

# EnEff:Schule | Energieeffiziente Schulen

## Begleitforschungsvorhaben

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Forschung für  
Energieoptimiertes Bauen



Projektträger Jülich  
Forschungszentrum Jülich

Fraunhofer-Institut für Bauphysik  
Hochschule München  
Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien

*Alle Väter und Mütter wissen, dass die Gesundheit ihrer Kinder durchschnittlich häufige Störungen zu erleiden beginnt, sobald sie anfangen, die öffentlichen Schulen zu besuchen. Wenn sie sich in den Ferien wieder erholt und wieder ein blühendes Aussehen gewonnen haben, so bleichen sie bald wieder ab und kränkeln häufiger, wenn die Schule wieder beginnt.*

**Dr. Max Pettenkofer (1857)**

# EnEff:Schule | Energieeffiziente Schulen

Begleitforschungsvorhaben

# Schulsanierung für Energieeffizienz und gute Lernbedingungen



Die Verbesserung der energetischen Qualität von Schulgebäuden ist eine vordringliche Aufgabe für die öffentliche Hand, für Schulträger und Planer. Energieeffizienz führt nicht nur zu geringeren Betriebskosten über den Lebenszyklus einer Schule, sie kann auch dazu beitragen, eine behagliche Schulumgebung zu schaffen und den verantwortungsvollen Umgang mit Energie pädagogisch zu vermitteln.

In Zukunft werden die Kinder und Jugendlichen noch mehr Zeit in der Schule verbringen als bisher. Die Schule muss diesen und weiteren veränderten Anforderungen gerecht werden, die auch die bauliche und technische Gestaltung der Schulgebäude betreffen. Gefragt sind gesamtheitliche Lösungen, die Bau und Technik einerseits, den Menschen und das Nutzungsverhalten andererseits einbeziehen.

Die Bildungsgebäude in Deutschland verbrauchen an Endenergie pro Jahr in etwa 20 Mio. MWh, wovon ca. zwei Drittel auf Schulgebäude entfallen. Die 40 000 Schulhäuser belasten daher den Betriebshaushalt der Kommunen erheblich. Ein Großteil der Bildungsgebäude steht in den nächsten Jahren zur Sanierung an. Dieser Zeitpunkt sollte zur energetischen Verbesserung der Gebäude genutzt werden, denn bei nur geringen Mehrkosten lassen sich signifikante Energiebedarfssenkungen erzielen. Neben der dadurch erreichbaren CO<sub>2</sub>-Minderung kann der Betriebshaushalt der Kommunen deutlich entlastet werden. Allerdings verfügen die Länder und Kommunen häufig nicht über die erforderlichen finanziellen Mittel, und die üblichen Finanzierungsmodelle für Schulsanierungen erschweren privatwirtschaftliche Investitionen in bauliche Energieeffizienz.



## Programmschwerpunkte

Die energetische Sanierung der Schulen hat noch weitere Aspekte: Bildungseinrichtungen prägen Werte und Einstellungen, sowohl alle sozialen und kulturellen Gesellschaftsschichten als auch viele Altersgruppen werden direkt oder indirekt in diesem Lernumfeld angesprochen. Des Weiteren wird die öffentliche Hand bei der Schulsanierung ihrer Vorbildwirkung gerecht.

Bei der Sanierung von Schulgebäuden geht es um die Ziele:

- die in die Jahre gekommenen Gebäude instandzuhalten,
- Energie einzusparen,
- die kommunalen Haushalte zu entlasten,
- den Nutzerkomfort zu erhöhen und
- das Thema »Energie« in pädagogische Konzepte einzubinden.

Da das Raumklima einer Schule auch das Lernklima beeinflusst, geht es bei einer Sanierung um mehr als Energiekosten.

Die Nutzung stellt sehr komplexe Anforderungen an Architektur und Technik eines Schulgebäudes: Die einzelnen Räume (z. B. Klassenzimmer, Verwaltung, Sporthalle) werden unterschiedlich lange und zu verschiedenen Uhrzeiten genutzt. Die Räume müssen in Bezug auf Luftwechsel, Lichtverhältnisse, Akustik und Sonnenschutz beachtliche Anforderungen erfüllen und nicht zuletzt auch Sicherheit, Hygiene und Schadstofffreiheit für Schülerinnen und Schüler sowie für Lehrkräfte garantieren.

Die Senkung des Energiebedarfs von Gebäuden ist nicht erst seit der Energiewende ein besonderes Anliegen der Bundesregierung. Insbesondere dem Energiebedarf von Schulgebäuden wird schon seit Jahren Beachtung geschenkt.

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) hat bereits 2005 im Rahmen des Programms »Energieoptimiertes Bauen« (EnOB) das Vorhaben »Energieeffiziente Schulsanierung« ins Leben gerufen. Darin werden insbesondere so genannte »Leuchtturmprojekte« unterstützt, die einen besonders niedrigen Energieverbrauch oder sogar ein Plus an Energieerzeugung gegenüber dem Bedarf bei gleichzeitig hoher Nutzungsqualität aufweisen.

# Definition der Anforderungen an »Leuchtturmprojekte«

Die Definition von 3-Liter-Haus-Schulen wird in Anlehnung an die im BMWi-Vorhaben 3-Liter-Häuser Celle veröffentlichten Anforderungen für Wohngebäude auf Schulen angepasst:

[www.bmwi.de](http://www.bmwi.de)

Die Definition von Plusenergieschulen wird in Anlehnung an die im BMVBS-Modellvorhaben »Effizienzhaus-Plus« veröffentlichten Anforderungen für Wohngebäude auf Schulen angepasst:

[www.bmvbs.de](http://www.bmvbs.de)

## 3-Liter-Haus-Schulen

*Eine 3-Liter-Haus-Schule ist hiernach ein Niedrigstenergiegebäude, das einen jährlichen Primärenergiebedarf je m<sup>2</sup> Nutzfläche von weniger als 34 kWh<sub>Prim</sub> (Energieinhalt von 3 Litern Heizöl) für die Beheizung des Gebäudes aufweist. Berücksichtigt sind die Wärmeverluste der Anlagentechnik und die erforderlichen Antriebsenergien für Pumpen und Ventilatoren sowie die Brennstoffart. Nicht berücksichtigt wird der Energiebedarf für die Warmwasserbereitung, für die Beleuchtung und für die schulischen Lehr- und Arbeitsmittel.*

## Plusenergieschulen

*Eine Plusenergieschule ist hiernach ein Niedrigstenergiegebäude, das mehr erneuerbare Energien innerhalb seines Bilanzraums erschließt als es für den Gebäude- und Schulbetrieb benötigt. Die Bewertungsmethode setzt auf die Energieeinsparverordnung (EnEV) auf und wird um den Energiebedarf für die Lehrgeräte und sonstigen Schuleinrichtungen erweitert. Ferner werden die netzeingespeisten, innerhalb der Bilanzgrenze erzeugten, regenerativen Energieüberschüsse berücksichtigt. Die Bilanzgrenze wird hierbei auf das gesamte Schulgrundstück erweitert. Zu bilanzieren sind sowohl alle Endenergieanteile als auch der Primärenergiebedarf.*

Bei der Bewertung werden folglich nur die Anteile der Energiebilanz herangezogen, die gebäudebedingt sind und keinen signifikanten Nutzereinfluss aufweisen.

Gemäß dieser Definition muss sowohl der Endenergiebedarf als auch der Primärenergiebedarf der Schule aufsummiert über alle Energieverbraucher und -erzeuger jährlich kleiner als 0 kWh/m<sup>2</sup>a sein.

# Begleitforschung »Energieeffiziente Schulsanierung«

Die wissenschaftliche Begleitung der bisher ausgewählten sieben Schulen soll zeigen, welche Möglichkeiten der Sanierung derzeit technisch umsetzbar sind, welche Kosten verursacht werden und wie hoch die Energieeinsparungen sind. Zu jedem dieser Einzelobjekte wurde ein Expertenkreis gebildet, der sich aus Architekten, planenden Fachingenieuren, der Stadt als Eigentümerin, der Schulleitung, Fachlehrkräften und einem objektbezogenem Forschungsinstitut oder einer nahegelegenen Hochschule zur wissenschaftlichen Beratung und messtechnischen Durchführung zusammensetzt.

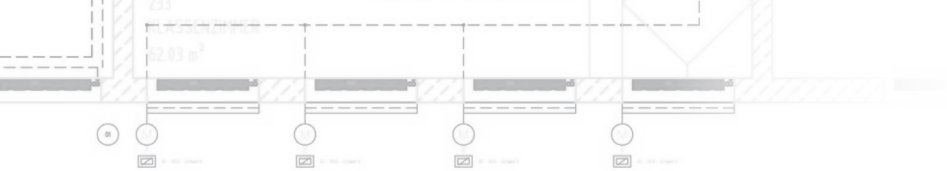
Um eine übergreifende Untersuchung, Auswertung und Darstellung der komplexen Einzelprojekte zu ermöglichen, ist dem Programm »Energieeffiziente Schulsanierung« ein Begleitforschungsteam zugeordnet, bestehend aus dem *Fraunhofer-Institut für Bauphysik*, dem *Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien* und der *Hochschule München*.



Die Aufgabe des technischen Begleitforschungsteams besteht darin, die einzelnen Demonstrationsvorhaben einheitlich zu dokumentieren und die Projekte auf Basis von Kennwerten miteinander zu vergleichen. Aufbauend auf den erarbeiteten Informationen und Ergebnissen der Einzelvorhaben werden Querauswertungen vorgenommen. Daraus sollen innovative Strategien und verdichtete Erkenntnisse hervorgehen, die für weitere Schulsanierungen und Schulneubauten die Auswahl der einzelnen Komponenten und Konzepte absichern sollen. Trends im Schulbau, der Planung solcher Gebäude und der Umsetzung mittels innovativer Technologien werden erkannt und der Fachöffentlichkeit in Symposien und Veröffentlichungen vorgestellt.

Eine wichtige Rolle kommt auch der sozialwissenschaftlichen Begleitforschung zu. Dabei geht es um die Akzeptanz und die Auswirkungen der Energieeffizienz-Maßnahmen auf den Schulalltag sowie um Konzepte zur pädagogischen Nutzung des Sanierungs- oder Neubauprozesses im Unterricht.

Letztendlich hat die Begleitforschung die Aufgabe festzustellen, ob und wie das Gesamtziel des Vorhabens erreicht wurde: die angestrebte Energieeinsparung zu realisieren und gleichzeitig die Lern- und Lehrbedingungen zu optimieren.



Zur ausführlichen Dokumentation der Demonstrationsgebäude und der Analyse der Messdaten gehören:

- Visualisierung der Messwerte für ausgesuchte Schulen,
- Darstellung der Vorhaben auf der Internetseite,
- Analyse der umgesetzten Lüftungsstrategien,
- Gegenüberstellung von Bedarfs- und Verbrauchswerten
- Untersuchung der Wirtschaftlichkeit,
- Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Energieverbrauch und Behaglichkeit sowie
- Ergebnisse der sozialwissenschaftliche Untersuchungen zu den Auswirkungen auf den Schulalltag und zu den Handlungsmöglichkeiten der Nutzer.

Werden Sanierungen von Schulen in der Fachpresse veröffentlicht, liegen in der Regel nur die Bedarfswerte vor. Von großem Interesse ist jedoch auch der gemessene Endenergieverbrauch. Messdaten werden aus Kostengründen von Kommunen in der Regel nicht erfasst. Innerhalb dieses Projektes werden von lokalen Forschungspartnern Messdaten erhoben, die dem Begleitforschungsteam als Basis für Querauswertungen dienen. Aus diesen Erkenntnissen lassen sich Strategien und Empfehlungen ableiten.

Zusätzlich wird eine Analyse des derzeitigen Sanierungsstatus deutscher Schulen erstellt. Darauf aufbauend werden unterschiedliche Sanierungsstrategien an häufig vorkommenden Schulgebäuden entwickelt und bewertet. Die Auswirkungen unterschiedlicher Raumkonzepte auf den Energieverbrauch werden berechnet. Ferner wird an der *Hochschule München* ein Test- und Vorführraum aufgebaut, an dem sowohl bauphysikalische als auch raumklimatische Parameter verändert und die Auswirkungen auf die Behaglichkeit und den Energieverbrauch gemessen werden.

Weiterhin wird eine mehrdimensionale Bewertungsmatrix für die unterschiedlichen Schultypen entwickelt. Da die Kommunen häufig nicht in der Lage sind, die anstehenden Sanierungen zu finanzieren, werden verschiedene Möglichkeiten des Contracting untersucht.

Im Rahmen der Begleitforschung wird auch das Thema »Schule der Zukunft« aufgegriffen, und eine Vision für das Schulgebäude in 20 Jahren entwickelt. Dazu wird ein Ideenwettbewerb mit dem Ziel ausgelobt, sowohl innovative, richtungweisende Schulsanierungen als auch Schulneubauten zu prämiieren.



# Die Schulgebäude

Derzeit sind sieben »Leuchtturmprojekte« in das Programm »Energieeffiziente Schulsanierung« einbezogen. Davon wollen sich drei Schulen als »Plusenergieschulen« profilieren.

Demonstrationsvorhaben	Maßnahme	Energetisches Niveau	Neubau- bzw. Sanierungszeitraum
Overbach	Neubau	3-Liter-Haus-Schule	2008 – 2009
Hohen Neuendorf	Neubau	Plusenergieschule	2009 – 2011
Olbersdorf	Sanierung	3-Liter-Haus-Schule	2009 – 2011
Rostock	Sanierung	Plusenergieschule	2009 – 2011
Cottbus	Sanierung	3-Liter-Haus-Schule	2010 – 2012
Marktoberdorf	Sanierung	3-Liter-Haus-Schule	2011 – 2013
Stuttgart	Sanierung	Plusenergieschule	2012 – 2014

Die im Folgenden aufgeführten Zahlen beziehen sich jeweils auf das Hauptgebäude.

WRG: Wärmerückgewinnung

● nach der Fertigstellung ▲ vor der Fertigstellung



Science College Overbach

*Neubau eines Seminargebäudes mit Fachräumen für Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik als Ergänzung zum historischen Altbau eines kirchlichen Gymnasiums.*

Beheizte Nettogrundfläche: 1.860 m<sup>2</sup>

A/V-Verhältnis: 0,39

Anzahl Klassenzimmer: 12

### Innovative Komponenten:

Hochwertiger Wärmeschutz, 3-fach-Wärmeschutzverglasung, elektrochrome Verglasung, automatisierter mechanischer Sonnenschutz, Tageslichtlenkung, Lüftungsanlage mit WRG, passive Kühlung, Solarthermie, Geothermie, Gebäudeleittechnik



**Plusenergie-Grundschule Hohen Neuendorf**

*Neubau einer dreizügigen Grundschule mit integrierter Sporthalle. Der Neubau schafft optimale bauliche Voraussetzungen für ein zukunftsfähiges Lern- und Lehrumfeld. Das Gebäude wurde mit dem Gütesiegel Nachhaltiges Bauen (BNB) des Bundes ausgezeichnet.*

---

Beheizte Nettogrundfläche:	6.563 m <sup>2</sup>
A/V-Verhältnis:	0,39
Anzahl Klassenzimmer:	18

---

**Innovative Komponenten:**

Hochwertiger Wärmeschutz, 3-fach-Wärmeschutzverglasung, elektrochrome Verglasung, automatisierter mechanischer Sonnenschutz, Tageslichtlenkung, Lüftungsanlage mit WRG, Nachtlüftung, Photovoltaik, Biomasse, Gebäudeleittechnik



**Friedrich-Fröbel-Schule Olbersdorf**

*Das Hauptgebäude des Schulkomplexes entstand 1927/28 zusammen mit einer Turnhalle. Das Gebäude ist ein Kulturdenkmal im Sinne des sächsischen Denkmalschutzes und wurde als ein bedeutendes regionales Beispiel für den sächsischen Schulbau der Weimarer Republik eingestuft.*

---

Beheizte Nettogrundfläche:	4.439 m <sup>2</sup>
A/V-Verhältnis:	0,25
Anzahl Klassenzimmer:	22

---

**Innovative Komponenten:**

3-fach-Wärmeschutzverglasung, elektrochrome Verglasung, automatisierter mechanischer Sonnenschutz, Tageslichtlenkung, passive Kühlung, Geothermie, Gebäudeleittechnik



**Europa-Schule Gymnasium Reutershagen, Rostock**

*Das Gymnasium und die angelagerte Grundschule sind sowohl anerkannte Europaschule als auch Ganztageschule und Förderstätte für besonders hochbegabte Schüler. Daraus resultieren Anforderungen an flexible Raumnutzung, daher soll hier auch ein neues räumliches Konzept entwickelt werden.*

---

Beheizte Nettogrundfläche:	1.659 m <sup>2</sup>
A/V-Verhältnis:	0,33
Anzahl Klassenzimmer:	25

---

**Innovative Komponenten:**

Hochwertiger Wärmeschutz, 3-fach-Wärmeschutzverglasung, automatisierter mech. Sonnenschutz, Tageslichtlenkung, Lüftungsanlage mit WRG, Photovoltaik, Windkraft, Fernwärme, Gebäudeleittechnik



**Max-Steenbeck-Gymnasium Cottbus**

*Dieser Gebäudetyp ist regional und überregional weitverbreitet. Der Bauherr will mit der Sanierung ein Musterobjekt mit Vorbildwirkung schaffen, indem auf den Stand des Rohbaus zurückgebaut und auf Passivhausniveau neu aufgebaut wird.*

---

Beheizte Nettogrundfläche:	7.891 m <sup>2</sup>
A/V-Verhältnis:	0,33
Anzahl Klassenzimmer:	40

---

**Innovative Komponenten:**

Hochwertiger Wärmeschutz, 3-fach-Wärmeschutzverglasung, automatisierter mechanischer Sonnenschutz, Tageslichtlenkung, Phasenwechselmaterialien, Lüftungsanlage mit WRG, passive Kühlung, Solarthermie, Geothermie, Fernwärme, Gebäudeleittechnik



**Nachhaltige Heizungsanierung durch Erfolgscontracting Naerco am Gymnasium Marktoberdorf**

*Hier wird erstmals ein neues Vergabeverfahren angewendet, bei dem die Einhaltung definierter Energie- und Qualitätswerte im Vordergrund stehen. Der Contractor garantiert deren Realisierung für 15 Jahre. Die Nutzer werden in die kontinuierliche Beobachtung der Einhaltung der Garantiewerte einbezogen.*

---

Beheizte Nettogrundfläche:	8.910 m <sup>2</sup>
A/V-Verhältnis:	0,25
Anzahl Klassenzimmer:	90

---

**Innovative Komponenten:**

Hochwertiger Wärmeschutz, automatisierter mechanischer Sonnenschutz, Lüftungsanlage mit WRG, Photovoltaik, Solarthermie, Biogas, Biomasse, Fernwärme, Gebäudeleittechnik



**Uhlandschule Stuttgart – Rot**

*Mit dem Umbau der Uhlandschule in Stuttgart zur Plusenergieschule zeigt die Landeshauptstadt Stuttgart gemeinsam mit ihren Partnern das technisch Machbare bei der Gebäudesanierung. Der gesamte Energiebedarf soll durch Nutzung lokal verfügbarer Energiequellen gedeckt werden.*

---

Beheizte Nettogrundfläche:	2.774 m <sup>2</sup>
A/V-Verhältnis:	0,42
Anzahl Klassenzimmer:	16

---

**Innovative Komponenten:**

Hochwertiger Wärmeschutz mit Medienführung, 3-fach-Wärmeschutzverglasung, LED Beleuchtung, Tageslichtlenkung, Lüftungsanlage mit WRG, Hybridlüftung, Photovoltaik, Geothermie, Gebäudeleittechnik

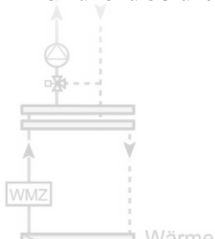


## Die beteiligten Institute

Innerhalb der *Hochschule München* bündelt das Competence Center »Energieeffiziente Gebäude« der Fakultät O5 im Fachbereich Energie- und Gebäudetechnik das umfangreiche Know-How rund um das Thema »energieeffizienter Gebäudebetrieb«. Es wirkt dabei aktiv an mehreren Forschungsvorhaben mit, die sich mit aktuellen Themen wie der Schulsanierung, dem energieeffizienten Betrieb von Hochschulen und der Plusenergiesystematik von Wohnhäusern befassen.

Das *Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien GmbH (IREES)* untersucht Entwicklungsmöglichkeiten energieeffizienter Technologien, deren Marktchancen, ökonomische und gesellschaftliche Auswirkungen. In seinem Geschäftsfeld »Evaluation und sozialwissenschaftliche Begleitforschung« evaluiert es energiepolitische Maßnahmen und Initiativen im Bereich Energieeffizienz und erneuerbarer Energien. Es erforscht die Akzeptanz und die gesellschaftlichen Auswirkungen neuer Technologien. Daraus werden Empfehlungen für die strategische Umsetzung, Verbesserung und Erweiterung der Energieeffizienzpolitik abgeleitet.

Das *Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP)* beforscht und entwickelt in seiner Abteilung Wärmetechnik die Schwerpunkte Planung, Betreuung und Beurteilung von Niedrigstenergie-, Null-Emissions- und Plusenergie- Gebäude und Siedlungen sowie baulicher und technischer Innovationen; Erarbeitung von energetischen Sanierungskonzepten für den Gebäudebestand und deren Umsetzung in baupraktische Lösungen; Planungsinstrumente sowie nationale und internationale Standardisierung.







Die Broschüre wurde im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) geförderten Forschungsvorhabens »Energieeffiziente Schulen (EnEff:Schule)« vom Begleitforschungsteam erstellt.

Förderkennzeichen: 03ET1075A und 03ET1075C

EnEff:Schule ist ein Schwerpunkt des BMWi innerhalb der Forschungsinitiative Energieoptimiertes Bauen (EnOB). Die administrative Abwicklung und Koordination erfolgt durch den Projektträger Jülich (PtJ).

Weiterführende Informationen zum Thema:

- [www.eneff-schule.de](http://www.eneff-schule.de)
- [www.enob.info](http://www.enob.info)
- Leitfaden – Besseres Lernen in energieeffizienten Schulen, ISBN: 978-3-8167-8276-6
- Energieeffiziente Schulen – EnEff:Schule, ISBN: 978-3-8167-9034-1

## Impressum

### *Herausgeber*

Hochschule München  
Lothstraße 34  
80335 München

### *Gestaltung*

Monika Moser

### *Druck*

Druckerei Offprint, München

### *Fotos*

IBUS Architekten und Ingenieure, Hochschule Zittau, Harald von Reis (Coverfotos v. l. n. r.); wavebrakepremium/Fotolia (S.4); Squaredpixels/iStock (S.5); Hochschule München (S.7); Harald von Reis (S.9); IBUS Architekten und Ingenieure, Fotograf: Tomek Kwiatosz (S.10 r); AIZ Architekten (S.10 l); Fraunhofer-Institut für Bauphysik (S.11 r); Dr. Tobias Häusler (S.11 l); Hochschule Nürnberg (S.12 r); Stadt Stuttgart (S.12 l); CandyBoxImages/Fotolia (S.13); Djama/Fotolia (Rückseite)

Stand März 2013

Redaktion:



Fraunhofer-Institut für Bauphysik  
Johann Reiß, Hans Erhorn,  
Michael Geiger  
Tel. +49 (0) 711/970-3380  
[www.ibp.fraunhofer.de/wt](http://www.ibp.fraunhofer.de/wt)



IREES GmbH  
Dr. Annette Roser, Karin Schakib-  
Ekbatan, Edelgard Gruber  
Tel. +49 (0) 721 915 2636-0  
[www.irees.de](http://www.irees.de)



Hochschule München  
Prof. Dr. Werner Jensch,  
Manuel H. Winkler  
Tel. +49 (0) 89 12 65-1501  
[www.hm.edu](http://www.hm.edu)



[www.eneff-schule.de](http://www.eneff-schule.de)