

Energetische und lichttechnische Sanierung der Regelschule Erfurt

Typenschule saniert

Die in präfabrizierter Bauweise erstellten Typenschulen der östlichen Bundesländer haben infolge schlechter Bauausführung, fehlender Wartung und nicht bedarfsge-rechter Umsetzung der Nutzungsanforderungen einen überdurchschnittlich hohen Energieverbrauch. Energetische Sanierungen können durch den Einsatz innovativer Techniken wesentlich zur Senkung des Bedarfs an Heizwärme und elektrischer Energie beitragen. Der folgende Artikel erläutert, wie anhand einer kompletten energetischen Sanierung der wärme- und lichttechnische Zustand für eine Plattenbauschule vom „Erfurter“-Schultyp unter Einbeziehung einer Einzelraumtemperatursteuerung verbessert und eine Erhöhung des Nutzerkomforts realisiert werden kann.

Durch Wärmedämmung und energieeffiziente Verglasungen kann der Heizwärmebedarf um ca. 50 % gegenüber dem Ausgangszustand gesenkt werden. Lichtlenkende Systeme in den Fenstern vermindern Blenderscheinungen und tragen zur besseren Raumausleuchtung bei.

In geometrisch ungünstigen Räumen wird durch eine tageslichtabhängig gesteuerte Kunstlichtbeleuchtung der elektrische Energiebedarf minimiert. Es ist zu erwarten, daß mit diesen Maßnahmen mindestens 50 % der elektrischen Energie eingespart werden.

Typenschule „Erfurt“

Schulen des „Erfurter Typs“ bestehen aus drei Teilgebäuden. Das Hauptgebäude mit den Normalklassen ist über ein als Pausenraum gestaltetes Mittelgebäude mit dem Fachraumgebäude verbunden. Die Normalklassenzimmer des Hauptgebäudes mit einer Höhe von 3 m und Abmessungen von 7 m x 7 m haben an der Nordseite zwei Fenster von je 2,7 m x 2,1 m und an der südlichen Raumseite drei Oberlichtfenster von je 1,5 m x 0,9 m.

In den 11 m tiefen Fachräumen ist nur ein Fensterband an der 7 m breiten Seite des Raums angeordnet, wobei eine Fensterorientierung nach Osten bzw. Westen vorliegt. Das gesamte Schulgebäude besitzt eine nutzbare Grundfläche von 4.223 m² und ein beheizbares Gebäudevolumen von 14.809 m³.

Die Heizung der mit Fernwärme versorgten Schule kann nur manuell geregelt werden. Die Fassade besteht aus dreischichtigen Platten (Betonwitterschale, Dämmung, tragende Betonschale). Infolge von Fertigungsungenauigkeiten fehlt die Dämmschicht vor allem in den Randbereichen und an den innenliegenden Stößen.

Die Holzrahmenfenster mit Isolierverglasung sind wegen fehlender Wartung zum großen Teil nicht mehr bedienbar. Die Plattenfugen sind infolge der Maßtoleranzen der Platten und mangelhafter Bauausführung sehr ungleichmäßig. Teilweise ist die Fugendichtung defekt. Die Platten selbst zeigen im Randbereich mehr oder weniger starke Abplatzungen.

Durch die baulichen Schäden entstehen große Undichtigkeiten in der Ge-

bäudehülle, die z. B. durch Eindringen von Feuchtigkeit zur Schädigung der Bausubstanz führen. Deshalb ist eine bauliche Sanierung dringend erforderlich. Sinnvoll ist es, diese mit einer energetischen Sanierung zu verbinden, um den Heizenergiebedarf des Gebäudes zu senken.

Im Rahmen eines vom BMBF geförderten Sanierungsprojektes erfolgte von 1995 bis 1997 eine energiegerechte Sanierung des gesamten Schulgebäudes mit dem Ziel, neben dem Heizwärme-auch den Strombedarf (durch eine verbesserte Beleuchtung) zu reduzieren.

Heizwärmebedarf senken

Um die Anforderungen der Wärmeschutzverordnung zu erfüllen, mußte das gesamte Gebäude gedämmt werden. Die äußere Struktur der Fassadengestaltung wurde beibehalten. Zum Einsatz kamen eine 10 cm mineralische Dämmung mit mineralischem Putz für die Außenwände, eine Gefälledämmung im Dach sowie eine Perimeterdämmung im erdanschließenden Bereich. Da die Kellerräume ebenfalls für schulische Belange genutzt werden, wurde eine Wärmedämmung des Kellerfußbodens gegen das Erdreich erforderlich. Die Fenster erhielten eine Wärmeschutzverglasung (k-Wert 0,9 W/m²K).

Die Fassade der Treppenhäuser wurden neu aufgebaut und die ehemaligen Betonelemente mit integrierten Glasbausteinen durch eine großzügige Verglasung ersetzt. Mit diesen Maßnahmen kann entsprechend Berechnung nach Wärmeschutzverordnung ein jährlicher Heizwärmebedarf von 15,6 kWh/m³ bzw. 54,6 kWh/m² Nutzfläche erreicht werden.

Das Heizungssystem erhielt eine regelbare Hausanschlußstation. Alle Räume wurden mit einer Einzelraumtemperatursteuerung ausgestattet, um eine bedarfs-gerechte Wärmeversorgung entsprechend der Raumnutzung zu gewährleisten. Die Anschlußleistung konnte von 318 kW auf 165 kW herabgesetzt werden.

Obwohl die Wärmedämmmaßnahmen erst im Dezember 1996 abgeschlossen waren und die Einzelraumregelung ab Februar 1997 in Betrieb genommen wurde, konnte bereits eine erhebliche Einsparung an Heizenergie nachgewiesen werden. Normiert man den tatsächlichen Heizwärmeverbrauch auf eine mittlere Gradtagzahl von 3.800 Kd, so beträgt die Heizenergieeinsparung rund 50 % (siehe Tab. 1). Das entspricht in der Heizperiode 1996/97 einem Heizwärmeverbrauch von 61,1 kWh/m² Nutzfläche und liegt nur ca. 20 % über dem theoretisch ermittelten Bedarf.



Abb. 1: Regelschule 8 in Erfurt – Nordansicht des Hauptgebäudes

Foto: Fraunhofer ISE

Heizwärmeverbrauch [MWh]

Heizperiode 1994/95	566,3
Heizperiode 1995/96	548,7
Heizperiode 1996/97	258,3

Tab. 1: Regelschule Erfurt – Heizenergieverbrauch vor und nach der Sanierung (normiert auf eine durchschnittliche Gradtagzahl GTZ von 3.800 Kd).

Die Raumtemperatur konnte nach der Sanierung um 2 bis 4 K auf die geforderte Solltemperatur von 20 bis 21°C abgesenkt werden, ohne daß eine Beeinträchtigung des Behaglichkeitsgefühls für die Nutzer auftrat /1/.

Vor der Sanierung: Schlechte lichttechnische Gestaltung

Neben der wärmetechnischen war die lichttechnische Situation in allen Klassenräumen zu verbessern. In den Normalklassenzimmern wurden vor der Sanierung die stark blendenden Südfenster durch dunkle Vorhänge verschattet und die fehlende Beleuchtungsstärke auch bei ausreichendem Tageslichtangebot durch Kunstlicht ausgeglichen.

Abb. 2 zeigt den typischen Nutzungszustand während des Unterrichtes vor der Sanierung.

In den 11 m tiefen Fachräumen mit ost- bzw. westorientierten Fenstern wurde die erforderliche Beleuchtungsstärke auf den Schülertischen nur im ersten Raum Drittel erreicht. Die elektrische Beleuchtung blieb deshalb während der gesamten Nutzungszeit über eingeschaltet.

Lenkungssysteme zur besseren Ausnutzung von Tageslicht

An den Südfenstern der Normalklassenzimmer kann man durch den Einsatz lichtumlenkender Lamellensysteme, die in eine Isolierverglasung integriert sind, eine Verschattung und bedingt auch eine Lichtumlenkung an die Decke erreichen. Dadurch wird dem Raum blendfrei

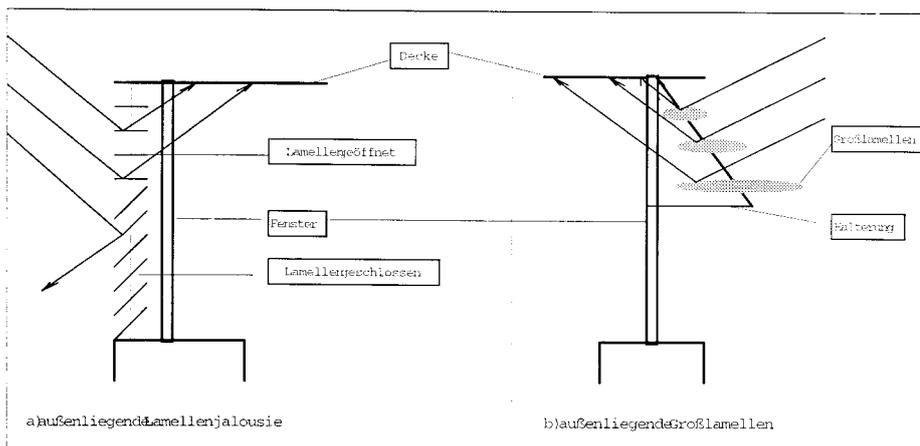


Abb. 3: Skizze der außenliegenden Jalousie an den Ostfenstern (a) und der Großlamellen mit Lichtumlenkung im Oberlichtbereich an den Westfenstern (b).

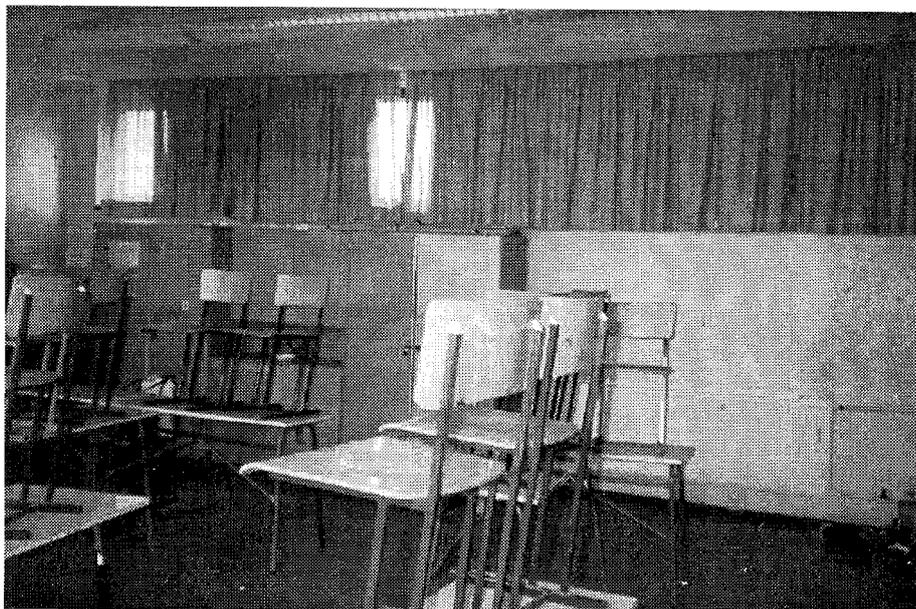


Abb. 2: Regelschule Erfurt – Lichtgestaltung in den Klassenräumen vor der Sanierung, Verschattung der Südfenster mit dunklen Vorhängen. Foto: Fraunhofer ISE

ausreichend Tageslicht zugeführt und die erforderliche Beleuchtungsstärke von 300 lux auf der Arbeitsfläche der Tische eingehalten. Mit einer zusätzlich integrierten automatischen tageslichtabhängigen Lichtsteuerung (nur ein/aus) ist eine Einsparung an elektrischer Energie bis zu 40 % möglich.

In den Fachräumen ist es aufgrund der Ost- bzw. Westausrichtung der Fenster schwierig, mit Lichtlenksystemen direktes Himmelslicht zur tieferen Raumausleuchtung während des Schulbetriebes von 7.30 bis 14.00 Uhr zu nutzen.

Zum Vermeiden der Blenderscheinungen und der hohen Leuchtdichtekontraste im Fensterbereich müssen Maßnahmen zur Verbesserung des lichttechnischen Komforts eingesetzt werden. Eine Möglichkeit bieten die im Oberlichtbereich (ca. 50 % der Fensterfläche) umlenkenden Lamellenjalousien gemäß Skizze in Abb. 3a.

Die Ansicht der Ostfassade des Fachraumgebäudes mit unterschiedli-

chen Arbeitsstellungen der Verschattung durch die Lamellenjalousien stellt Abb. 4 dar.

SOLAR ENERGIE

... ein Schritt in die Zukunft

SOLAR • LUFT • SYSTEME

Ein Schritt in die Zukunft!

Profitieren Sie von unseren Solar-Luft-Systemen, die Sonnenenergie in kostenlose Raumwärme transformieren. Sie erzielen damit Heizkosteneinsparungen von bis zu 50% pro Jahr. Zusätzlich schafft die problemlose Integration in Dachoder Fassaden interessante Gestaltungsmöglichkeiten.

Zu unseren Referenzen zählen nach zwei Jahrzehnten Projekterfahrung und permanenter Forschungs- und Entwicklungsarbeit zahlreiche Werkhallen, Turnhallen, Schwimmhallen sowie Wohnanlagen und Einfamilienhäuser. Wenn auch Sie den Schritt in die Zukunft gehen wollen, fordern Sie gleich unser Informationsmaterial an.

GRAMMER

SOLAR • LUFT • TECHNIK

Werner-von-Braun-Str. 8 • 92224 Amberg
Tel.: 0 96 21/601-131 Fax: 0 96 21/601-260

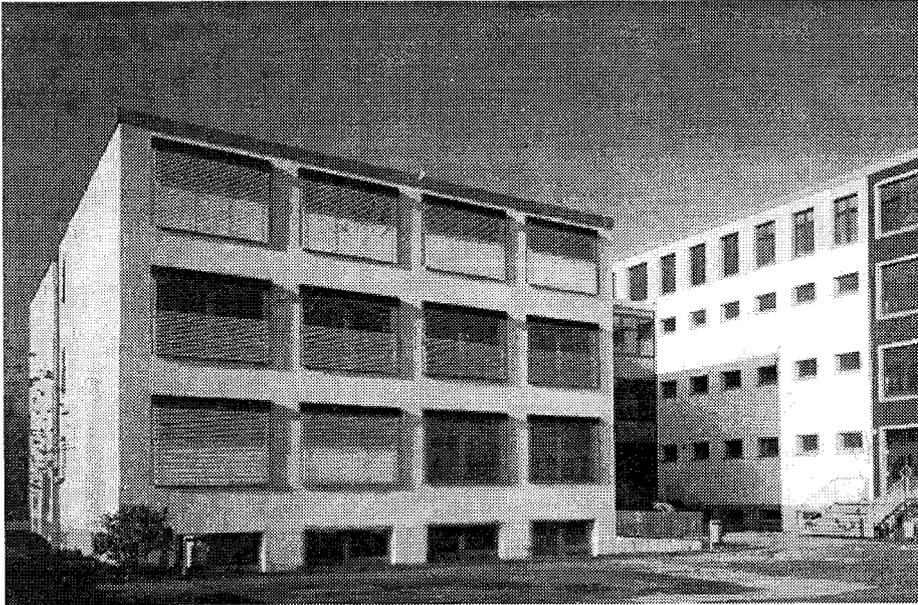


Abb. 4: Regelschule 8 in Erfurt – Ostseite des Fachraumgebäudes mit außenliegenden Lamellenraffstores in unterschiedlicher Arbeitsstellung Foto: Klambund Erfurt, Fraunhofer ISE

Die Lamellenjalousien ermöglichen eine Verschattung im unteren Fensterbereich bei einem gleichzeitig geöffneten Oberlichtbereich, der für einen Lichteintrag in den Raum ohne Blendung sorgt. Abb. 5 zeigt einen Vergleich der gemessenen Tageslichtquotienten TQ bei unterschiedlichen Lamelleneinstellungen.

Während bei geöffneten Lamellen im Oberlichtbereich und bei einer Verschattung des unteren Fensterbereiches am Fenster der TQ von 13 % auf 7,3 % abnimmt, wird er in der Raumtiefe bei etwa 8 m von 0,5 % auf 0,8 % angehoben. Sind die Lamellen über die gesamte Fläche geöffnet, ist bei klarem Himmel ein TQ > 1 % zu erreichen /2/.

An der Westseite des Gebäudes wird durch vorgesetzte bewegliche Großlamellen ein teilweises Umlenken des Horizontlichts erreicht (skizziert in Abb. 3b). Um eine Überwärmung in den Räumen durch direkte solare Gewinne in den Nachmittagsstunden zu vermeiden, können die Lamellen so gedreht werden, daß eine „starre Verschattung“ zu einem Ausblenden der direkten solaren Strahlung führt.

Trotz Verbesserungen in der Ausleuchtung ist es nicht möglich, mit einfachen und relativ kostengünstigen Systemen eine Anhebung des Tageslichtquotienten über 1 % in der gesamten Raumtiefe zu erreichen. Eine abgestimmte elektrische Ergänzungsbeleuchtung führt zur Bereitstellung der erforderlichen Beleuchtungsstärke von 500 lux, die laut Arbeitsstättenrichtlinie an allen Schülerarbeitsplätzen unbedingt zu sichern ist.

Trotzdem kann bei der kombinierten Nutzung der Tageslichtelemente mit einer abgestimmten Ergänzungsbeleuchtung eine Einsparung an elektrischer

Energie bis über 60 % erreicht werden, wie von N. Hopkirk in Messungen nachgewiesen wurde /3/.

Lüftungsbedarf in Schulen

In der DIN 1946 und den deutschen Schulbaurichtlinien wird empfohlen, zur Bereitstellung von ausreichend Frischluft in Klassenräumen während der Unterrichtszeit einen Luftwechsel von 20 bis 30 m³/h und Schüler zu garantieren. Die Klassenräume haben ein durchschnittliches Raumvolumen von 150 m³. Bei einer Sollstärke von 30 Schülern pro Klasse ist ein Luftwechsel von 600 bis 900 m³/h erforderlich.

Die Lüftung ist schwerpunktmäßig in den Pausenzeiten und ausschließlich auf natürliche Weise über die Fenster zu realisieren, wenn sie nicht durch Umweltbelastungen (Lärm, Schmutz) behindert wird /4/. Luftwechsellmessungen

nach der Sanierung der Schulgebäude zeigten, daß bei geschlossenen Fenstern ein Luftwechsel von < 0,3 pro Stunde vorhanden ist und die nötige Frischluftzufuhr fehlt.

Eine Verbesserung der Lüftungssituation ist nur durch das Öffnen der Fenster möglich, was wiederum zu großen Wärmeverlusten führt. Eine zentrale Lüftungsanlage zur kontrollierten Be- und Entlüftung ist in den meisten Schultypen aus baulichen und finanziellen Gründen nicht machbar. Dezentrale Lösungen mit den auf dem Markt verfügbaren Geräten sind ebenfalls sehr kostenaufwendig.

Nach der energetischen Sanierung der Schulgebäude wird der Luftwechsel zur dominierenden Größe hinsichtlich des Wärmebedarfs. Mit 270,7 MWh/a liegt er um ca. 40 MWh/a über den Transmissionswärmeverlusten. Um die Lüftungswärmeverluste zu verringern und einen Grundluftwechsel für die Räume zu garantieren, wurden am Beispiel des „Erfurter“-Schultyps einige Lüftungsvarianten hinsichtlich ihrer Wirksamkeit unter schulischen Nutzungsbedingungen untersucht /3/.

Frischlufzufuhr: Öffnungsslitze im Fensterrahmen

Manuell oder motorisch angesteuerte verschließbare Lüftungsöffnungen in Fensterrahmen ermöglichen eine Frischluftzufuhr bis zu 80 m³/h und laufendem Meter Schlitzlänge. Durch Verschließen der Slitzte außerhalb der Nutzungszeiten wird der Wärmeverlust begrenzt. Diese Variante ist äußerst kostengünstig, erfordert aber zum Erreichen des Luftaustausches in jedem Fall eine unterstützende Querlüftung.

Untersuchungen zum Luftwechsel und dem Pettenkoferwert (Grenzwert der CO₂-Belastung muß < 0,1 Vol.-% sein)

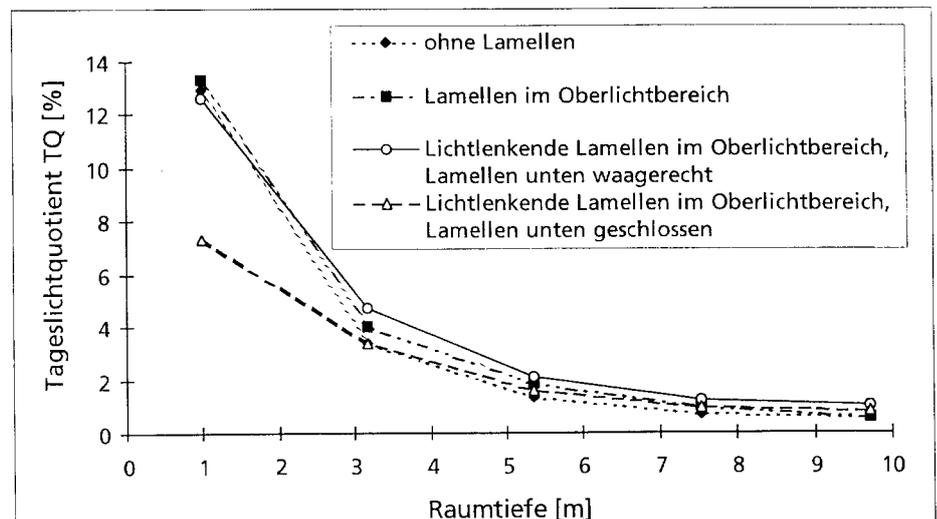


Abb. 5: Tageslichtquotient im Fachraum mit ostorientierten Fenstern und außenliegenden Lamellenjalousien mit Lichtumlenkung im Oberlichtbereich /2/

in den Klassenräumen mit eingebauten Lüftungsschlitzen und einer Querlüftung wiesen bei geschlossenen Lüftungsschlitzen und ausgeschalteten Lüftern einen Luftwechsel von 0,3 pro Stunde nach (Undichtigkeit der Tür, Druckunterschied am Ventilator). Bei geöffneten Lüftungsschlitzen und voller Ventilatorleistung (390 m³/h) wird ein mittlerer Luftwechsel von rund 2 pro Stunde erreicht.

Während im ersten Fall der Pettenkoferwert durch einen CO₂-Gehalt von 0,13 Vol.-% überschritten wird, werden im zweiten Fall CO₂-Werte zwischen 0,07 bis 0,09 Vol.-% erreicht. Damit werden die Anforderungen an die Frischluftzufuhr bereits bei einem zweifachen Luftwechsel erreicht /6/. Zu bemerken ist jedoch, daß eine Geräuschbelastigung bei vollem Lüfterbetrieb auftritt.

Dezentrale Lüftungsgeräte mit und ohne Wärmerückgewinnung

Lüftungsgeräte sind mit und ohne Wärmerückgewinnung lieferbar und garantieren nach Herstellerangaben bei einer Einbaulänge von ca. 800 bis 1.000 mm und dem Einsatz von Ventilatoren zur Zu- und Abluftführung eine Frischluftbereitstellung bis zu 120 m³/h. Gegenüber den vorherigen Systemen kann durch die Wärmerückgewinnung eine Energieeinsparung bei Verbesserung des Nutzerkomforts erreicht werden.

Die ca. 10 cm hohen Lüftungsgehäuse werden oberhalb der Fenster oder unter der Sohlbank montiert. Die Frischluft wird über die Fensterscheiben bzw. den unter dem Fenster befindlichen Heizkörper eingeblasen. Diese Variante ist im Vergleich zur vorgenannten in Bezug auf die Investitions-, die Installations- und die anfallenden Betriebskosten teurer.

In den Normalklassenräumen wurde durch den Einsatz von Lüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung eine kontrollierte Lüftung untersucht. Aus Kostengründen erfolgte die Auslegung der Geräte auf einen Luftaustausch von maximal 240 m³/h Lüfterleistung.

Im Rahmen von Luftwechseluntersuchungen wurde in Klassenräumen ohne Lüftungsgeräte bei geschlossenen Fenstern ein Luftwechsel von < 0,2 pro Stunde ermittelt, der durch das Öffnen der Oberlichter auf etwa 1,2 pro h anstieg. Die CO₂-Konzentration verringert sich nach dem Öffnen der Oberlichter von 0,17 Vol.-% auf ca. 0,1 Vol.-% und liegt im Grenzbereich des vorgeschriebenen Pettenkoferwertes.

In den Räumen mit Lüftungsgeräten liegt der Luftwechsel bei ausgeschalteten Geräten zwischen 0,2 bis 0,3 pro Stunde. Sind die Geräte auf eine maximale Lüfterleistung von 240 m³/h eingestellt,

wird ein 1,6facher Luftwechsel erreicht. Der Pettenkoferwert sinkt dabei von 0,17 Vol.-% im ausgeschalteten Zustand auf Werte von < 0,09 Vol.-% bei vollständigem Lüfterbetrieb. Damit wird auch bei dieser Variante die hygienisch erforderliche Frischluftzufuhr bei einem bis zu zweifachen Luftwechsel erreicht /6/.

Konzept für eine umfassende Sanierung

Die Regelschule 8 in Erfurt wurde zur Reduzierung des Heizwärmebedarfes konventionell saniert. Eine Wärmedämmung in der Fassade mit 10 cm mineralischer Dämmung und eine hocheffiziente Wärmeschutzverglasung der Fenster mit $k = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ erbrachte in der Heizperiode 1996/97 bereits eine Heizwärmeeinsparung von 50 %, obwohl die Sanierungsmaßnahme erst Ende 1996 abgeschlossen werden konnte.

Es wurde eine Einzelraumtemperatursteuerung zur bedarfsgerechten Wärmeversorgung der Klassenräume unter Berücksichtigung ihrer Nutzungsdauer eingesetzt.

Untersuchungen zum Luftwechsel bei unterschiedlichen Varianten der Frischluftzuführung über Lüftungsschlitze in den Fenstern bzw. einfache Lüftungsgeräte mit unterstützender Querlüftung sowie kontrollierter Zuführung der Frischluft mit Wärmerückgewinnung zeigen, daß bei einem zweifachen Luftwechsel der Pettenkoferwert von 0,1 Vol.-% bereits unterschritten werden kann und hygienisch erforderliche Frischluft ausreichend zugeführt wird. Eine Fensterlüftung in den Pausen ist jedoch weiterhin zu empfehlen.

Berücksichtigt man diese Ergebnisse bei der energetischen Betrachtung des Heizwärmebedarfes, so kann der Lüftungswärmebedarf durch eine Herabsetzung auf den zweifachen Luftwechsel um bis zu 50 % reduziert werden.

Lichttechnische Verbesserungen zur Verringerung der Blenderscheinungen und Sicherung einer ausreichenden Verschattung der Fenster konnten durch den Einsatz von Lamellenjalousien unterschiedlicher Ausführungen erreicht werden. In Kombination mit einer tageslichtabhängigen Kunstlichtsteuerung können wesentliche Einsparungen an elektrischer Energie erreicht werden. Aussagen hierzu wird eine derzeit laufende Monitoringphase bringen.

Mit Beendigung der Sanierung liegt nun ein Konzept zur energetischen und lichttechnischen Sanierung von Typenschulen vor, welches prinzipiell für alle gleichartigen Schulgebäude genutzt werden kann.

Christel Russ, Karen Pöschel

Literatur

- /1/ Russ, C.; Energetische und lichttechnische Sanierung der 8. Staatlichen Regelschule in Erfurt; Zwischenbericht 1996 zum BMBF-Förderprojekt 0329224F
- /2/ Pöschel, K.; Russ, C.: Optimierung der lichttechnischen Situation in Typenschulen in den neuen Bundesländern, Lichttechnisches Symposium Staffelstein, OTTI-Technologie-Kolleg, 1997
- /3/ Hopkirk, N.: Energiesparen mit Tageslichtstrategien: Schulhäuser und Bürogebäude, Forschungsbericht des Bundesamtes für Energiewirtschaft und der Forschungsstelle Solararchitektur ETH-Hönggerberg, Zürich, 1995
- /4/ Richtlinien für Schulen, GUV. Jan 1987 und Schulbauverordnung, Zuständigkeitsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht, Kultus, Wissenschaft und Kunst, GBVI 1995
- /5/ Russ, C.; Pöschel, K.; Kappert, M.: Energetische und lichttechnische Sanierung der 8. Staatlichen Regelschule in Erfurt; 1995 zum BMBF-Förderprojekt 0329224F
- /6/ Schulze, H.-D., Rudloff, F., Schuschke, G.: Luftwechseluntersuchungen und CO₂-Messungen in der Regelschule Erfurt, Abschlußbericht im Auftrag des Fraunhofer ISE, März 1997

Über die Autorinnen:

Dr. Christel Russ und *Dipl.-Phys. Karen Pöschel* sind Mitarbeiterinnen der Gruppe Solares Bauen am Fraunhofer ISE in Freiburg.



Warmwassersolaranlagen

Kompaktsysteme
Schwerkraftsysteme
Zwangsumlaufsysteme
Kollektoren und Speicher einzeln
Kombispeicher
Steuerungen und Zubehör
Photovoltaik

Hauptsitz

SunShine

Schlupfgasse 16 - 1-39042 Brixen
Tel. 0039 - 472 - 83 55 75
Fax. 0039 - 472 - 83 76 56

Unsere Partner in Deutschland

Moresby Hausplanungs & Vertriebs GmbH & Co. KG
Gretchenkoppel 3a - 22399 Hamburg

Tel. 0 40 - 6 06 31 45 - Fax 0 40 - 6 06 21 32

Solarfachberatung Dipl.-Ing. (FH) Ralf Täschner

Bergstraße 17 - 04668 Großsteinberg

Tel. 03 42 43 - 3 26 35 - Fax 03 42 43 - 3 26 36

Remmele & Steinle, Lamborghini-Heiztechnik

Tratzbergstraße 26 - 89429 Oberbechingen

Tel. 0 90 77 - 9 10 63 - Fax 0 90 77 - 9 10 64

BEERMANN Energiesysteme

Sollner Straße 10 - 81479 München

Tel. 0 89 - 7 91 36 53 - Fax 0 89 - 7 91 34 80

Schmidt & Schmalfuß Gbr

Karower Damm 44 - 13129 Berlin

Tel. + Fax 0 30 - 47 47 38 04 - Tel. + Fax 0 30 - 6 51 39 55

Mrosek Jürgen

Hauptstraße 29 - 85084 Winden am Aign

Tel. + Fax 0 84 53 - 90 21

Wiesing Solartechnik

Im Bruch 43 - 33161 Hölvelthof

Tel. 0 52 57 - 93 06 13 - Fax 0 52 57 - 93 06 14

Heinz Sprünken Solartechnik

Bergstraße 17 - 47669 Wachtendonk

Tel. 0 28 36 - 8 52 02 - Fax 0 28 36 - 8 52 04