

2

Bauphysik

Wärme · Feuchte · Schall · Brand · Licht · Energie · Klima

30. Jahrgang
April 2008
Heft 2, S. 83-90
ISSN 0171-5445

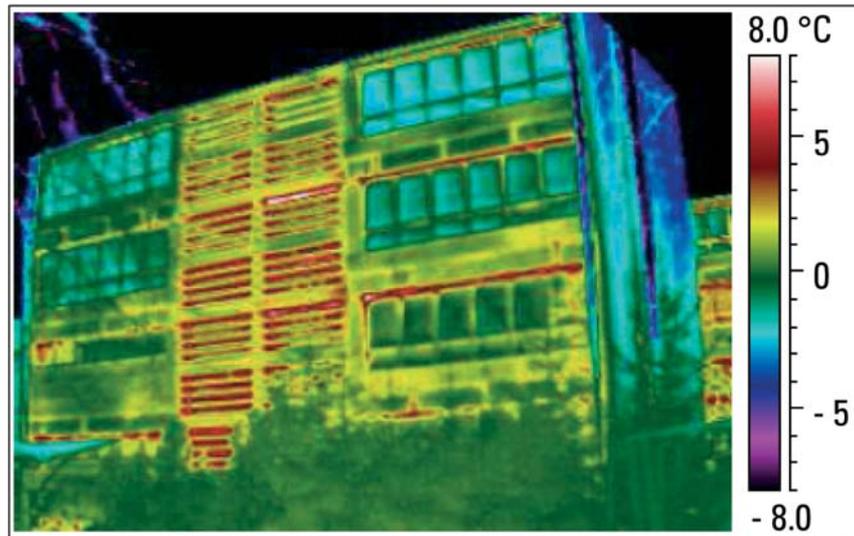
Sonderdruck

A 1879

Energetische Sanierung von Schulgebäuden in den neuen Bundesländern -

Sanierungsprojekt Förderschule Rathenow

von
Prof. Dr.-Ing. Stefan Himburg



Lichtenau Himburg Tebarth
Bauingenieure GmbH

in Zusammenarbeit mit dem
Landkreis Havelland

Energetische Sanierung von Schulgebäuden in den neuen Bundesländern – Sanierungsprojekt Förderschule Rathenow

Herrn Univ.-Prof. Dr. *Erich Cziesielski* zum 70. Geburtstag gewidmet

Die Sanierung von Schulen und schulähnlichen Gebäuden steht im Mittelpunkt aktueller Maßnahmen zur Energieeinsparung im Gebäudebestand. Das hier beschriebene Gebäude stellt den Standardtyp einer Großtafelbauserie in den neuen Bundesländern dar und weist im Hinblick auf die hohe Anzahl von 540 projektierten Gebäuden dieses Typs einen Modellcharakter auf. Die Untersuchungen zeigen, dass hinsichtlich des baulichen Zustandes dieser Gebäude ein vordringlicher Sanierungsbedarf besteht. Die Berechnungen zur energetischen Bewertung des Gebäudes zeigen eine sehr gute Übereinstimmung von ermittelten Bedarfswerten und vorliegenden Verbrauchswerten für die Heizenergie und dienen als Basis für prognostizierte energetische Einsparungen durch verschiedene Sanierungsmaßnahmen. Die neue Berechnungsnorm DIN 18599 gestattet hierbei eine wesentlich differenziertere Erfassung der Nutzungsrandbedingungen wie Nutzungszeiten, Personenbelegung, interne Wärmequellen und den Einfluss einer Nachtabsenkung. Anhand von vergleichenden Berechnungen können verschiedene Sanierungskonzepte aufgestellt und bewertet werden.

Energy efficiency improvements for school buildings in Germany's new federal states; Rathenow special school refurbishment project. *Current energy saving measures for existing buildings focus on refurbishment of schools and other educational buildings. The building described in this article represents the standard type of a large-panel construction series in the new federal states. Due to the large number of buildings (540) constructed in this way the project can act as a model for similar projects. Initial studies indicated that structural refurbishment measures for these buildings are required as a matter of urgency. The energy performance calculations for the building showed good agreement between the calculated demand values and actual heating energy consumption values and can serve as basis for predictions of energy savings through various refurbishment measures. The new DIN 18599 calculation standard enables significantly more differentiated consideration of boundary conditions such as occupied periods, occupancy levels, internal heat sources, and the effect of night setback. Based on comparative calculations, different refurbishment concepts can be developed and assessed.*

1 Einführung

Seit dem 01. 01. 2007 wird die energetische Sanierung von Schulen, Schulsporthallen, Kindertagesstätten und Gebäuden der Kinder- und Jugendarbeit verstärkt durch die Bundesregierung gefördert. Im Rahmen der KfW-Infra-

strukturförderung können zinsgünstige Direktkredite zur energetischen Gebäudesanierung an Kommunen vergeben werden. Die Förderung bezieht sich in diesem Fall auf das EnEV-Neubau-Niveau und gilt für Schulgebäude, die vor 1990 errichtet worden sind. Darüber hinaus wurde 2007 das dena-Modellvorhaben „Niedrigenergiehaus im Bestand für Schulen“ durchgeführt (Deutsche Energie-Agentur GmbH dena). Dieses hatte zum Ziel, hocheffiziente Sanierungsstandards zu erproben und zu etablieren. Die Förderung in diesem Vorhaben bezieht sich auf die Standards „EnEV-Neubau minus 20 %“ sowie „EnEV-Neubau minus 40 %“. Aufgrund der hohen Anzahl von ca. 32.500 Schulen in Deutschland insgesamt (gemäß Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF) und der dabei vorhandenen großen Anzahl von sanierungsbedürftigen Schulgebäuden, besteht in diesem Bereich ein sehr hohes Potential zur Energieeinsparung und Reduzierung der CO₂-Emissionen. Die Einführung der Berechnungsnorm DIN 18599 [1] für Nichtwohngebäude gestattet zukünftig eine genauere Beurteilung der Energieeffizienz von Schulgebäuden mittels differenzierter Nutzungsprofile und Berechnungsverfahren.

In der Praxis überschreiten viele Schulgebäude das Anforderungsniveau der EnEV 2007 bei weitem. Die meisten Schulen wurden vor 1980 erbaut und sind seitdem nicht wesentlich wärmeschutztechnisch verbessert worden. In der ehemaligen DDR wurden zudem viele Schulgebäude in Großtafelbauart errichtet, wodurch konstruktive Anforderungen an die Systembaulösungen bestanden, aus denen sich typische wärmetechnische Schwachstellen ergaben. Räume in diesen Gebäuden weisen häufig auch eine reduzierte Behaglichkeit auf, was im Hinblick auf eine Nutzung als Unterrichtsräume in jeder Hinsicht als sanierungsbedürftig anzusehen ist. Die Probleme bei Schulgebäuden dieser Bauweise können somit viel grundsätzlicher Art sein, als der Wunsch nach einem umweltfreundlichen Gebäude und reduzierten Energiekosten. Die Notwendigkeit der energetischen Sanierung ergibt sich allein schon aus dem Verlangen nach einer uneingeschränkt möglichen Nutzung und der dauerhaften Sicherstellung der Behaglichkeit der Nutzer.

Schulgebäude in den neuen Bundesländern wurden häufig als Typenserien projektiert. Obwohl für Großtafelbauserien im Regelfall hohe Stückzahlen produziert worden sind, liegen oftmals nur unzureichende Planungsunterlagen vor. In diesem Fall kann auf vorhandene

Veröffentlichungen [2], [3] zurückgegriffen werden. Dieser Beitrag soll anhand eines repräsentativen Beispielgebäudes einer Schule in Rathenow (Brandenburg) Problempunkte aufzeigen und mögliche Sanierungskonzepte vorstellen. Das Projekt weist hinsichtlich der zahlreich vorhandenen Gebäude dieses Typs Modellcharakter auf und ist prinzipiell auf gleichartige Schulgebäude dieser Typenserie übertragbar.

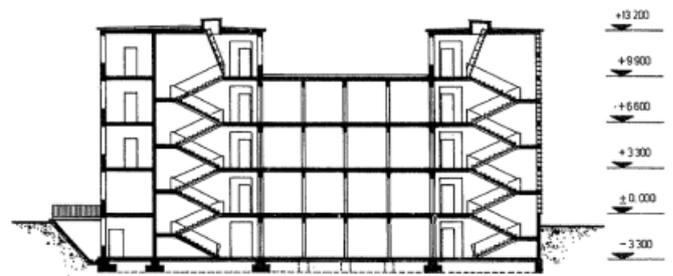
2 Modellprojekt Förderschule Rathenow

Bei der Förderschule Rathenow handelt es sich um ein 1979 errichtetes Gebäude des verbesserten Typs „Erfurt“ (Typ II). Von diesem Gebäudetyp wurden ab 1975 in der ehemaligen DDR ca. 540 Schulen errichtet. Die Typenserie 69 „Erfurt“ wurde erstmals 1969 als „Plattenbau“ projektiert. Es handelt sich hierbei um ein fünfgeschossiges Gebäude (KG, EG, 1. bis 3. OG) mit zwei Querriegeln und einem verbindenden Mitteltrakt (Bilder 1 und 2). Die Schule wurde in der Wandbauweise 2 Mp bzw. 2,0 t in Streifenbauart errichtet. Hierzu wurden ein Grundraster von 3,00 m / 7,20 m und eine einheitliche Geschosshöhe von 3,30 m verwendet. Die Außenwände bestehen aus Leichtbetonelementen. Im Giebelwandbereich ist eine zusätzliche hinterlüftete Außenwandbekleidung vorhanden. Die Kellerwände bestehen aus ungedämmten Stahlbetonelementen. Als Fensterkonstruktionen sind überwiegend Holz-Verbundfenster eingebaut worden. In den Treppenhäusern ist lediglich eine Einfachverglasung vorhanden. Das Gebäude befindet sich somit noch weitgehend im ursprünglichen Zustand. Nur der Eingangsbereich im EG wurde mit neuen Eingangstüren versehen. Die Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile können Tabelle 1 entnommen werden.

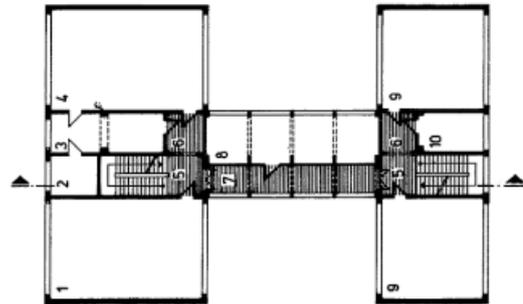
Als Vergleichswerte für die Mindestanforderungen der EnEV werden hier die Höchstwerte für den erstmaligen Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen nach Anlage 3, EnEV herangezogen. Das Gebäude weist typische, bauartbedingte Wärmebrücken auf, die im Rahmen einer thermografischen Bestandsuntersuchung durch das Ingenieurbüro Ries, Brieselang erfasst worden sind. In



Bild 1. Förderschule Rathenow; Südansicht Eingangsbereich
Fig. 1. Rathenow special school; south elevation, entrance area



Schnitt



Grundriss

Bild 2. Typenserie 69 „Erfurt“; Wandbauweise 2 Mp nach dem Querwandprinzip
Fig. 2. Type series 69 „Erfurt“; wall construction type 2 Mp (cross-wall principle)

Tabelle 1. Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile
Table 1. Heat transfer coefficients of the individual components

Bauteil	U-Wert Bestand U [W/(m ² K)]	EnEV-Standard U _{max} [W/(m ² K)]
Außenwandelemente	1,39	0,35
Brüstungselemente	1,05	0,35
Giebelwandelemente	0,82	0,35
Verbundfenster (Holz)	2,50	1,70
Treppenhausefenster (Einfach)	5,10	1,70
Dach (60 mm WäDä)	0,55	0,25
Kellerwände (Stahlbeton)	3,28	0,50
Sohle beheizter Bereich	1,08	0,50
Sohle unbeheizter Bereich	4,30	0,50

Bild 3a sind exemplarisch die hohen Wärmeverluste der Einfachverglasung im Treppenhaus, sowie die Wärmebrücken im Bereich der Fensterstürze deutlich erkennbar (Bild 3b). Bild 4 zeigt die hohen Wärmeverluste der ungedämmten Kellerwandelemente im Sockelbereich des Kellergeschosses.

Das Gebäude erhielt 1997 eine neue Heizungsanlage mit einem Brennwertkessel und einer Nennwärmeleistung

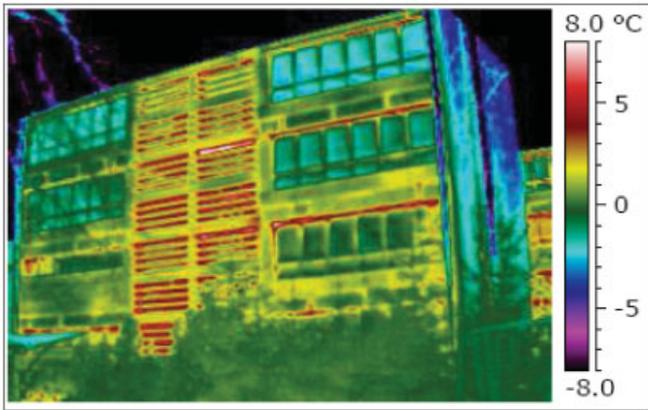


Bild 3a. Thermografische Aufnahme des Gebäudes, deutliche Wärmebrücken im Bereich der Fensterstürze, im Mittelbereich das Treppenhaus mit Einfachverglasung (Quelle: Ingenieurbüro Ries, Brieselang)

Fig. 3a. Thermographic image of the building; significant thermal bridges are apparent at the window lintels and in the central section containing the stairwell with single glazing (source: Ries consulting engineers, Brieselang)

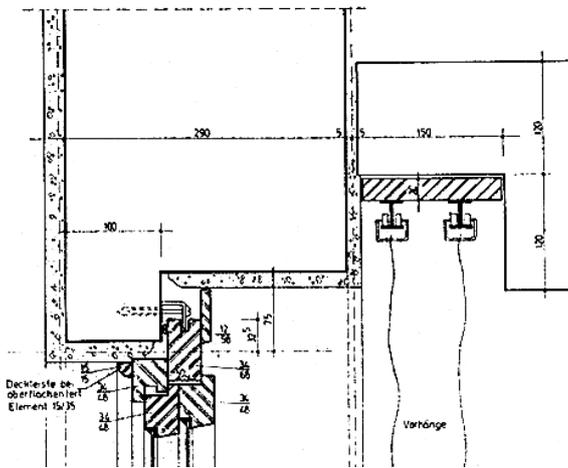


Bild 3b. Fensteranschluss im Sturzbereich, konstruktionsbedingte Wärmebrücke

Fig. 3b. Thermal bridge at the window connection (lintel)

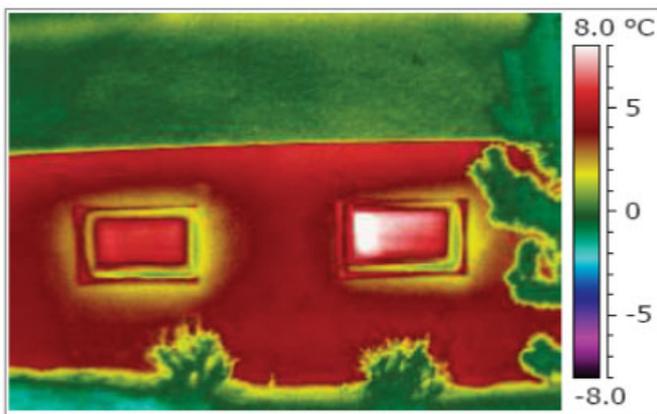


Bild 4. Thermografische Aufnahme des Sockelbereiches, hohe Wärmeverluste durch die ungedämmten Kellerwandelemente (Quelle: Ingenieurbüro Ries, Brieselang)

Fig. 4. Thermographic image of the basement area; high heat losses through the non-insulated basement wall elements (source: Ries consulting engineers, Brieselang)

von 225 kW. Die Heizkörper, deren Regelung, sowie die Verteilungsleitungen wurden jedoch nicht erneuert, so dass immer noch von erhöhten Anlagenverlusten ausgegangen werden muss. Einige Plattenheizkörper weisen keine Regelventile mehr auf. Die Schule wird zurzeit als allgemeine Förderschule mit relativ hoher Belegung genutzt. Während der Heizzeit muss an kalten Tagen die Betriebstemperatur erhöht werden, um eine behagliche Temperatur auch des obersten Geschosses sicherzustellen. Zeitweise kommt es zu einem Kälteempfinden in Wandnähe, Zugscheinungen, sowie eine Aufheizung der Klassenzimmer im Sommer. Es sind lediglich innenliegende Sonnenschutzvorrichtungen vorhanden. Bezüglich dieser reduzierten Behaglichkeit besteht ein vorrangiger Handlungsbedarf. Das für dieses Gebäude zuständige Amt für Immobilienmanagement des Landkreises Havelland wird die energetische Sanierung des Gebäudes im Jahr 2008/09 durchführen.

3 Energieverbrauch und berechneter Energiebedarf des Bestandsgebäudes

3.1 Einfluss der Nutzungsrandbedingungen

Die Berechnung des End- und Primärenergiebedarfs von Nichtwohngebäuden war nach der EnEV 2004, bzw. der zugehörigen Berechnungsnorm DIN 4108-6 nur bedingt aussagefähig. Mit Einführung der EnEV 2007 und DIN 18599 ist nunmehr eine gesamtenergetische Beurteilung von Nichtwohngebäuden möglich. Der Energiebedarf für die Raumlufttechnik und die Beleuchtung werden im Rahmen der Bilanzierung mit berücksichtigt. Der zulässige Energiebedarf wird an einem vergleichbaren Referenzgebäude ermittelt. Im vorliegenden Fall liegt eine natürliche Lüftung des Gebäudes vor, was den Rechenaufwand reduziert und den Ansatz eines Ein-Zonen-Modells gestattet. Vergleichsrechnungen zeigen, dass die Nutzungsrandbedingungen einen erheblichen Einfluss auf die Berechnungsergebnisse haben können. Das in DIN 18599-10 aufgeführte Nutzungsprofil von Klassenzimmern in Schulen gestattet eine wesentlich differenziertere Erfassung der Randbedingungen wie Nutzungszeiten, Personenbelegung, interne Wärmequellen und den Einfluss einer Nachtabsenkung. So deckt sich exemplarisch die tägliche Betriebszeit der Heizung nach dem Nutzungsprofil für Schulen von 6:00 bis 15:00 Uhr näherungsweise mit der tatsächlichen Heizzeit von 4:30 bis ca. 13:00 Uhr. Der Einfluss einer Nachtabsenkung und von internen Wärmequellen ist erheblich und konnte im Rahmen einer Berechnung nach EnEV 2004 bisher nur über Pauschalwerte erfasst werden. Für das vorliegende, mäßig gedämmte Bestandsgebäude wurde im Rahmen der Vergleichsrechnungen weiterhin die Heizgrenztemperatur mit $\theta_e = 12 \text{ °C}$ angesetzt.

3.2 Validierung der Berechnungsergebnisse für das Bestandsgebäude

Für die Validierung der Berechnungsergebnisse wurde der tatsächliche Energieverbrauch des Gebäudes in den Jahren 2004 bis 2007 herangezogen. Unter Ansatz der Klimafaktoren für die zugeordnete Wetterstation Potsdam ergeben sich bereinigte, jährliche Heizenergieverbrauchs-

kennwerte, die sich in diesem Fall ausgezeichnet mit den Vergleichswerten im Nichtwohngebäudebestand des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) decken [4]. Das Jahr 2007 lag dabei mit einer Durchschnittstemperatur von 9,8 °C um 1,6 K über dem langjährigen Mittel von 8,2 °C und um 0,9 K über dem Referenzwert der DIN 4108-6 von 8,9 °C. Der Klimafaktor dieses Jahres ist dementsprechend hoch ausgefallen. Die Energieverbrauchsanteile für Warmwasser, abgedeckt über einen 350 l fassenden Warmwasserspeicher, werden hier mit 5 % angesetzt und unterliegen keiner Witterungsberreinigung. Die ermittelten Heizenergie- und Stromverbrauchskennwerte sind in Tabelle 2 aufgeführt. Der Heizenergieverbrauchskennwert des Gebäudes beträgt $e_{Vb,12mth} = 145 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ im betrachteten Zeitraum und ist damit nahezu deckungsgleich mit dem Vergleichswert des BMVBS von $e_{Vb,12mth} = 150 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Größere prozentuale Abweichungen liegen bei den Stromverbrauchskennwerten vor. Hier liegt der Vergleichswert deutlich über dem tatsächlich vorhandenen Verbrauchswert. Offensichtlich ist der Stromverbrauch des betrachteten Schulgebäudes vergleichsweise relativ gering.

In Tabelle 3 sind die Verbrauchs- und Vergleichswerte aufgeführt und den berechneten Bedarfswerten gegenübergestellt. Auch hier besteht eine sehr gute Übereinstimmung der Bedarfswerte für die Heizenergie und den gemessenen Verbrauchswerten. Diese Übereinstimmung ist hier auf die eindeutig zuzuordnenden Nutzungsrandbedingungen und eine vorhandene genaue Beschreibung

der baulichen und anlagentechnischen Gegebenheiten zurückzuführen. Das Entfallen der Berechnungsparameter für Raumlufttechnik und Kühlung gestattet zudem einen geringeren Rechenaufwand und eine zielsichere Bedarfsermittlung. Nichtwohngebäude können ansonsten deutlich größere Schwankungsbreiten beim Vergleich der Bedarfs- und Verbrauchswerte aufweisen. Signifikante Abweichungen treten hier bei den Bedarfswerten für den Stromverbrauch auf. Die Bedarfswerte der Beleuchtung allein übersteigen schon deutlich die tatsächlichen Verbrauchswerte. Nach Durchführung der Bedarfsberechnung können auf Basis des validierten Bestandsgebäudes die Einsparpotentiale verschiedener Sanierungsmaßnahmen berechnet und bewertet werden.

4 Mögliche Sanierungskonzepte

4.1 Energetisches Niveau des Bestandsgebäudes

Das energetische Niveau des Gebäudes liegt hinsichtlich des tatsächlich vorhandenen Endenergieverbrauchs zurzeit um den Faktor 2,3 über dem EnEV-Standard für Neubauten, wobei der bereits 1997 erfolgte Einbau eines neuen Brennwertkessels bereits zu einer Reduzierung der Energieverluste geführt hat. Die Notwendigkeit einer baulich-konstruktiven Sanierung der Gebäudehülle wird bei Betrachtung des spezifischen Transmissionswärmekoeffizienten H_1' deutlich. Die EnEV-Vergleichswerte und auch der zulässige Wert für einen sanierten Altbau im Sinne von EnEV § 9 mit 40 % Überschreitung

Tabelle 2. Energieverbrauch 2004 bis 2007 und Energieverbrauchskennwerte
Table 2. Energy consumption 2004 to 2007 and energy consumption index values

Zeitraum	2004	2005	2006	2007
Heizenergieverbrauch $E_{Vh,12mth} + E_{VWW,12mth}$ [kWh/a]	288.687	258.845	275.475	236.912
Klimafaktor Potsdam $f_{Klima,12mth}$	1,05	1,04	1,11	1,16
Heizenergieverbrauch bereinigt $E_{Vb,12mth}$ [kWh/a]	302.400	268.700	304.300	272.900
Energieverbrauchskennwert $e_{Vb,12mth}$ [kWh/m ² a]	153	136	154	138
Stromverbrauch $E_{Vs,12mth}$ [kWh/a]	21.570	20.520	20.490	n.n.
Stromverbrauchskennwert $e_{Vs,12mth}$ [kWh/m ² a]	11	10	10	n.n.

Tabelle 3. Gegenüberstellung Energiebedarf, Energieverbrauch und Vergleichswerte
Table 3. Comparison of energy demand, energy consumption, and comparison values

Kenngröße	Berechneter Bedarf	Tatsächlicher Verbrauch	Vergleichswert nach BMVBS
Heizenergie (incl. TWW) [kWh/a]	294.000	287.000	296.000
Heizenergiekennwert [kWh/m ² a]	149	145	150
Stromverbrauch [kWh/a] (*Beleuchtung)	26.300*	20.900	30.000
Stromverbrauchskennwert [kWh/m ² a] (*Beleuchtung)	13*	11	20

Tabelle 4. Gegenüberstellung der Transmissionswärmetransferkoeffizienten
 Table 4. Comparison of transmission heat transfer coefficients

Bestandsgebäude Ist-Wert H_T' [W/(m ² K)]	EnEV-Neubau Referenzgebäude H_T' [W/(m ² K)]	EnEV-Neubau Höchstwert zul. H_T' [W/(m ² K)]	EnEV Sanierter Altbau zul. H_T' [W/(m ² K)]
1,41	0,71	0,93	0,99

des zulässigen Höchstwertes des Referenzgebäudes werden nicht eingehalten (Tabelle 4). Weiterhin ist eine fortgesetzte Sanierung der Heizungsanlage im Hinblick auf die fehlenden Regelungsmöglichkeiten und das Alter der Heizkörper und Verteilungsleitungen vordringlich durchzuführen.

4.2 Randbedingungen für Sanierungsansätze

Mögliche Sanierungskonzepte leiten sich aus den gesetzlichen Anforderungen der Energieeinsparverordnung, oder darüber hinaus aus den Anforderungen der Förderprogramme ab. Hierbei ist jedoch stets grundsätzlich zu prüfen, ob geplante Sanierungsmaßnahmen mit vertretbarem Aufwand baulich-konstruktiv umsetzbar sind und welche Finanzmittel hierfür zur Verfügung stehen. Im Rahmen der geplanten Sanierung dieses Gebäudes wurden folgende Ansätze verglichen:

- sanierter Altbau („EnEV-Neubau plus 40 %“ gemäß EnEV § 9)
- Neubau Niveau (EnEV 2007 für Nichtwohngebäude)
- Niedrigenergiehaus im Bestand für Schulen („EnEV-Neubau minus 20 %“ bzw. minus 40 %“).

Gemäß EnEV § 9 sind Änderungen an Gebäuden so auszuführen, dass sanierte Nichtwohngebäude den Jahres-Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes und den Höchstwert des Transmissionswärmetransferkoeffizienten um nicht mehr als 40 % überschreiten. Wahlweise gelten diese Anforderungen als erfüllt, wenn die in Anlage 3 der EnEV festgelegten Wärmedurchgangskoeffizienten eingehalten werden (vgl. hierzu auch Tabelle 1). Die dort aufgeführten Wärmedurchgangskoeffizienten bilden in etwa das heutige EnEV-Niveau für Bauteile von herkömmlichen Neubauten ab. Die KfW-Infrastrukturförderung sieht wahlweise eine energetische Sanierung auf Neubau-Niveau mit rechnerischem Nachweis nach DIN 18599 oder die Durchführung eines Maßnahmenpaketes aus mindestens drei Maßnahmen vor. Das dena-Modellvorhaben „Niedrigenergiehaus im Bestand“ strebt einen hocheffizienten Sanierungsstandard über die Forderungen der aktuellen EnEV hinaus an. Zusätzlich soll ein Nachweis über die Gewährleistung einer hohen Luftqualität geführt werden.

4.3 Sanierungsvariante Sanierter Altbau

Das EnEV-Niveau für einen sanierten Altbau („EnEV-Neubau plus 40 %“ gemäß EnEV § 9) kann bei dem vorhandenen Gebäude durch relativ einfache und kostengünstige Sanierungsmaßnahmen unter Ansatz der üblichen Dämmstoffdicken realisiert werden. Die Sanierung soll folgende Maßnahmen erfassen: Dämmung der

Außenwände einschließlich Kellerwände, Dämmung des Daches, Sanierung oder Austausch der Fenster und eine fortgesetzte Sanierung der Heizungsanlage (Heizflächen, Verteilung, Regelung). Empfohlen werden weiterhin der Einbau von außenliegenden Sonnenschutzvorrichtungen und die Verwendung von „Lüftungsampeln“ zur Kontrolle der Raumluftqualität [5]. Auf eine Dämmung der Sohle wird verzichtet. Bei den genutzten Räumen im Kellergeschoss wird keine Fußkälte beanstandet und der Einbau zusätzlicher Dämmschichten führt zu einem unverhältnismäßigen konstruktiven Aufwand (Neue Fliesenbeläge, Anpassung von Türhöhen, Treppenschluss). Zudem ergeben sich unter Ansatz einer genaueren Berechnung der Wärmeübertragung über das Erdreich nach DIN EN ISO 13370 [6] bei diesem Gebäude vergleichsweise geringe Wärmeverluste über die Bodenplatte. Zu beachten sind in diesem Fall jedoch mögliche Wärmebrücken in Anschlussbereichen. Ein Austausch der Holz-Verbundfenster ist ebenfalls nicht unbedingt zwingend erforderlich: Sofern eine Überarbeitung der Holzrahmen mit Wiederherstellung der erforderlichen Luftdichtheit möglich und im Sinne einer Bestandserhaltung erwünscht ist, kann allein durch den Einbau einer neuen Verglasung der Wärmedurchgangskoeffizient der Fenster auf $U_W = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ gesenkt werden. Dieses erfolgt durch Anordnung jeweils einer neuen Innenscheibe mit infrarotreflektierender Beschichtung mit einer niedrigen Emissivität $\epsilon_n \leq 0,20$ (K-Glas / hardcoating / low-emission). Diese Vorgehensweise ist durch die EnEV, Anlage 3, Absatz 2c ausdrücklich abgedeckt. Alternativ können die Bestandsfenster gegen neue Fenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung ausgetauscht werden. Unter Ansatz eines kostengünstigen und pflegeleichten Kunststoff-Rahmens wird dann der Wärmedurchgangskoeffizient der Fenster auf $U_W = 1,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ gesenkt.

Die hier beschriebenen Maßnahmen stellen für dieses Gebäude die Mindestanforderungen an eine energetische Sanierung dar und reduzieren den rechnerischen Heizenergieverbrauch des Bestandsgebäudes bereits um 40 bis 45 %. Die kalkulierten Gesamtkosten für die erforderlichen Baumaßnahmen liegen bei 190.000 € für die fortgesetzte Sanierung der Heizungsanlage, sowie 350.000 € für die Wärmedämmung der Bauteile und einen Austausch der Fenster mit Anordnung von außenliegenden Sonnenschutzvorrichtungen. Eine Einzelaufzählung kann Tabelle 5 entnommen werden. Es wird hierbei von einer Amortisationszeit der Baumaßnahmen von 15 bis 20 Jahren ausgegangen, wobei über Energiepreisentwicklungen zurzeit nur spekuliert werden kann. Im Rahmen der „2. Mitteldeutschen Energiekonferenz“ in Leipzig im September 2006 wurden jährliche Energiepreissteigerungen von 10 % im Mittel für die nächsten 20 Jahre prognostiziert.

Tabelle 5. Kostenzusammenstellung für die Mindestsanierung (Nettopreise Stand 2007-01)

Table 5. Cost overview for the minimum refurbishment option (net prices as of 2007-01)

Einzelmaßnahme	Kalkulierte Kosten [€]	Energieeinsparung [%]
WDVS auf Außenwand	110.000	20
Austausch Verglasung	75.000	7
Austausch Fenster (alternativ)	155.000	9
Sonnenschutz außen	55.000	–
Flachdachsanierung	30.000	3
Sanierung Heizungsanlage	190.000	10

4.4 Sanierungsvariante EnEV-Niveau Neubau

Die Erfüllung der Anforderungen für das Neubau-Niveau für Nichtwohngebäude beinhaltet gegenüber den bereits beschriebenen Sanierungsmaßnahmen eine Komplett-sanierung aller Bauteile des Gebäudes. Es werden hierzu größere Dämmstoffdicken und bessere Fensterkonstruktionen erforderlich. Grundsätzlich ist der Einbau größerer Dämmstoffdicken im Rahmen einer Sanierung stets sinnvoll und erhöht die Kosten nur in geringem Umfang. Die zur Erlangung einer Förderung alternativ mögliche Einhaltung eines Maßnahmenpaketes führt im Regelfall ebenfalls zu hohen Dämmstoffdicken von beispielsweise $d = 14$ cm WLK 035 für Außenwände und $d = 24$ cm WLK 035 für Dächer. Dämmstoffdicken in dieser Größenordnung sind jedoch im Hinblick auf die Anschlussausbildung insbesondere im Fensterbereich konstruktiv nicht immer problemlos umsetzbar. Ein Verzicht auf die Dämmung der Sohle wird bei einer Sanierung auf Neubau-Niveau weiterhin kaum möglich sein. Die anteiligen Wärmeverluste und die Wärmebrückenverluste der Sohle müssten ansonsten durch andere Bauteile kompensiert werden. Die Sanierungsvariante zur Erlangung des Neubau-Niveaus sieht daher planmäßig zusätzliche Wärmedämm-Maßnahmen für alle Bauteile der Förderschule Rathenow vor.

Alternativ zu einer überproportionalen Verbesserung der Bauteile kann auch die Anlagentechnik des Gebäudes unter Beibehaltung der Brennwerttechnik durch Einsatz von regenerativen Energien verbessert werden. Hier wäre der Einsatz einer heizungsunterstützenden Solaranlage denkbar. Zu berücksichtigen wären hier jedoch die entstehenden Zusatzkosten. Die Erlangung des Neubau-Niveaus ist verbunden mit einer rechnerischen Reduzierung des vorhandenen Heizenergieverbrauchs um 55 %. Die zusätzlichen Kosten gegenüber der zuvor beschriebenen Mindestsanierung („EnEV-Neubau plus 40 %“ gemäß EnEV § 9) sind dabei stark von den einzelnen Maßnahmen abhängig und sind im Einzelfall zu prüfen und zu bewerten. Förderungen existieren hierbei in der Regel in Form von zinsgünstigen Darlehen und bieten einen zusätzlichen Anreiz für die Erlangung des Neubau-Niveaus.

4.5 Sanierungsvariante Energiesparhaus im Bestand

Die Bezeichnung „Niedrigenergiehaus“ ist ursprünglich begrifflich verbunden mit einer 30 %-igen Unterschreitung

des energetischen Niveaus der Wärmeschutzverordnung von 1995. Aus diesem Grund wird hier die Bezeichnung „Energiesparhaus“ verwendet. Zur Realisierung eines Energiesparhauses im Bestand, verbunden mit einer deutlichen Unterschreitung der Anforderungen der EnEV 2007, werden sowohl umfangreiche Wärmedämm-Maßnahmen als auch eine hocheffiziente Anlagentechnik erforderlich. Vorhandene Modellprojekte für hocheffiziente Sanierungen haben die Standards „EnEV-Neubau minus 20 %“ sowie „EnEV-Neubau minus 40 %“ definiert. Weiterhin soll ein Nachweis über die Gewährleistung einer hohen Luftqualität erbracht werden.

Bei Bestandsgebäuden stellt sich generell zunächst die Frage, ob Dämmstoffe außenseitig aufgebracht werden können, oder Anforderungen an die Fassadengestaltung dieses ausschließen (Sichtmauerwerk, Denkmalschutz etc.). Hinsichtlich der im Bestand in der Regel begrenzten Möglichkeiten zur Anordnung großer Dämmstoffdicken wäre der innovative Einsatz von Vakuum-Paneelen in Kombination mit darauf applizierten, herkömmlichen Dämmstoffen denkbar. Eine konventionelle Reduzierung der Dämmstoffdicke ist mit Polyurethan-Dämmung (WLK 025) möglich. Im Hinblick auf die bei Schulen allgemein üblichen Fensterflächenanteile von über 30 %, wird zur Realisierung des Standards „EnEV-Neubau minus 40 %“ eine Dreischeiben-Isolierverglasung erforderlich werden.

Die verbesserte Brennwerttechnik kann heute als eine mögliche Standardvariante zur Gewährleistung der EnEV-Anforderungen angesehen werden. Ein Energiesparhaus im Bestand kann hiermit jedoch nur durch überproportionale Verbesserungen der baulich-konstruktiven Seite realisiert werden. Folglich sind alternative Konzepte für Heizungsanlagen notwendig. In innerstädtischen Bereichen deutscher Großstädte sollte zunächst die Möglichkeit einer Fernwärme-Nutzung geprüft werden. In Städten wie Berlin oder Hamburg beträgt der Anteil der durch Kraft-Wärme-Kopplung erzeugten Energie bei der Fernwärme deutlich über 70 %. Der Primärenergiebedarf ist in diesem Fall dementsprechend gering. Der Einsatz von hocheffizienten Wärmepumpen ist im Regelfall mit dem Einbau einer Niedertemperaturheizung verbunden und daher bei Bestandsgebäuden wenig umsetzbar. Solaranlagen sind für Schulgebäude eine Alternative, wenn diese heizungsunterstützend arbeiten. Der Bedarf für die Warmwassererzeugung ist im Regelfall nur gering. Im Hinblick auf die Reduzierung der Lüftungswärmeverluste und die geforderte Gewährleistung einer hohen Luftqualität liegt der Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und gegebenenfalls auch mit Abluft-Wärmepumpe nahe. Hier stellt sich jedoch stets die Frage, ob eine Lüftungsanlage vom Bauherrn gewünscht wird und dieses Konzept im Bestand bautechnisch und kostenmäßig umsetzbar ist. Die Sanierungsvariante zur Realisierung eines Energiesparhauses sieht bei dem vorliegenden Projekt eine erhöhte Wärmedämmung aller Bauteile, den Einbau verbesserter Fenster und die Komplettsanierung der Heizungsanlage inklusive des Einbaus einer Solaranlage mit Heizungsunterstützung vor. Die Umsetzung dieser Variante ist verbunden mit einer rechnerischen Reduzierung des vorhandenen Heizenergieverbrauchs um ca. 70 %. Das EnEV-Niveau für den Neubau wird dann um ca. 30 % unterschritten.

4.6 Vergleich der Sanierungsvarianten

In Bild 5 ist exemplarisch der berechnete Endenergiebedarf für die Heizwärme einschließlich Warmwasser vergleichend für das Bestandsgebäude, den öffentlich rechtlichen Nachweis des Bestandsgebäudes, sowie für die drei Sanierungsvarianten gegenübergestellt. Als Bezugsgröße dient der bereinigte Heizenergieverbrauch einschließlich Warmwasser des vorhandenen Bestandsgebäudes. Es wird deutlich, dass mit allen drei Sanierungsvarianten erhebliche energetische Einsparungen realisiert werden können. Auch schon mit den verhältnismäßig geringfügigen und kostengünstigen Maßnahmen der ersten Sanierungsvariante gemäß EnEV §9, können bei diesem Schultyp 40 % Heizenergie eingespart werden. Darüber hinausgehende Einsparungen sind mit erweiterten Sanierungskonzepten möglich. Hierbei sind jedoch der Kostenrahmen und die baulich-konstruktive Umsetzung der Maßnahmen im Einzelfall zu prüfen.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Sanierung von Schulen und schulähnlichen Gebäuden steht im Mittelpunkt aktueller Maßnahmen zur Energieeinsparung im Gebäudebestand. Das hier beschriebene Gebäude stellt den Standardtyp einer Großtafelbauserie in den neuen Bundesländern dar und weist im Hinblick auf die hohe Anzahl von 540 projektierten Gebäuden dieses Typs einen Modellcharakter auf. Die Untersuchungen zeigen, dass hinsichtlich des baulichen Zustandes dieser Gebäude ein vordringlicher Sanierungsbedarf besteht.

Schon mit einfachen Sanierungsmaßnahmen, wie der Dämmung der Außenwände und des Daches, der Überarbeitung oder des Austausches der Fenster, sowie einer fortgesetzten Sanierung der Heizungsanlage sind hier hohe energetische Einsparungen erzielbar. Die Berechnungen zur energetischen Bewertung des Gebäudes zeigen eine sehr gute Übereinstimmung von ermittelten Bedarfswerten und vorliegenden Verbrauchswerten für die Heizenergie und dienen als Basis für prognostizierte energetische Einsparungen durch verschiedene Sanierungsmaßnahmen. Die neue Berechnungsnorm DIN 18599 gestattet hierbei eine wesentlich differenziertere Erfassung der Nutzungsrandbedingungen wie Nutzungszeiten, Personenbelegung, interne Wärmequellen und den Einfluss einer Nachtabsenkung. Anhand von vergleichenden Berechnungen können verschiedene Sanierungskonzepte aufgestellt und bewertet werden.

Hinsichtlich der energetischen Sanierung von Schulen besteht in Deutschland ein großer Handlungsbedarf, was auch in entsprechenden Förderprogrammen umgesetzt werden soll. Hierbei wird in der Regel das EnEV-Neubau-Niveau oder sogar ein darunter liegender Primärenergiebedarf angestrebt, was hinsichtlich einer zukünftigen, neuerlichen Erhöhung der Anforderungen sicherlich auch begründet ist. In der Praxis stellen solche Anforderungen die Kommunen jedoch nicht selten vor bautechnische und finanzielle Probleme, so dass es hier sinnvoll erscheint, insbesondere auch das in der EnEV explizit aufgeführte energetische Niveau eines sanierten Altbaus verstärkt zu propagieren und zu fördern („EnEV-Neubau plus 40 %“ gemäß EnEV § 9). Auf diese Weise können zu-

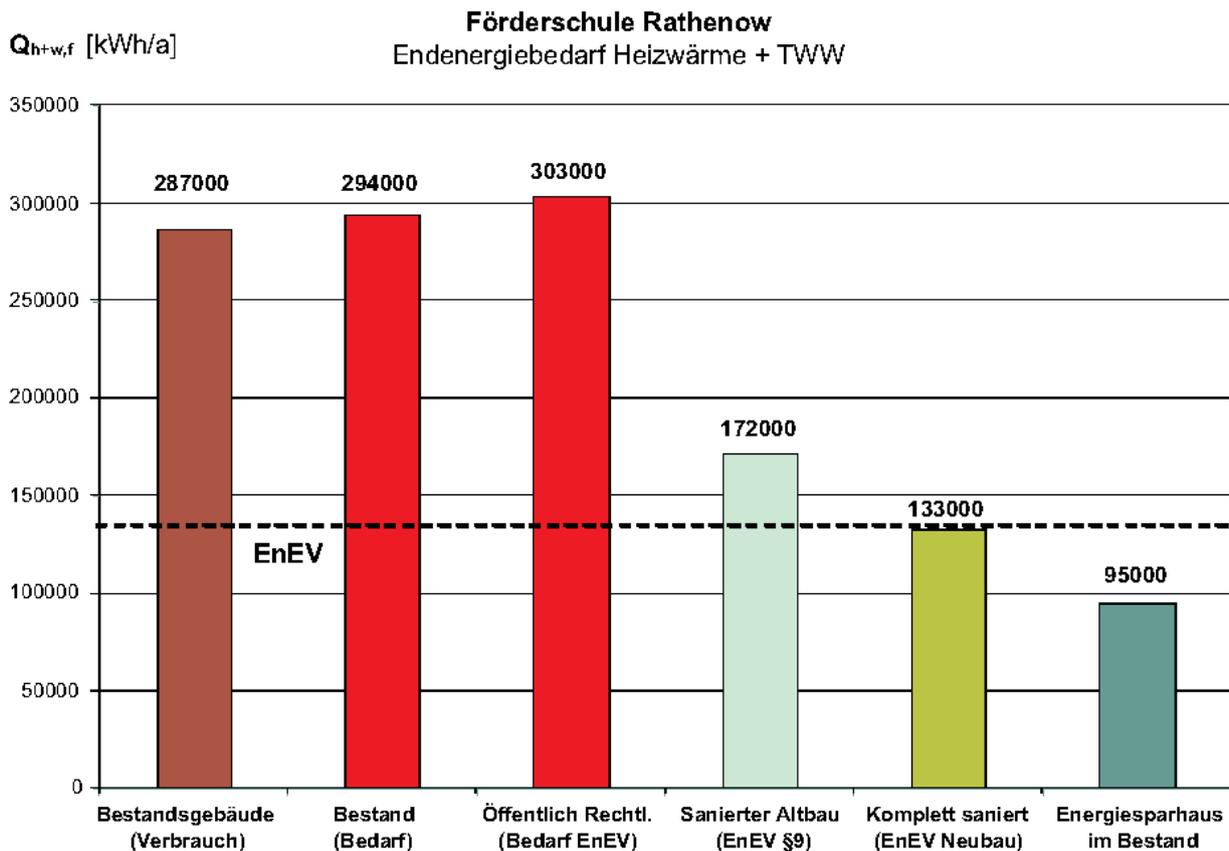


Bild 5. Heizenergieverbrauch und berechneter Endenergiebedarf für das Heizsystem inklusive Warmwasser
 Fig. 5. Heating energy consumption and calculated final energy demand for the heating system, including warm water

sätzliche Anreize für einfach umsetzbare, aber sehr effektive und gleichzeitig kostengünstige Sanierungsmaßnahmen geschaffen werden. Im Hinblick auf die auf uns zukommenden Aufgaben im Bereich des Klimaschutzes ist es gesamtwirtschaftlich und energiepolitisch betrachtet sinnvoll, möglichst viele Sanierungsprojekte kurzfristig in der Breite umzusetzen. Bei den bestehenden Schulgebäuden in Deutschland besteht hierfür insgesamt ein sehr großes Energieeinsparungspotential, welches möglichst umgehend genutzt werden sollte.

Literatur

- [1] DIN 18599:2007-02 Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung. Berlin: Beuth-Verlag, 2007.
- [2] Schriftenreihen des IEMB – Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e. V. an der Technischen Universität Berlin. www.iemb.de
- [3] *Cziesielski, E., Fouad, N., Vogdt, F.-U.*: Standsicherheit der Wohnbauten in Fertigteilbauweise in den neuen Bundeslän-

dern. Bauforschung für die Praxis Band 21, Fraunhofer IRB Verlag 1996.

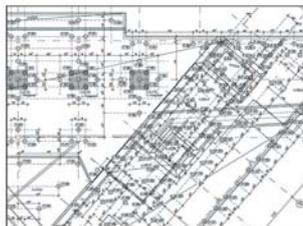
- [4] Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand vom 26. 07. 2007. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.
- [5] Forschungsbericht Lüftungsampel. FGK Fachinstitut Gebäude-Klima e. V.
- [6] DIN EN ISO 13370:1998-12 Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Wärmeübertragung über das Erdreich – Berechnungsverfahren. Berlin: Beuth-Verlag, 1998.

Autor dieses Beitrages:

Prof. Dr.-Ing. Stefan Himburg, 1994 bis 1999 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Allgemeiner Ingenieurbau unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr. E. Cziesielski an der TU Berlin, Promotion 1999. Seit 2001 Professor für Baukonstruktion und Bauphysik an der TFH Berlin, Luxemburger Straße 10, 13353 Berlin. Geschäftsführender Gesellschafter der LHT-Bauingenieure GmbH in Berlin.

LHT

LICHTENAU HIMBURG TEBARTH



BAUINGENIEURE GMBH

Kaiser-Friedrich-Straße 84
10585 Berlin

Telefon +49 (0)30 - 34 34 92 0
Telefax +49 (0)30 - 34 34 92 29
E-Mail office@LHT-Bauing.de
Web www.LHT-Bauing.de

Geschäftsführer:
Prof. Dr.-Ing. Stefan Himburg
Dipl.-Ing. Rens Lichtenau
Dipl.-Ing. Andreas Tebarth
Beratende Ingenieure

TRAGWERKSPLANUNG

KONSTRUKTION

BAUPHYSIK

GUTACHTEN