

Gebäude sanieren – Schule aus den fünfziger Jahren



- ▶ Heizenergiebedarf um 65% gesenkt
- ▶ Einfache Gebäudetechnik hat sich bewährt
- ▶ Abschnittsweise Sanierung bot Vorteile
- ▶ Brand- und Rauchschutz müssen von Anfang an in Lüftungsplanung integriert werden

Vor und nach der Sanierung: Die Käthe-Kollwitz-Schule in Aachen, genutzt als Berufskolleg

Typische Situation im Klassenzimmer: Während die einen über Zugluft-Erscheinungen klagen, fordern andere Frischluft. Die Verschattung, die im Sommer vor Blendung und eindringender Wärme schützen soll, macht den Raum so dunkel, dass das Licht eingeschaltet werden muss. Diese Bedingungen wirken nicht nur störend, ein Raumklima außerhalb des Komfortbereichs mindert erwiesenermaßen die Leistungsfähigkeit von Lehrern und Schülern. Der Versuch, angenehme Raumtemperaturen und gute Luftqualität in Klassenräumen zu erzielen, lässt vor allem im Winter den Energieverbrauch in die Höhe schnellen.

Eine umfassende Gebäudesanierung kann die Unterrichtsbedingungen entscheidend verbessern. Gleichzeitig senkt sie den Energieverbrauch, verhindert Bauschäden und entlastet damit langfristig den Haushalt des Schulträgers.

Da der Sanierungsbedarf bei Schulbauten in den nächsten Jahren enorm hoch ist – heute werden in Deutschland mehr Schulen saniert als neu gebaut – sind Vorbilder wichtig. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) unterstützte deshalb die beispielhafte

Sanierung einer Schule aus den fünfziger Jahren innerhalb des Förderkonzepts zur energetischen Verbesserung der Bausubstanz (EnSan). Ziel der Sanierungen im Rahmen von EnSan ist es, den Endenergieverbrauch für Heizung, Lüftung, Trinkwassererwärmung und Beleuchtung mindestens zu halbieren. Dabei ist der Stromverbrauch primärenergetisch zu bewerten.

Für das Schulgebäude des Aachener Berufskollegs wurden vor der Sanierung jährlich 187 kWh/m² für Heizung und Warmwasser verbraucht. Insgesamt ließen der bauliche Zustand und das Raumklima in den Klassenzimmern zu wünschen übrig. Besonders die Fenster waren erneuerungsbedürftig.

Die Sanierung erfolgte in drei Bauabschnitten jeweils vornehmlich in den Sommerferien, um den Schulbetrieb so wenig wie möglich zu stören. Ein umfangreiches Messprogramm begleitete die Maßnahmen. Der Vergleich verschiedener Lüftungsstrategien für Klassenräume war dabei ein Schwerpunkt der Betrachtung. Außerdem sollten Erfahrungen mit Gebäudeleittechnik für den Einsatz in Schulgebäuden ausgewertet werden.

► Die Schule

Die Käthe-Kollwitz-Schule wurde in den Jahren 1951 und 1955 im Aachener Stadtteil Burtscheid errichtet. Ihre Bruttogeschossfläche beträgt 8.737 m². Das Gebäude hat zwei, in Teilbereichen drei Vollgeschosse und ist größtenteils unterkellert. Der Raum unter dem Satteldach ist nicht genutzt. Ein durchschnittliches Klassenzimmer hat 55 m² und ist für 20 Schüler ausgelegt.

Form und Baukonstruktion sind typisch für die Entstehungszeit. Ein Wechselspiel aus Lochfassade und horizontal gegliederter Fassade bestimmt das Erscheinungsbild. Mit einem Fensterflächenanteil von ca. 67% sind die Fassaden der Schule großzügig

Abb 2: Grundriss mit Darstellung der Bauabschnitte

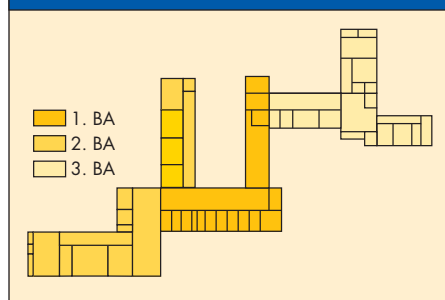


Abb 3: Ausgangszustand und Sanierungsziele

	vor Sanierung		nach Sanierung	
U-Wert Außenwand (Heizkörpernischen)	ungedämmt	1,26 bis 1,56 W/m ² K (2,6 W/m ² K)	Wärmedämmverbundsystem bzw. Vorhangfassade mit je 12 cm Dämmung	0,24 W/m ² K
U-Wert Fenster	Einfachverglasung in Holzrahmen	5,2 W/m ² K	Wärmeschutzverglasung in Holz-Aluminium-Rahmen	1,3 W/m ² K
U-Wert oberste Geschossdecke	ungedämmt	1,7 W/m ² K	20 cm Zellulose-Schüttung	0,18 W/m ² K
Heizung	Zweikessel-Anlage (Gas)	2 x 500 kW	Fernwärme aus KWK	550 kW (Anschlussleist.)
Warmwasserbereitung	2 Speicher	2 x 1.000 l	1 Speicher einzelne 5-l-Untertischgeräte bzw. Durchlauferhitzer	300 l
Strombedarf* (Endenergie)	17,7 kWh/m ² a (2001)		15,4 kWh/m ² a	
Heizenergiebedarf* (Endenergie)	187 kWh/m ² a		66 kWh/m ² a	
Primärenergiebedarf für Beheizung*	205 kWh/m ² a (Primärenergiefaktor Gas 1,1)		48 kWh/m ² a (Primärenergiefaktor Fernwärme 0,733)	

* bezogen auf BGF

verglast. Die Außenwände sind einschalig aus 36,5 bzw. 49 cm Ziegeln gemauert, außen zum Teil als Sichtmauerwerk ausgeführt, die Innenseite ist verputzt. Im Bereich von Heizkörpernischen sind die Wände lediglich 14 cm stark.

Bei der Käthe-Kollwitz-Schule handelt es

sich um ein Berufskolleg mit 2.200 Schülern und 85 Lehrern. Ausgebildet wird in Fächern wie Hauswirtschaft, Gastronomie und Sozialwesen, entsprechend gibt es im Gebäude auch Lehrküchen und eine Wäscherei. Dies wirkt sich auf den Energieverbrauch aus.

► Gebäudehülle

Bei der Sanierung wurde die Kombination aus zwei verschiedenen Fassadenstrukturen beibehalten und modern interpretiert. Nun wechseln sich Bereiche mit Wärmedämmverbundsystem und Fassaden aus vorgehängten Ziegelementen ab. Sie sind mit jeweils 12 cm gedämmt. Eine Wärmeschutzverglasung in Holz-Aluminium-Rahmen ersetzt die ursprünglichen, einfach verglasten Holzfenster.

Weder das Dach noch die oberste Geschossdecke waren wärmegeklämt. Hier kam bei

der Sanierung eine 20 cm starke Zellulose-schüttung zum Einsatz. Wärmebrücken im Bereich des Sparrenauflegers wurden saniert.

Im ersten Bauabschnitt wurde im bisher ebenfalls ungedämmten Kellergeschoss die Kellerdecke gedämmt, in Bereichen mit Innenraumtemperaturen von 20°C erfolgte zum Teil eine Innendämmung der Kellerwände. Im zweiten und dritten Bauabschnitt wurde hier auf Dämmmaßnahmen verzichtet. Teils aus baulich-konstruktiven

Gründen, teils aus Kosten-Nutzen-Erwägungen wurden auch einige Wärmebrücken bewusst in Kauf genommen: so blieb beispielsweise der Sockelbereich ungedämmt und an der 4 bis 5 cm starken Wärmedämmung der nicht unterkellerten Bereichen wurde nichts geändert.

Blower-door-Tests nach der Sanierung ergaben Werte zwischen 0,84 /h und 2,4 /h. Ursache hierfür sind kleinere Leckagen in den Fenstern sowie interne Leckageströme, z.B. über Technik-Kriechkanäle.

► Heizung

Die vorhandene gasbetriebene Zweikesselanlage mit einer Nennleistung von je 500 kW entsprach zwar dem Stand der Technik, eine effiziente Regelung der Anlage sowie ein hydraulischer Abgleich war auf Grund des vorliegenden Einrohr-Heizsystems mit Bypass aber nicht oder nur schwerlich möglich. Da der Standort in einem Kurgebiet als Fern-

wärmevorranggebiet ausgewiesen ist, entschloss man sich, die Wärmeversorgung umzustellen. Bereits im ersten Bauabschnitt wurde das gesamte Gebäude an Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung angeschlossen. Heizkreisverteiler, Pumpentechnik und die zentrale Regelungstechnik wurden erneuert. Das Rohrleitungsnetz wurde von einem

Ein- auf ein Zweirohrsystem umgerüstet. Dabei konnten überwiegend alte Leitungsstränge weitergenutzt werden, was die Kosten senkte. Ca. 40% der Rippenheizkörper konnten infolge des reduzierten Wärmebedarfs demontiert werden.

► Warmwasser

Den Warmwasserbedarf des gesamten Gebäudes deckten ursprünglich zwei 1.000-Liter-Speicher. Allerdings waren die Zirkulationsverluste im weit verzweigten, teilweise

nicht mehr genutzten Leitungsnetz enorm hoch. Die Speichergröße wurde drastisch reduziert (300 l). Das Warmwassernetz wurde für die Küchenbereiche neu verlegt, das

vorhandene Netz stillgelegt. In Einzelfällen wurden Untertischgeräte oder Durchlauferhitzer ergänzt.

► Lüftung

Die richtige Lüftungsstrategie für Schulen wird unter Fachleuten – auch international – kontrovers diskutiert (vgl.: IEA ECBCS Annex 36 – Energetische Sanierung von Bildungsgebäuden, www.annex36.de).

Bei der Käthe-Kollwitz-Schule wurden im Zuge der Sanierung verschiedene Lüftungssysteme mit und ohne Wärmerückgewinnung in den Klassenräumen installiert. Ursprünglich waren lediglich die Küchen mit einer Lüftungsanlage ausgestattet.

Nachdem während der Ausführung des zweiten Bauabschnitts das Planungsteam wechselte, wurde das Lüftungskonzept hinterfragt. Im 3. Bauabschnitt wurde an Stelle einer raumweisen Zuordnung eine zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung für ein Gebäudeteil eingebaut. Auch die Regelung wurde verändert: sie erfolgt nur in Abhängigkeit von der Anwesenheit nicht von der Luftqualität wie in den vorherigen Bauabschnitten.

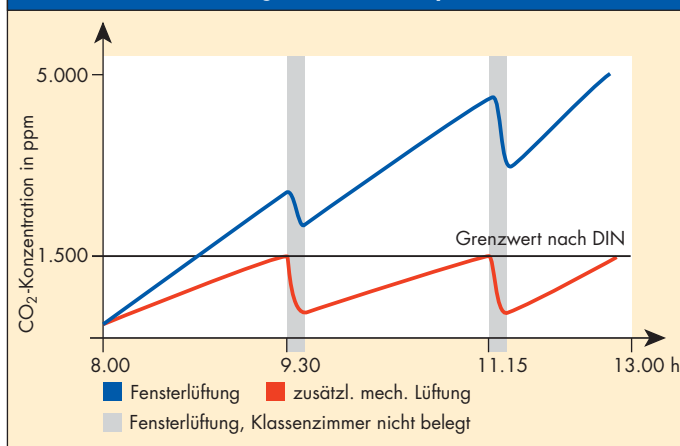
Für den Einsatz von Lüftungsgeräten in Klassenräumen nennt die DIN 1946-2 als Grenzwert der Kohlendioxidkonzentration 1.500 ppm und fordert einen Volumenstrom von 30 m³/h pro Person. In mehreren Klassenräumen durchgeführte Kurzzeitmessungen ergaben bei reiner Fensterlüftung CO₂-Konzentrationen von bis zu 5.000 ppm. Bei mechanischer Be- und Entlüftung mit 16-17 m³/h pro Person – in Verbindung mit Stoßlüftung über alle Fenster in den Pausen – wurde ein CO₂-Gehalt von 1.500 ppm nie überschritten.

Eine allgemeine Empfehlung zur richtigen Lüftungsstrategie für Bildungsgebäude kann erst nach der Querauswertung der EnSan-Vorhaben erfolgen (www.EnSan.de).

Als ein Knackpunkt bei der Lüftungsplanung haben sich die verschärften Anforderungen des Brand- und Rauchschutzes erwiesen. In einigen Bereichen der ersten Bauabschnitte mussten Rauchmelder nachgerüstet werden.

Um Prüf- und Wartungskosten zu minimieren, sollten Lüftungsanlagen so konzipiert werden, dass durch geschickte Anordnung und bauliche Integration der Lüftungskomponenten die Anzahl wartungspflichtiger technischer Komponenten minimiert wird.

Abb 4: Qualitativer Vergleich des Kohlendioxidgehalts der Raumluft bei Fensterlüftung in den Pausen sowie bei zusätzlicher Be- und Entlüftung mit 16-17 m³/h pro Person



Die Lüftungsampel



Der Einsatz einer Lüftungsampel ist für Räume sinnvoll, die nur über die Fenster belüftet werden. Sie hilft ohne weitere technische Maßnahmen, die Raumluftqualität zu kontrollieren. Da Menschen sich an Gerüche gewöhnen, signalisiert sie die Raumluftqualität über 7 Leuchtdioden. Sobald sich die Raumluftqualität so verschlechtert, dass eine voreingestellte Schaltgrenze überschritten ist, leuchtet die nächste Diode. Leuchtet die mittlere Diode auf, sollte gelüftet werden.

Die Lüftungsampel wurde im Rahmen eines anderen Forschungsvorhabens entwickelt (Förderkennzeichen 0329795 A-E, Firma ETR, vgl. BINE-Projekt-Info 1/01) und in der Käthe-Kollwitz-Schule getestet. Im Zuge des Projektes wurden geeignete Schaltgrenzen für Klassenräume ermittelt. Die Stadt Aachen setzt seitdem 40 dieser Lüftungsampeln in anderen Schulen ein.

Abb 5: Entwicklung des Heizenergiebedarfs im Zuge der Sanierung

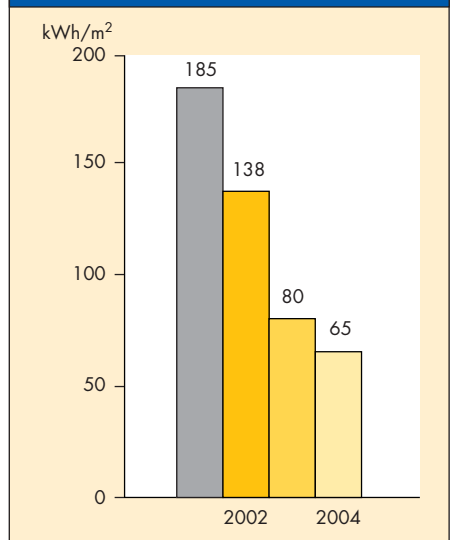
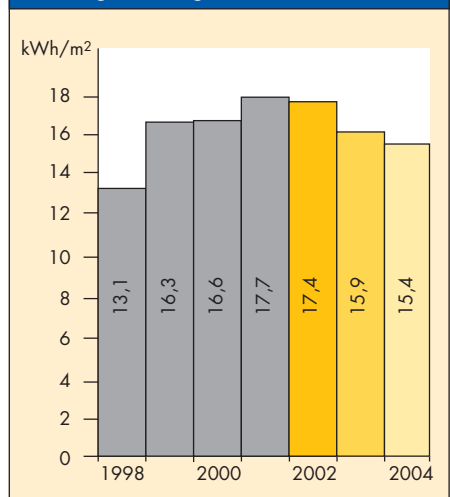


Abb 6: Entwicklung des Stromverbrauchs: Die stetige Steigerung bis 2001 wurde durch die Sanierungsmaßnahmen abgefangen. Einsparungen erfolgten durch Austausch der Beleuchtung sowie Reduktion der Hilfsenergien für die Heizung bei gleichzeitig kürzeren Laufzeiten.



► Regelung

In den ersten beiden Bauabschnitten wurde eine dezentrale Einzelraumregelungstechnik auf LON-Basis (Local Operating Network) für die Beheizung, Beleuchtung und Lüftung eingesetzt. Fensterkontakte bewirken, dass beim Öffnen der Fenster die mechanische Lüftungsanlage und die Heizkörper abgeschaltet werden. Wenn der Raum nicht benutzt wird, sorgen Anwesenheitsmelder dafür, dass die Heizkörper gedrosselt sowie Lüftung und Beleuchtung abgeschaltet werden. Ein Helligkeitssensor passt die Beleuchtung an. Die Einzelraumregelung erfasst außerdem für die sanierungsbegleitende Messung Temperatur und Luftqualität sowie den Energieverbrauch von Heizung, Lüftung und Licht. Die LON-Technologie wurde auch gewählt, um auf die Daten zur Archivierung und Auswertung über Modem zugreifen zu können.

Die Nutzung dieser Technologie gestaltete sich allerdings äußerst schwierig: Einerseits durch die vielen an der Planung und Ausführung Beteiligten, andererseits durch Schnittstellenprobleme zwischen konventioneller Regeltechnik und LON. In vielen Fällen wurden Messdaten fehlerhaft übertragen: Umrechnungsfaktoren wurden vergessen, falsche Bezüge hergestellt etc. Die Koordination, Fehlersuche als auch Behebung waren aufwändig. Im letzten Bauabschnitt wurde daher auf die Kombination mit LON verzichtet zu Gunsten einer einfachen und funktionalen Standard-Gebäudeleittechnik: sie regelt präsenzabhängig Lüftung und Heizung. Zusätzlich wird der Energieverbrauch für Wärme und Strom der Heizung und Lüftung sowie für den Strom für die Beleuchtung gemessen.

► Beleuchtung

Die Beleuchtungsanlage war in großen Teilen veraltet. In einigen Klassenräumen waren noch freistrahkende Leuchtstoffröhren mit 71 W je Leuchte installiert. 60% der Klassenräume erreichten nicht die nach DIN 5035 geforderten 300 lux horizontale Beleuchtungsstärke. Bei vorausgegangenen Modernisierungen wurden die Möglichkeiten zur Energieeinsparung ungenutzt gelassen. Deshalb wurde die Beleuchtung in allen Unterrichtsräumen und in den Fluren durch Spiegelrasterleuchten mit elektronischen, dimmbaren Vorschaltgeräten (35 W) ersetzt, die größtenteils tageslichtabhängig geregelt werden. Der Stromverbrauch für die Beleuchtung halbierte sich dadurch fast.

► Erfahrungen

Die Untersuchung verschiedener Lüftungsstrategien mit mechanischen Lüftungsanlagen hat ergeben, dass der nach DIN geforderte Außenluftvolumenstrom von 30 m³/h pro Person für die Belüftung von Klassenräumen eher hoch angesetzt ist. Schon mit einer Luftmenge von 17 m³/h pro Schüler in Verbindung mit Pausenlüftung ließ sich eine gute Raumluftqualität in Klassenräumen erreichen. Folgt man diesen Erfahrungswerten, sinkt der Stromverbrauch, auch könnte die Lüftungsanlage von vornherein kleiner dimensioniert werden. Der Bauherr muss allerdings mit einer von den Vorgaben der DIN abweichenden Ausführung einverstanden sein.

Der Einsatz von LON-Komponenten in Verbindung mit einer Standard-Gebäude-technik erwies sich als kostenintensiv und sehr anfällig für Fehler. Vergleichsweise einfache regelungstechnische Aufgaben, wie sie in Schulen auftreten, sollten mit entsprechend einfacher Technik gelöst werden. Wichtig ist in jedem Fall eine Betriebskontrolle. Diese sollte anfangs ausführlich und später stichprobenartig stattfinden.

Insgesamt hat die Sanierung den Endenergiebedarf für Raumwärme, Warmwasserbereitung und Lüftung um 65% gesenkt. Dem stetigen Anstieg des Stromverbrauchs durch eine bessere Auslastung der Schule sowie die Ausstattung mit Computern konnte mit stromsparenden Maßnahmen entgegengewirkt werden (Senkung um 10%). Gleichzeitig hat die Sanierung das Gesamtbild der Schule erheblich verbessert. Die Kosten beliefen sich auf ca. 2,8 Mio. EUR.

Die Durchführung in mehreren Bauabschnitten mit jeweils einem Jahr Abstand bot die Möglichkeit, aus den Erfahrungen zu lernen. Beispielsweise konnte mit Hilfe von Thermografieaufnahmen der Fenster des 1. Bauabschnitts eine bessere Ausführung in der Folge bewirkt werden. Der enge Zeitrahmen für die Baumaßnahmen (Sommerferien) hatte den Nachteil, dass die Einregelung im laufenden Betrieb stattfinden musste, was auf Unmut bei den Nutzern stieß. Problematisch war weiterhin, dass das Planungsteam während der Umsetzung des zweiten Bauabschnitts wechselte.

Eine Integration der Schüler und Lehrer in die Maßnahme „Energieeinsparung“ konnte nicht wie gewünscht erfolgen. Ursache ist im Wesentlichen die besondere Konstellation dieses Berufskollegs: die Schüler sind nur jeweils eineinhalb Tage pro Woche anwesend, dementsprechend identifizieren sie sich weniger mit der Schule. Außerdem sieht der Lehrplan nur wenig naturwissenschaftlichen Unterricht vor, der sich für eine Einbeziehung der Energiethematik besonders anböte.

► PROJEKTADRESSEN

- Käthe-Kollwitz-Schule
Berufskolleg der Stadt Aachen
Bayernallee 6, 52066 Aachen
- Stadt Aachen
Eigenbetrieb Gebäudemanagement
Martin Lambertz
Lagerhausstr. 20, 52058 Aachen
www.aachen.de

Begleitforschung

- INCO Ingenieurbüro
Martin Klima
Alexanderstr. 69-71, 52062 Aachen
www.ib-inc0.de
- Büro Casa (Contor für
Architektur & Stadtplanung)
Prof. Fred Ranft
Gottfriedstr. 16, 52062 Aachen

► ERGÄNZENDE INFORMATIONEN

Service

- Dieses Projektinfo gibt es auch als online-Dokument unter www.bine.info im Bereich Publikationen/Projektinfos. In der Rubrik „Service“ finden Sie ergänzende Informationen wie weitere Projektadressen und Links.
- Aktuelle Informationen über das EnSan-Verbundprojekt und Daten weiterer Demonstrationsgebäude finden Sie unter www.enob.info/de/forschungsfelder/ensan

PROJEKTORGANISATION

- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)
11019 Berlin

Projekträger Jülich
Forschungszentrum Jülich GmbH
Markus Kratz
52425 Jülich

- Förderkennzeichen
0329750E

IMPRESSUM

- ISSN
0937 – 8367

- Herausgeber
FIZ Karlsruhe
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

- Nachdruck
Nachdruck des Textes nur zulässig bei vollständiger Quellenangabe und gegen Zusendung eines Belegexemplares; Nachdruck der Abbildungen nur mit Zustimmung der jeweils Berechtigten.

- Autorin
Dorothee Gintars

- unveränderter Nachdruck
Projektorganisation: Adressen aktualisiert

BINE Informationsdienst Energieforschung für die Praxis

BINE Informationsdienst berichtet zu Energieeffizienztechnologien und Erneuerbaren Energien.

In kostenfreien Broschüren, unter www.bine.info und per Newsletter zeigt die BINE-Redaktion, wie sich gute Forschungsideen in der Praxis bewähren.

BINE Informationsdienst ist ein Service von FIZ Karlsruhe und wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gefördert.

Kontakt

Haben Sie Fragen zu diesem **projektinfo**?
Wir helfen Ihnen weiter:

Tel. 0228 92379-44



FIZ Karlsruhe, Büro Bonn
Kaiserstraße 185 – 197
53113 Bonn

kontakt@bine.info
www.bine.info