welche Maßnahmen technisch umsetzbar sind, wieviel Energie sich einsparen lässt und zu welchen Kosten. Eine sozialwissenschaftliche Begleitforschung evaluiert die Einflüsse auf das Nutzerverhalten und die Akzeptanz sowie Auswirkungen auf Lernkomfort und Schulalltag. Ein ganz wesentlicher Wohlfühlfaktor in Klassenräumen ist neben vielen anderen Kriterien die Luftqualität. Die Ergebnisse des Monitoring zeigen jedoch, dass diese häufig nicht den Erwartungen entspricht. Für Neubauten als auch für Sanierungen wird daher eine mechanische oder eine hybride Lüftung empfohlen. Für die Auslegung der Anlagen muss die angestrebte Raumluftqualität bekannt sein. Aus diesem ergibt sich dann der Luftwechsel. Für die Klassifizierung der Raumluft hat sich der CO₂-Gehalt bewährt. Die Auswertungen belegen, dass sich in Schulneubauten zentrale oder hybride Lüftungskonzepte, in Schulsanierungen eher dezentrale Systeme eignen. Die im EnEff:Schule-Vorhaben eingesetzten Lüftungsanlagen werden unterschiedlich geregelt. Zwei Strategien sind zu empfehlen: die CO₂-geführte und die stundenplangeführte Regelung. Zur Unterstützung der Fensterlüftung eignen sich Lüftungssampeln, die je nach CO₂-Konzentration in den Farben rot, gelb, grün leuchten. Bei den sozialwissenschaftlichen Befragungen wurde die Luftqualität meist schlecht bewertet. Es wird daher empfohlen, so ausreichend zu lüften, dass 1.200 ppm CO₂ nicht überschritten wird.

Die Lüftungssysteme erfordern eine kontinuierliche Betreuung im Betrieb, dies schließt Wartungs- oder Reparaturarbeiten mit ein. Im Verlauf der Inbetriebnahme sind nicht nur die Anlagenparameter zu prüfen und zu optimieren, sondern die Nutzer müssen umfassend in die Bedienung eingeführt werden. Sie müssen wissen, wie die Lüftungssysteme für ein gutes Raumklima zu bedienen sind.

Projektbeteiligte

- » **Projektleitung:** Edith-Stein-Schulstiftung des Bistums Magdeburg, Steffen Lipowski, steffen.lipowski@bistum-magdeburg.de, www.bistum-magdeburg.de/kultur-bildung/schulstiftung/grundschulen/index.html
- » **Monitoring:** Hochschule Magdeburg-Stendal/ FB Wasser, Umwelt, Bau und Sicherheit, Prof. Dr.-Ing. Kati Jagnow, kati.jagnow@hs-magdeburg.de | www.hs-magdeburg.de
- » **Architekt:** Steinblock Architekten GmbH, Magdeburg

Links und Literatur

- » projektinfos.energiewendebauen.de – Forschung des BMWi zu energieoptimierten Gebäuden und Quartieren
- » www.franziskussschule-halle.de
- » Reiß, J.; Illner, M.; Erhorn, H. u. a.: EnEff:Schule. Wissenschaftliche Begleitforschung zum Forschungsvorhaben „Energieeffiziente Schulen“. Abschlussbericht Phase 2. FKZ 03ET1075C; 03ET1075A. Dez. 2017. 757 S. Fraunhofer IBP Bericht. WB 201/2017. <https://doi.org/10.2314/GBV:1010951262>

Mehr vom BINE Informationsdienst

- » Saniertes Berufskolleg erreicht Plusenergie-Niveau. BINE-Projektinfo 09/2018
- » Schule: Vom Plattenbau zum Passivhaus saniert. BINE-Projektinfo 08/2017
- » Frische Luft im Schulneubau. BINE-Projektinfo 16/2014
- » Lüften in Schulen. BINE-Themeninfo I/2015
- » Dieses Projektinfo gibt es auch online und in englischer Sprache unter www.bine.info/Projektinfo_11_2018.

BINE Informationsdienst berichtet aus Projekten der Energieforschung in seinen Broschürenreihen und dem Newsletter. Diese erhalten Sie im kostenlosen Abonnement unter www.bine.info/abo

Impressum

Projektorganisation
Bundesministerium
für Wirtschaft und Energie (BMWi)
11019 Berlin

Projektträger Jülich
Forschungszentrum Jülich GmbH
Doris Laase
52425 Jülich

Förderkennzeichen
0327430 0

ISSN
0937-8367

Herausgeber
FIZ Karlsruhe · Leibniz-Institut
für Informationsinfrastruktur GmbH
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Autorin
Jutta Perl-Mai

Urheberrecht
Titelbild: Hochschule Magdeburg-Stendal
Abbildung 1: Steinblock Architekten
Abbildung 3: FhG-IBP
Eine Verwendung von Text und
Abbildungen aus dieser Publikation
ist nur mit Zustimmung der BINE-Redaktion
gestattet. Sprechen Sie uns an.

Kontakt · Info

Fragen zu diesem Projektinfo?
Wir helfen Ihnen weiter:

0228 92379-44
kontakt@bine.info

BINE Informationsdienst
Energieforschung für die Praxis
Ein Service von FIZ Karlsruhe

Kaiserstraße 185–197
53113 Bonn
www.bine.info

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages