



Das Hauptgebäude steht auf der östlichen Grundstücksgrenze. In ihm befand sich auch der Heizraum.

Denkmalgeschützte Schule in Fornsbach von 1912 mit Zubauten von 1970

Mehr Energieeffizienz durch neue Steuerung und Spülbohrung

Die Energieeffizienz der denkmalgeschützten Schule in Fornsbach ist mit geringen Investitionen erheblich verbessert und die Schimmelgefahr reduziert worden. Durch die Führungsgrößen CO₂ und Temperatur kann die Heizanlage nun fein gesteuert werden. Als wichtigste Maßnahmen wurden die Gebäude mittels einer Spülbohrung unter dem Asphalt an ein bestehendes Nahwärmenetz angeschlossen und 250 Meter alte Leitung ausgebaut. Zudem wurden die typischen Schwachstellen saniert.

Das Hauptgebäude der Montessorischule im schwäbischen Fornsbach, einem Stadtteil von Murrhardt, wurde 1912 erbaut. Es ist heute denkmalgeschützt. 1970 wurde es um einen Erweiterungsbau mit Kindergarten und Aula ergänzt. Je vier Klassenräume befinden sich im Hauptgebäude, vier im Erweiterungsbau. Alle Gebäudeteile wurden über eine Zentralheizung im Hauptgebäude versorgt. 1989 wurde die Heizung erneuert und zwei Gasbrenner mit einer Leistung von je 45 bis 111 Kilowatt eingebaut. Sie versorgen die Nach-

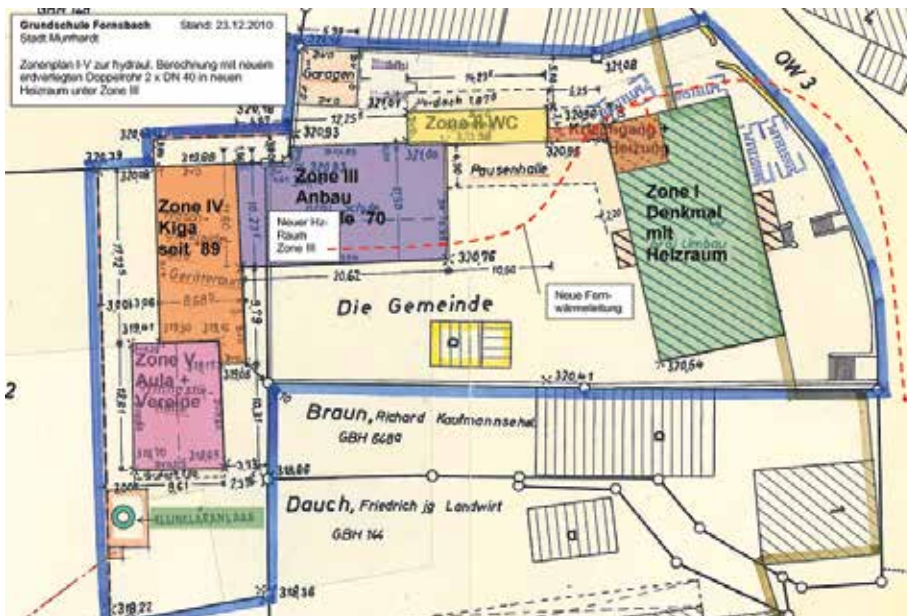
bargebäude über Leitungen, die in einem langen Kriechkeller unter dem gesamten Gebäudekomplex geführt wurden.

Im Rahmen des kommunalen Förderprogramms für Energieausweise hatte der örtliche Energieversorger 2010 das Ingenieurbüro Bau Plusenergie beauftragt, Verbrauchs- und Bedarfsausweise für die Schule, ihre Aula sowie den Zwischenbau mit der Kita zu erstellen. Ziel der Untersuchung war, die Anlagentechnik zu überprüfen und Schwachstellen aufzudecken.

Durch Raumluftmessungen, Schimmelanalyse und eine Nutzerbefragung wurden unter anderem auch baubiologische Aspekte untersucht. Die Verbrauchsdaten wurden analysiert, umfangreiche Thermografien erstellt und das hydraulische Netz berechnet.

Schwachstellen denkmalgeschütztes Schulgebäude analysiert

Die Analysen ergaben, dass die alten Pumpen mit einer Gesamtleistung von



Im Laufe der Jahre wurden viele Gebäude angebaut. Die neue Heizleitung schließt das Hauptgebäude und den neuen Heizraum im Zwischenbau an.

über 1200 Watt 40 Prozent des Gesamtstroms verbrauchten. Die vorhandene Heizungsverteilung samt Pumpen war überdimensioniert und damit höchst unwirtschaftlich. Die Heizanlage konnte außerdem nicht mehr gesteuert werden. So funktionierte etwa die Nachtabsenkung nicht mehr. Auch tagsüber waren manche Räume abgeschaltet worden, sodass die Lehrer Handventile eingebaut hatten. Die computergestützte Steuerung war so veraltet, dass sie niemand mehr bedienen konnte. Zudem wies die Luftdichtheitsbeziehungsweise Dämmebene zum ausgebauten Dachbereich viele Fehlstellen auf. Durch Heizungsleitungen und Luftundichtheiten zum Dachgeschoss kam es dort zu Verlusten. Die Leitungsdämmung in den abgehängten Decken war meist

unzureichend. Die vor 1995 eingebauten Leitungs- und Wärmedämmungen aus Mineralfasern waren in allen Bereichen potenziell kanzerogen (Kanzerogenitätsindex 6,4). Einige Dichtungen der Fenster und Türen waren schadhafte. Wärmebrücken fanden sich beim Anschluss der Geschossdecken meist wegen einer ungenügenden Dämmung in den Zwischendecken und typischerweise an den Gebäudeecken und Kanten. Der Elektrocheck des beauftragten Meisterbetriebs ergab zu hohe Widerstän-

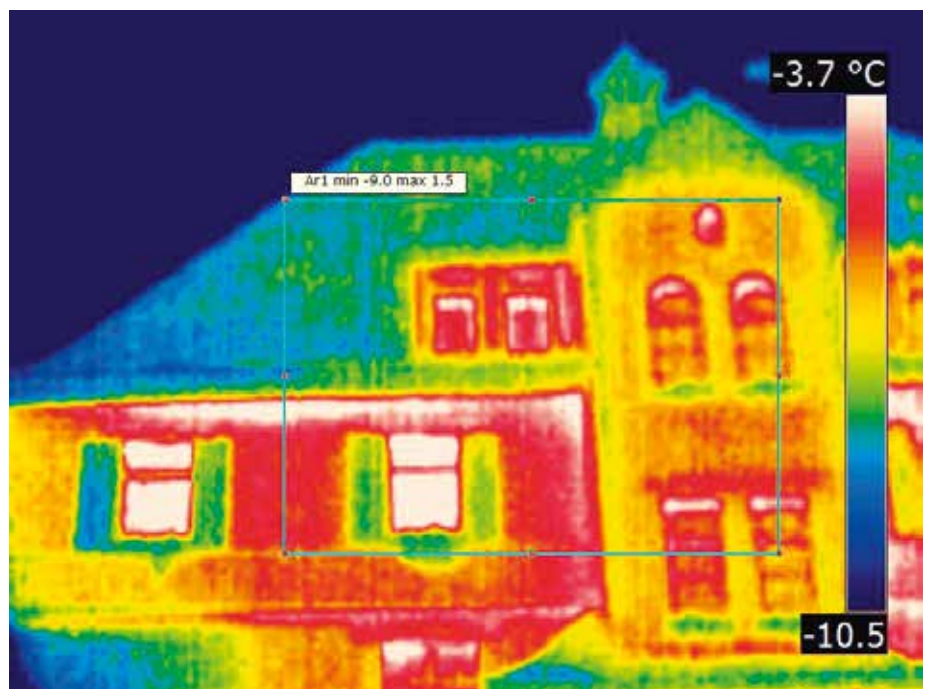
de durch zu lange Leitungen. Teilweise waren noch PCB-haltige Starter für die Leuchtstoffröhren vorhanden. Auch der Brandschutz war ungenügend. Praktisch alle Durchdringungen und die Deckendurchbrüche nahezu aller nachträglicher Sanitär-, Heizungs- und Elektroarbeiten waren mangelhaft ausgeführt worden. Jegliche Brandabschottung fehlte.

Schwachstellen sind Erweiterungsbau und Aula

Die Anlagentechnik von 1970 war überdimensioniert und wartungsintensiv. Die Wärmedämmung des langen Rohrnetzes war zwar teilweise nachgebessert worden, aber insgesamt mangelhaft. Die Versorgungsleitungen vom Schulgebäude zu den jüngeren Bauten überheizten den Kriechkeller und führten seit Jahrzehnten zu erheblichen Wärmeverlusten. Die südliche Gebäudeseite des Zwischenbaus und des Kindergartens waren in den letzten Jahren bereits mit Wärmeschutzfenstern ausgestattet worden. Schwachstellen waren die nördliche, einfach verglaste Glasfront und die Türen mit Drahtglas sowie die in der Außenwand eingebauten Wärmeverteilungen. Typische Wärmebrücken fanden sich an den Gebäudeecken und Betonteilen sowie beim Anschluss der Geschossdecken. Mit Fragebögen der sozialwissenschaftlichen Begleitforschung des Projekts „Energieeffiziente Schule“ in und



Die Montessorischule wurde 1912 erbaut und steht heute unter Denkmalschutz.



Undichtigkeiten und Heizleitungen in der Fassade sorgen für Verluste.

um Ulm wurden auch Lehrerinnen und Lehrer zu Raumklima, Lüftung, Heizung und Energiesparmaßnahmen befragt. Vor allem eine ungenügende Steuerungsmöglichkeit wurde dabei festgestellt. Die Heizkörper von 1970 ließen sich nur mit Handrädern regeln und verschwendeten so viel Energie. Sämtliche Abwasserleitungen waren stark korrodiert. Dies wies auf mangelhafte Erdung der elektrischen Anlage hin.

Grundlegende Maßnahmen

Das Büro des Energieberaters, das die Energieausweise erstellt hatte, wurde innerhalb des Konjunkturprogramms II mit der Planung der Sanierung beauftragt. Dabei setzte es die „Stuttgarter Leitlinien für die energieeffiziente Schulsanierung“ (www.zukunftstraum-schule.de) integral um. Nach ersten Berechnungen hätte eine umfassende Sanierung mindestens 450.000 Euro gekostet. Da das Budget nur 175.000 Euro betrug, wurden die Maßnahmen in der Reihenfolge ihrer Wirtschaftlichkeit umgesetzt. Zuerst wurden grobe offensichtliche Mängel behoben und die Sicherheit, vor allem der elektrischen Anlage, wiederhergestellt. Das Büro empfahl dann keinen Vollwärmeschutz, „vor allem wegen der Mängel durch die zwar üblichen aber leider noch nicht langfristig bewährten Wärmedämm-Verbundsysteme mit Dünnputzspachtelung und kunststoffhaltigen Fassadenfarben, die zudem noch



Südansicht der Aula mit Isolierverglasung in Alurahmen von 1970

mit grundwasserbelastenden Fungiziden ausgestattet sind“. Vor einer weiteren Erhöhung der Luftdichtheit wurde ausdrücklich gewarnt.

Bessere Regelung

Die vorhandene Regelung wurde demonstriert, die Ventiloberteile der Heizkörper erneuert und eine neue zentrale Heizungssteuerung eingebaut. Die Steuerung

hat eine einfache Bedienoberfläche. Komfortable zusätzliche Wärme bringen nun drei einfache Klicks im Lehrerzimmer, von dem aus jeder Raum individuell eingestellt werden kann. Zum Einsatz kam ein offen programmierbarer Industrie-Bus, der auf das Nutzerprofil eines Schulgebäudes angepasst wurde. Führungsgrößen sind CO₂ und die Außen- und Raumtemperatur. So kann die Heizanlage sehr fein gesteuert werden. Sobald die CO₂-Konzentration fällt, fährt die Heizung um 3 Kelvin herunter. In den Klassenräumen arbeiten die CO₂-Sensoren als Präsenzmelder und senken automatisch die Raumtemperatur um 3 K ab, wenn der Unterricht kurzentschlossen in den Pausenhof oder an den nahen Waldsee verlegt wird, sowie im Falle offener Fenster.

Zwillings-Nahwärmeleitung

Die Berechnungen des hydraulischen Systems und der Rohrleitungsverluste brachte Klarheit: Rund 25 Prozent der Heizenergie verpuffen im Kriechkeller. Die insgesamt mangelhafte Wärmedämmung des bestehenden Rohrnetzes führte zu über 20 Kilowatt an Leitungsverlusten. Deshalb wurden 250 Meter ausgebaut und durch 35 Meter Zwillings-Nahwärmeleitung ersetzt. Beim Ausbau der kanzerogenen Mineralfasern wurden persönliche Schutzausstattungen mit Mundschutz verwendet. Die Arbeitsbereiche wurden abschließend feingerei-



Wie alle Zubauten wurde auch der Kindergarten durch Leitungen versorgt, die in einem unterirdischen Kriechkeller geführt wurden.



Die Zwilling-Heizungsanlage mit einer Leistung von je 45 bis 111 Kilowatt für alle Gebäude wurde ausgebaut.

nigt, das ausgebaute Material geordnet entsorgt. Die vorhandenen Gas-Heizkessel wiesen erstaunlich gute Abgaswerte auf und fanden deshalb in anderen städtischen Gebäuden Wiederverwendung. Ursprünglich schlug das Büro als Ersatz für die Heizkessel ein Blockheizkraftwerk vor. Die Gemeinde und die Stadtwerke favorisierten jedoch den Anschluss an ihr bestehendes Wärmenetz. Dadurch verbessert sich die Auslastung des vorhandenen Hauptwärmeerzeugers, eine Hackschnitzelanlage. Mit einer horizontalen Spülbohrung unter dem Asphalt wurde der neue Heizraum im Mittelpunkt des Erweiterungsbaus angeschlossen. Ein zweiter Einspeisepunkt mit solarem Pufferspeicher und dezentraler Trinkwasser-

bereitung optimiert die Verteilung. Die neuen Hocheffizienzpumpen verbrauchen im Mittel 6 mal 20 Watt – ein Zehntel der alten Leistung. Durch sie können nun alle Zonen separat abgesenkt werden.

Neue Stromversorgung

Auch die Stromversorgung wurde modernisiert. Die Hauptversorgungsstränge wurden teilweise ausgetauscht, der Hauptzählerplatz ins Zentrum versetzt und LAN-Datenetze eingebaut. Die Wechselrichter und Leitungslängen der Photovoltaikanlage wurden optimiert, sodass nun die Brandschutzanforderungen erfüllt sind und sich der Jahresertrag um 4 Prozent erhöhte.

Feuchtemanagement

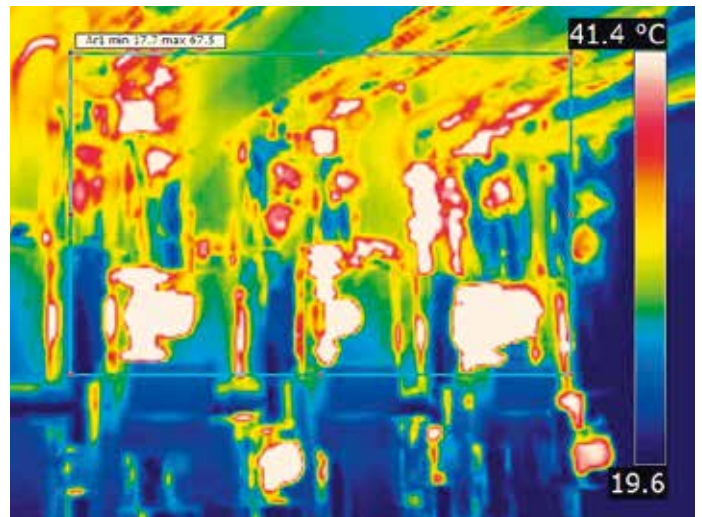
Alle Einfachverglasungen wurden durch hochwertige Holz-Aluminium-Fenster mit Dreifachverglasungen ausgetauscht. Einen Wechsel der verbliebenen doppelverglasten Fenster empfahlen die Planer nicht. Sie warnen nachdrücklich vor einer weiteren Reduzierung der Fugenlüftung, auch um Schimmelbefall vorzubeugen. An einigen Stellen wurde die Taupunkttemperatur bereits unterschritten, sodass es in kritischen Situationen zu Tauwasserausfall gekommen war. Um dem entgegenzusteuern, wurden Fensterfalzlüfter nachgerüstet.

Weitere Maßnahmen Schulgebäude

Die neue Wärmezentrale reduziert erheblich die Zirkulationsverluste. Durch eine Ringleitung zur neuen Frischwasserstation wird eine legionellenfreie Warmwasserversorgung gesichert. Die Tür- und Fensterelemente im Unter- und Erdgeschoss erhielten neue Dichtungen. Durch den Einsatz eines Industrie-Bus-Systems konnte die Steuerleitung für die Temperaturfühler in den Einzelräumen zur Ventilsteuerung komplett wiederverwendet werden. Alle Heizkörper im Hauptgebäude wurden mit kostengünstigen und wartungsfreien Stellantrieben, ohne viel Schmutz, im laufenden Betrieb ausgestattet. In jedem Stockwerk wurden zusätzlich neue Intranet-Ringleitungen durch die Aufenthaltsräume verlegt. Die Steuereinheit ist einfach vom Lehrerzimmer aus



Die Pumpen hatten eine Leistung von rund 700 Watt ...



... und schlecht gedämmte Armaturen.

zu bedienen. So kann jeder Raum nach Bedarf gesteuert werden.

Ausbaupotenzial

Leider reichten die vorhandenen Mittel nicht aus, Zwischengebäude und Aula wie detailliert ausgearbeitet zu optimieren. Die Aula ist immer noch energetisch ineffizient und könnte erneuerbar optimiert werden. Aus Budgetgründen wurden folgende Investitionen verschoben: eine kontrollierte Lüftung im Erweiterungsbau, solargeführte Jalousien und Beleuchtung in Abhängigkeit der Raumnutzung (hier wurde allerdings die komplette Grundinstallation mit vorbereitet) und eine zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung im umgenutzten Kellerraum. Allerdings wurden sogenannte Lüftungsampeln in den Klassenräumen und dem Treppenhaus eingebaut. Sie zeigen in allen Klassenzimmern und dem Sekretariat die CO₂-Konzentration und warnen optisch bei schlechter Luftqualität. Es bleibt zu hoffen, dass die öffentliche Hand bei der Realisierung solcher kostenoptimierter, nachhaltiger Projekte in Zukunft weiter unterstützt wird.

Kosten und Nutzen

Bisher wurden nur die effizientesten Maßnahmen ausgeführt. Mit sehr guter Kosten-Nutzen-Relation. Durch die gute Zusammenarbeit der Stadt, den Stadtwerken, dem Energieversorger, der Schulleitung



Die eigentlich nicht erforderliche Ladepumpe nahm konstante 140 Watt auf. Eine hydraulische Weiche war nicht vorhanden.

und den Planern wurde mit einem Drittel des eigentlich nötigen Budgets die Energieverbräuche halbiert. 2012 konnten 50 Prozent echte Energieeinsparung und 50 Prozent Stromeinsparung gegenüber den durchschnittlichen Verbrauchswerten vor der Sanierung realisiert werden. Durch den Einsatz von Hackschnitzeln statt Gas sind die CO₂-Emissionen um 80 Prozent zurückgegangen. Die Kosten fielen um ein Drittel, da

die Nahwärme etwas teurer als die Flüssiggasversorgung ist und vor allem die Stromkosten stark gestiegen sind. Als positiver Nebeneffekt der Verlängerung der Nahwärmeleitung sind inzwischen zehn weitere städtische und private Verbraucher an diese angeschlossen.

*Achim Pilz
Fachjournalist
www.bau-satz.net*

Baudaten

Ensemble Fornsbach:	Nettogrundfläche gesamt: 2224 Quadratmeter
Hauptgebäude:	Baujahr: 1912 Nettogrundfläche: 1.174 Quadratmeter
Gebäudeteil Aula:	Baujahr: 1970 Nettogrundfläche: 147 Quadratmeter
Gebäudeteil Zwischenbau und Kindergarten:	Baujahr: 1970 Nettogrundfläche: 632 Quadratmeter
Heizenergieverbrauchskennwert gesamt:	alt: 138,1 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr (kWh/m ² a) neu: 67,19 kWh/m ² a
Primärenergieverbrauchskennwert gesamt:	alt: 154,7 kWh/m ² a neu: 26,03 kWh/m ² a
Stromverbrauchskennwert gesamt:	alt: 7,8 kWh/m ² a neu: 3,9 kWh/m ²
Bussystem:	Phoenix Contact
Programmierung und Anlagenoptimierung:	Ingenieurbüro Michael Heiser, www.mhi-7.de
Energieeffiziente Planung und Bauleitung:	Rolf Canters, www.bauplusenergie.de
Elektro- und Datentechnik:	Elektro Gauss, Murrhardt
Heizung, Sanitär und Speichertechnik:	Willy Weidle Heizungsanlagen, Murrhardt
Planung Nahwärmenetz:	Ingenieurbüro Schuler, Bietigheim-Bissingen
Planung und Ausführung:	2009 – 2011