



# Endbericht

**Ganztageschülerweiterung (GTS)**

**Wentzinger Schulen**

**als**

**Passivhaus**

**Gebäudemanagement**

**Stadt Freiburg i.Br.**



**Gefördert durch den  
Innovationsfonds Klima- und Wasserschutz  
der badenova AG & Co. KG**



## Übersicht

0. Einführung
1. Klimaschutzziele der Stadt Freiburg
2. Innovatives Projekt Passivhaus GTS
3. Die Frage der Passivhaus-Zertifizierung
4. Gebäudekonzept der GTS
5. Wärmeschutz und Bauphysik
6. Sommerlicher Wärmeschutz und Simulation
7. Energieeffiziente Haustechnik und Beleuchtung
8. Geringer Wärmebedarf = Kleine Heizzentrale
9. Differenziertes Lüftungskonzept
10. Gute Küche - Gutes Essen
11. Qualitätssicherung, EnEV und Zertifizierungen
12. Kosten der GTS und Mehrkosten Passivhaus-Bauweise
13. Optimaler Betrieb Gebäude und Anlagen
14. Verbesserungen?! - Umfrage bei den Nutzern der GTS
15. Öffentlichkeitsarbeit - Die GTS wird vorgestellt
16. Gefördert durch Innovationsfonds der badenova
17. Das Planungsteam

## 0. Einführung

Die Stadt Freiburg i.Br. hat mit der Ganztageschülerweiterung (GTS) das erste städtische Passivhaus und eines der ersten kommunalen Gebäude im Land Baden-Württemberg sowie bundesweit in dieser innovativen Bauweise realisiert. Hierzu war eine umfassende Konzeption erforderlich, um den gewünschten niedrigen Heizwärmebedarf von 15 kWh/m<sup>2</sup>a und den niedrigen Primärenergiebedarf von 120 kWh/m<sup>2</sup>a umzusetzen. Dieses Ziel zu erreichen war angesichts der zentralen Nutzung als Cafeteria mit Schulküche eine große Herausforderung, da zusätzlich zum Wärmebedarf auch der Stromverbrauch sehr niedrig gehalten werden musste.

Zur Umsetzung der Konzeption bedurfte es zudem einer umfassenden Planung, die alle Bereiche Bau, Technik, Betrieb und Nutzung umfasste. Geeignete Planungsteams sowie kompetente Firmen auf der Baustelle und ausreichende Mittel ermöglichten letztendlich erst, ein solches Projekt in die Tat umzusetzen.

Die Realisierung solcher Ziele bedeutet immer ein Stück Pionierarbeit. Der erfolgreichen Umsetzung des Konzeptes kam die Unterstützung durch den Innovationsfonds der badenova zugute, die den innovativen Charakter des Projekts für förderungswürdig befand. Diese Förderung federte nicht nur einen Teil der Mehrkosten ab, sondern war sehr hilfreich, um dieses Projekt wie geplant realisieren zu können.



Die zukunftsweisende Passivhaus-Bauweise passt zum Selbstverständnis der Wentzinger Schulen. Sowohl das Gymnasium als auch die Realschule bezeichnen sich als Klimaschutz-Schule. Sie sind in diesem Bereich ausgesprochen aktiv und leisten vorbildliche Arbeit und verbinden dies mit ihren schulischen und pädagogischen Aufgaben. Beispiele hierfür sind auch der Verein Wentz Solar sowie die Solar AG der Schulen<sup>1</sup>.

**Abb. 1: Klimaschutzfreundliche Wentzinger Schulen <sup>2</sup>**

Ein wichtiges Anliegen des Gebäudemanagements Freiburg (GMF), das dieses Projekt umsetzte war, nach der Realisierung des Gebäudes die Nutzer mit dem Ziel zu befragen, um aus der Realisierung des ersten Passivhauses zu lernen. Besonders wertvoll war hierbei die gute Mitarbeit und Resonanz der Schule. Erfreulich war auch die positiv geäußerte Kritik. Das neue Passivhaus ist erkennbar in der Schule angekommen. Die bei der Befragung gewonnenen Erkenntnisse zeigen, dass es passivhaus-spezifische Probleme in der GTS nicht gibt.

Baulich konnte der Beweis erbracht werden, dass sich die Aufwendungen für die Passivhaus-Bauweise begrenzen lassen und dass trotz des erheblichen Aufwandes,

1 Weitere Informationen: <http://www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/58038/>

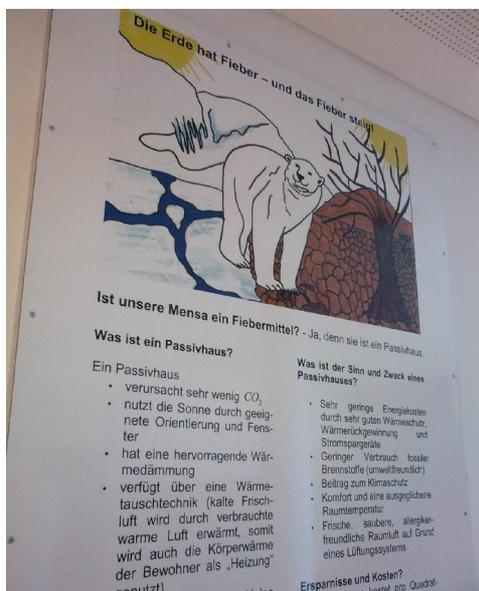
2 Altbau Westeingang Wentzinger Schulen (vor der Sanierung)

der insbesondere in der Küchenausstattung einschließlich Lüftungstechnik zu realisieren war, der Passivhaus-Standard sinnvoll zu erreichen ist. Mit hervorragendem Wärmeschutz und effizienter Technik ausgestattet, garantiert die GTS langfristig niedrige Verbräuche, Energiekosten und CO<sub>2</sub>-Werte und ist damit auch ein ausgesprochen nachhaltiges Projekt.

Der vorliegende Endbericht soll dazu beitragen, dass die im Projekt gemachten Erfahrungen für zukünftige Projekte zur Verfügung stehen. Die verschiedenen Ideen und Projektansätze werden deshalb anschaulich dargestellt und wichtige Hintergrundinformationen geliefert, so dass zur Nachahmung ermutigt wird.

## 1. Klimaschutzziele der Stadt Freiburg

Die Stadt Freiburg hat sich zum Ziel gesetzt, die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2030 um 40% zu reduzieren. Um dieses Ziel zu erreichen, bedarf es der Umsetzung innovativer Ideen und Konzepte. Ein erster städtischer Neubau in Passivhaus-Bauweise sollte in diesem Zusammenhang ein wichtiges Mosaikstück werden.



Das Gebäudemanagement der Stadt Freiburg hat die Aufgabe, die in seiner Zuständigkeit liegenden Gebäude zu bauen und zu betreiben. Hierbei sind den hohen Zielen der Stadt im Bereich des Klimaschutzes in Verbindung mit nachhaltigen Energie- und Kosteneinsparungen Rechnung zu tragen und vorbildliche Projekte zu realisieren. Der Gemeinderat hat am 26.06.2007 die städtischen Energieleitlinien beschlossen. Neubauten sind demnach grundsätzlich in der Passivhaus-Bauweise zu realisieren.

Abb. 2: Informationstafel Passivhaus und Klimaschutz<sup>3</sup>

## 2. Innovatives Projekt Passivhaus GTS

Der Wärmeschutz eines Gebäudes wird mit der Errichtung für viele Jahrzehnte ohne wesentliche Eingriffsmöglichkeit festgelegt. Neubauten, die lediglich nach EnEV errichtet werden, benötigen häufig die 3-fache Heizenergie gegenüber einem Passivhaus. Dieses führt langfristig und damit nachhaltig zu niedrigen Energieverbräuchen und -kosten.

Das GMF hatte bereits vor dem Neubau der GTS hohe Anforderungen an den Wärmeschutz der Gebäude gestellt und hierbei die EnEV (Energieeinsparverordnung) um 30% unterschritten. Im Vergleich zum Passivhaus führt selbst der

<sup>3</sup> Wandtafel Physikprojekt Klasse 8a der Wentzinger Realschule zum Thema Klimaschutz und Passivhaus, Eingang Cafeteria

anspruchsvolle Standard ENEC -30% zu einem höheren Wärmebedarf von rund 50-70%. Die GTS als Passivhaus zu realisieren war deshalb ein neuer, deutlicher Qualitätssprung beim energiesparenden Bauen.

### Weitere Vorteile der Passivhaus-Bauweise:

- Hoher Komfort im Innenraum, da bei jedem Bauteil - ob Außenwand, Fenster, Boden - eine Innentemperatur von 17°C nicht unterschritten wird. Aus diesem Grund kommt es im Passivhaus nicht zu der bei schlechter wärmegeschützten Gebäuden üblichen Entstehung von Kaltluft, zumal Wärmebrücken konsequent vermieden werden.
- Heizkörper, erhalten durch die geringe noch zu liefernde Wärmeleistung äußerst kleine Dimensionen. Sie können im Raum frei und kostensparend aufgestellt werden und ermöglichen minimale Längen der Verteilungen.
- Die Lüftungsanlage muss mit einer hoher Wärmerückgewinnung von >75% ausgestattet werden. Erst eine Lüftungsanlage garantiert einen ausreichenden Luftwechsel. Die CO<sub>2</sub>-Belastung kann so unter dem als bedenklich eingestuften Grenzwert von 1.500 ppm CO<sub>2</sub> gehalten werden. Die Zuluft wird temperiert.
- Durch den minimalen Wärmebedarf schont ein Passivhaus Energieressourcen. Beispielsweise Erdgas, Holzpellets, Biogas etc., je nach Einsatz.
- Der hervorragende Wärmeschutz, wie eine 3-fach-Verglasung, funktioniert auch im Sommer. Dann sorgt er in Verbindung mit einem geeigneten Verschattungssystem für eine Reduzierung des Wärmeeintrags ins Gebäude.

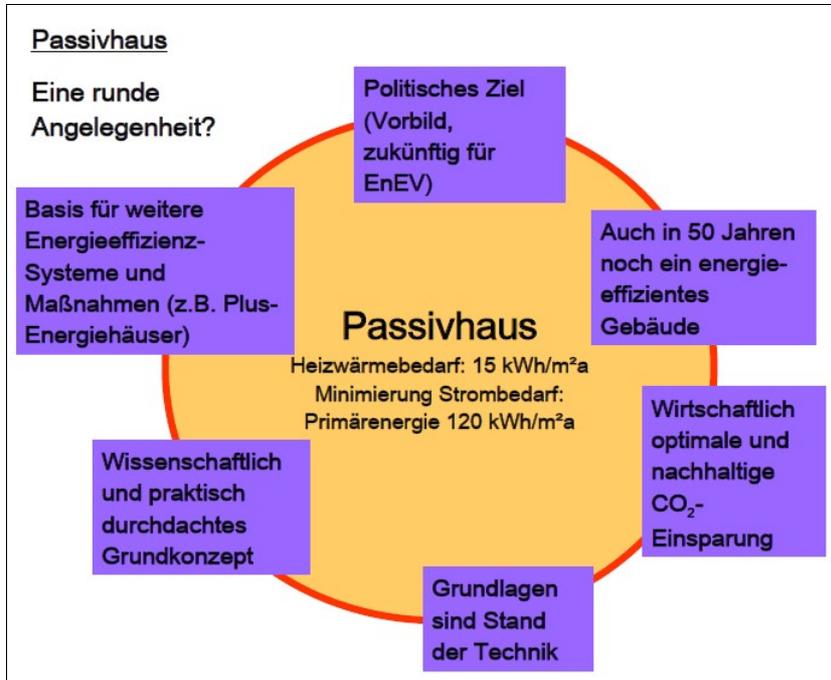


Abb. 3: Argumente für ein Passivhaus<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Bernd Wiese; Folie zum Workshop „Passen Pommes zum Passivhaus“, anlässlich der Energiekongresses für Kommunale Energiebeauftragte in Münster; 2009

Bei der Gesamt-Abwägung über die Passivhaus-Bauweise hat sich gezeigt, dass eine reine Betrachtung der Investitionskosten nicht ausreicht. Es empfiehlt sich immer eine ganzheitliche Betrachtung. Abbildung 3 zeigt hierzu ein Beispiel.

Die Umsetzung der Passivhaus-Bauweise war bei diesem Schulgebäude eine ganz besondere Herausforderung, weil die Nutzung als Cafeteria bzw. Versammlungsstätte planerisch anspruchsvoll und mit zu berücksichtigen war.

### **3. Die Frage der Passivhaus-Zertifizierung**

Wärmeschutznachweise, die ergaben bereits Untersuchungen Anfang der 90er Jahre, sind oft fehlerhaft<sup>5,6</sup>. Die Folge ist, dass realisierte Gebäude mitunter einen deutlich höheren Energieverbrauch aufweisen, als im Nachweis angegeben. Die bauliche und technische Qualität sichert dann nicht den erwarteten niedrigen Verbrauch, zum Nachteil des Bauherren. Dieser Sachverhalt wurde auch bei EnEV-Nachweisen<sup>7</sup> festgestellt. Zudem liefern diese keine ausreichend genaue Aussage, dass die gerechneten Verbräuche hinterher im Betrieb auch erreicht werden.

Dagegen hat das Passivhaus-Institut Darmstadt mit dem Passiv-Haus-Projektierungs-Paket (PHPP) ein anerkanntes und - verglichen mit der EnEV - relativ genaues Arbeitswerkzeug und Nachweisverfahren entwickelt. Werden die Nachweise aber auch hier nicht noch einmal umfassend und unabhängig geprüft, entstehen Gebäude, die den Namen „Passivhaus“ nicht immer verdienen.

Die kostenpflichtige Passivhaus-Zertifizierung erfolgt durch eine unabhängige Stelle, die eine intensive Prüfung der einzureichenden Unterlagen einschließlich der Berechnungen vornimmt. Bei einem unterstellten normalen Nutzerverhalten bieten zertifizierte Gebäude die Gewähr, dass der angestrebte Energieverbrauch in der Praxis tatsächlich auch erreicht wird. Bei einem Passivhaus bedeutet dies maximal einen Heizwärmebedarf von 15 kWh/m<sup>2</sup>a und einen Primärenergiebedarf von 120 kWh/m<sup>2</sup>a.

Das GMF hat sich deshalb bewusst für eine Zertifizierung des ersten Passivhauses ausgesprochen, was durch einen Gemeinderatsbeschluss abschließend so auch entschieden wurde.

### **4. Gebäudekonzept der GTS**

Die GTS wurde als 2-geschossiger Stahlbetonbau errichtet und direkt an den Bestand angeschlossen, so dass der Haupteingang über den Trakt der Realschule erfolgt. Die Gesamtfläche BGF beträgt 2.315 m<sup>2</sup> bei einem Bruttorauminhalt von 9.870 m<sup>3</sup>.

Im Erdgeschoss liegt die Mensa/Cafeteria (vgl. Abb. 5) und die Küchenanlage.

---

5 Ansgar Schrode; „Viel Fehler wenig Rat“, Fachartikel Deutsches Ingenieursblatt; 2000

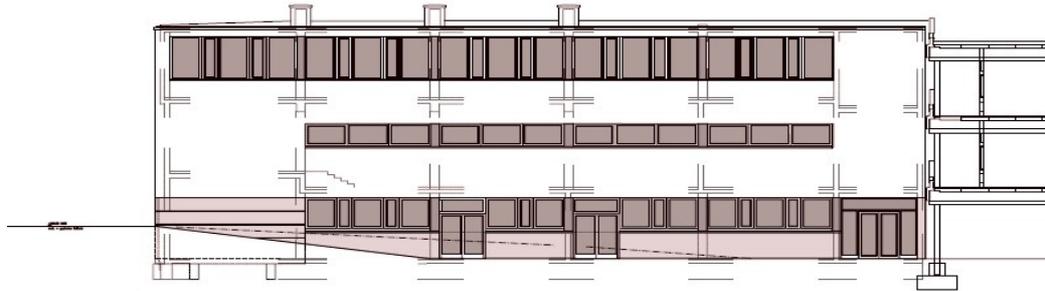
6 IBP-Mitteilung 373.27; „Neue Forschungsergebnisse, kurz gefasst...“; 2000

7 EnEV Nachweis gemäß DIN 18599

Die Cafeteria wird bei Schulveranstaltungen als Versammlungsstätte genutzt. Im Obergeschoss der GTS befinden sich Räume für verschiedene Nutzungen, z.B. für Aktivitäten wie Theater, Musik und Bewegung, Kreativräume und Ruheräume.

## Ganztageschülerweiterung Wentzingerschulen

### Ostansicht



### Westansicht

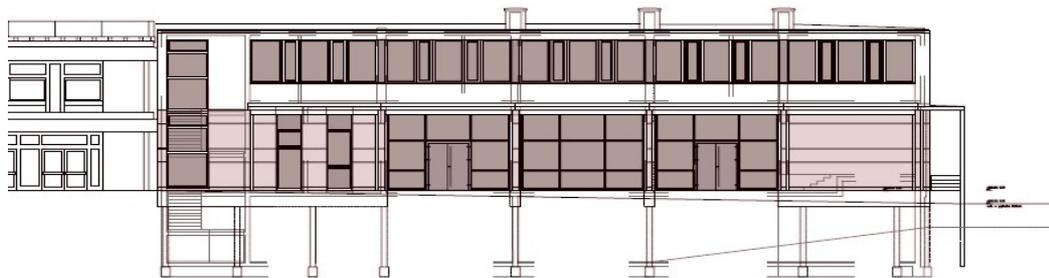


Abb. 4: Ost- und Westansicht der GTS

Im Keller mit 382 m<sup>2</sup> befindet sich eine Fahrradwerkstatt und die Technikräume. Als weitere Nutzung ist dort eine Werkstatt vorgesehen, deren Räumlichkeiten übergangsweise von der Stadtteilbibliothek genutzt werden. Hintergrund ist, dass die im Altbau der Wentzinger Schulen untergebrachte Stadtteilbibliothek ausgelagert werden musste, weil direkt nach Fertigstellung des Erweiterungsbaus mit der Sanierung des Altbestandes begonnen wurde.

Wichtig für die spätere Umsetzung des Passivhaus-Konzeptes bei der GTS war, dass der Platzbedarf für die haustechnischen Anlagen und hier insbesondere für die Lüftungskanäle sowie für die verschiedenen Dämmebenen und für die notwendigen Wandstärken konstruktiv von Anfang an mit berücksichtigt worden war.<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Anm.: Die GTS wurde zudem für eine Ergänzung/Ausbau der bestehenden großen PV-Anlage, auf dem Dach des Altbaus baulich und technisch vorbereitet (vgl. Fussnote 2).

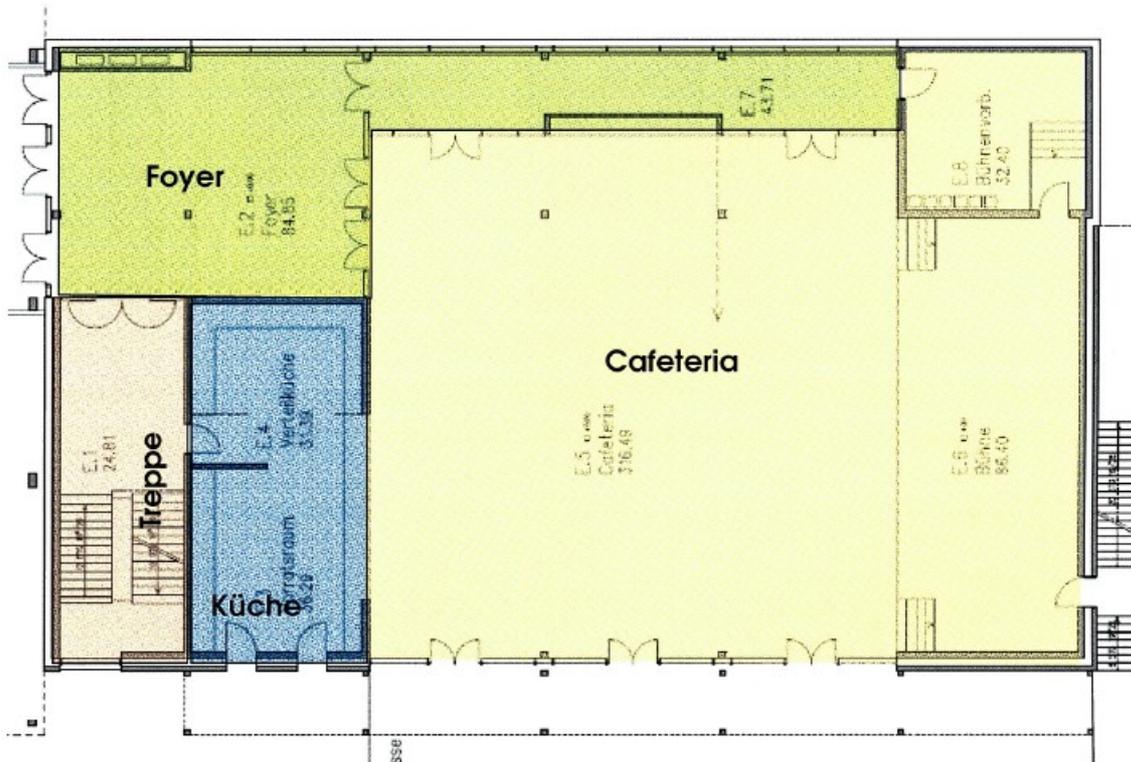


Abb. 5: Das Erdgeschoss

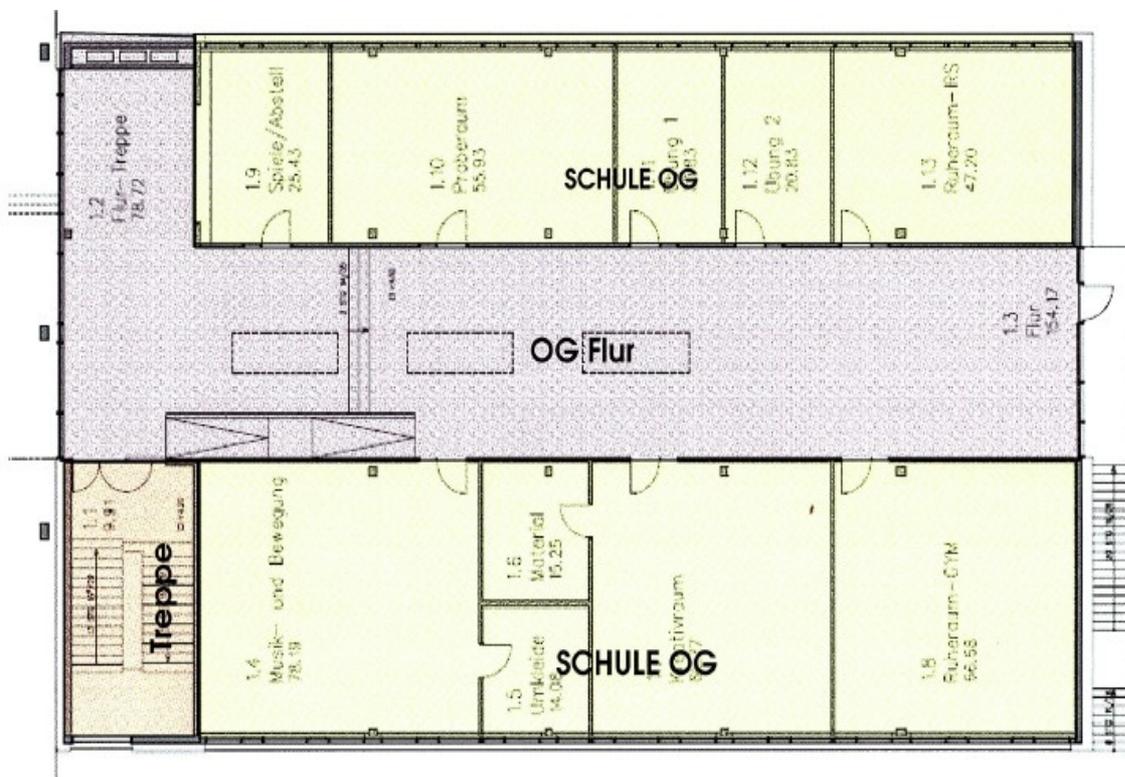


Abb. 6: Das Obergeschoss

Der Baubeschluss wurde am 24.07.2007 gefasst, der Baubeginn erfolgte im Januar 2008, der Betrieb des Gebäudes startete mit Beginn des Schuljahres 2009/10.

## 5. Wärmeschutz und Bauphysik

Die Fassade wurde durchgängig mit 24 cm Wärmedämmung ausgerüstet und erreicht einen U-Wert von  $0,137 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Um die Außenhülle dauerhaft zu schützen, wurde im Erdgeschoss eine Kerndämmung zwischen Außenwand und Betonfassade eingebracht. Im Obergeschoss wurde ein Wärmedämmverbundsystem mit Putzauftrag realisiert. Die 3-fach verglasten Fenster haben einen mittleren  $U_w$ -Wert von  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ , die horizontalen Oberlichter einen  $U_w$ -Wert von  $1,226 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Das Flachdach verfügt über eine Gefälle-Wärmedämmung aus Polystyrol und bituminöser Abdichtung und Kies als UV-Filter. Eine Wärmebrückenfreiheit ist nur durch eine Auflösung der Konstruktion in Einzelteile zu erreichen. Statt einer durchgehend massiven Traufbohle zur Befestigung der großen Rinnen wurden die Bauteile durch eine thermische Trennung entkoppelt und mit einer hochdämmenden Polyurethanschicht versehen. Die gleiche Konstruktion wurde auch bei der Verkleidung der 1 m hohen Überzüge auf dem Dach, die an Stelle von großen Unterzügen die Decke der Cafeteria tragen, eingesetzt.

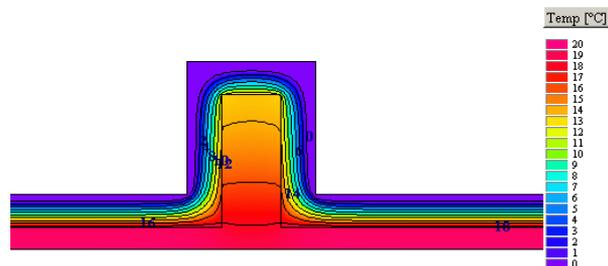


Abb. 7: Hoch wärmedämmte Überzüge – Minimierung der Wärmeverluste

Die Dicke der Wärmedämmung im Dach beträgt im Mittel 24 cm und maximal 40 cm. Der  $U\text{-Wert}_{\text{Dach}}$  liegt bei  $0,117 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

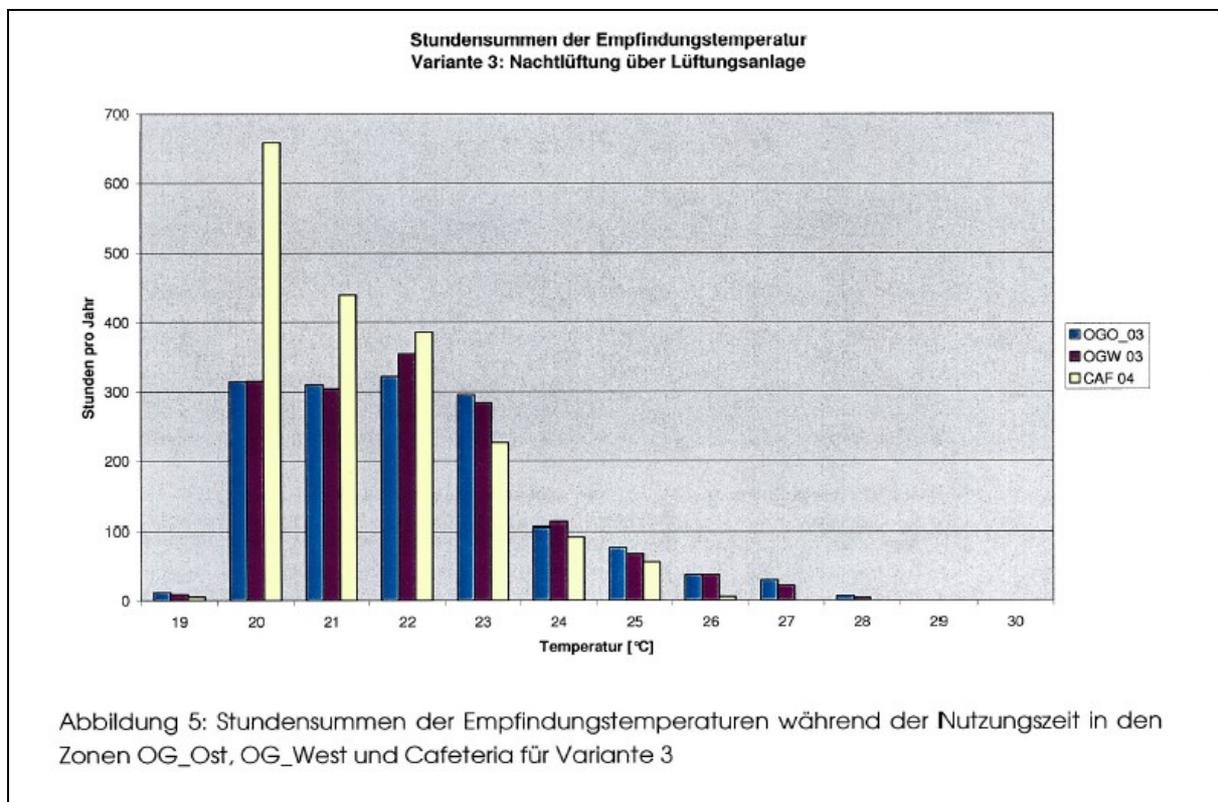
## 6. Sommerlicher Wärmeschutz und Simulation

Die Leistungsfähigkeit der Nutzer eines Gebäudes nimmt mit steigenden Temperaturen im Bereich von  $27^\circ\text{C}$  deutlich ab. Die einschlägige DIN-Norm 4108 Blatt 2 sieht die thermische Behaglichkeit als erfüllt an, wenn in sommerheißen Klimazonen, in einer solchen auch Freiburg liegt, in 10% der Nutzungszeit eines Gebäudes  $27^\circ\text{C}$  nicht überschritten werden. Damit wäre eine Überschreitung von 200 h im Jahr

zulässig. Die Arbeitsstättenrichtlinie hingegen legt 26°C als maximale Lufttemperatur in Arbeitsräumen fest, lässt jedoch Ausnahmen bis 32°C grundsätzlich zu.

Diese Vorgaben deuten an, wie wichtig das Thema an sich ist, sie reichen aber nicht aus, um eine differenzierte Aussage über das Temperaturverhalten wichtiger Nutzungsbereiche zu erhalten. Bei der GTS wurde deshalb zusätzlich eine Simulation durchgeführt.

Aufgrund der durch die Nutzung als Mensa und Versammlungsstätte ohnehin vorhandenen und entsprechend groß dimensionierten Lüftungsanlage bietet eine Nachtlüftung über diese Anlage das beste wirtschaftliche Gesamtergebnis und angemessene Temperaturen in den Räumen. Die erwarteten Raumtemperaturen von 26°C und höher liegen hierbei deutlich unter 100 h im Jahr (vgl. Abb.8).<sup>9</sup>



**Abb. 8: Simulationsergebnis von Lüftungsszenarien zum sommerlichen Wärmeschutz**

Die Cafeteria erhielt ein feststehendes Verschattungssystem (vgl. Titelseite), die Räume im OG erhielten Jalousien. Diese werden am Morgen automatisch heruntergefahren und können vom Nutzer im Betrieb individuell eingestellt werden.

<sup>9</sup> Zu einer Erhöhung der inneren Wärmelasten und der Raumtemperatur führten bei der GTS u.a. zusätzliche und nachträglich installierte und damit bei der Simulation unberücksichtigte Bühnenstrahler. Diese werden jetzt durch LED-Stahler getauscht (vgl. Kap.14).

## 7. Energieeffiziente Haustechnik und Beleuchtung

### a) Heiztechnik

Der minimale, zusätzlich über eine Beheizung zu erbringende Wärmebedarf für die Cafeteria wird über die Lüftungsanlage bereitgestellt. Die Räume im OG werden über statische Heizflächen beheizt. Zur Regelung wurde eine Einzelraumregelung vorgesehen. Durch die geringen Temperaturverluste in einem Passivhaus wäre diese normalerweise nicht erforderlich gewesen. Für eine Einzelraumregelung, mit der die gesamte Schule - also auch der Altbestand bei der laufenden Sanierung - ausgestattet wird, sprach die flexible Nutzung der Räume in der gesamten GTS. Alle Heizkreise wurden zudem mit den effektivsten und stromsparenden Pumpen der Effizienzklasse A ausgestattet.

### b) Beleuchtung

Die Räume, insbesondere im OG, wurden angenehm hell ausgestattet und ermöglichen damit eine optimale Nutzung des natürlichen Tageslichtes. Visuelle Informationen sind nur möglich, wenn Leuchtdichteunterschiede vorhanden sind. Starke und sich ungünstig auswirkende Kontraste, beispielsweise erzeugt durch größere dunkle Wandflächen oder dunkle Fensterrahmen, wurden vermieden. Dieses Prinzip unterstützt das Wohlbefinden der Nutzer und beugt einer Ermüdung der Augen vor, die bei starken Kontrasten aufgrund der permanent und unbewusst zu leistenden adaptiven Arbeit gegeben wäre.

In Verbindung mit sehr effizienten Beleuchtungskörpern war es möglich, die anspruchsvolle Zielvorgabe der Energieleitlinie des GMF von  $2 \text{ W/m}^2\text{a}$  je 100 Lux zu unterschreiten. In den Klassenräumen wird mit  $1,97 \text{ W/m}^2\text{a}$  je 100 Lux im Mittel ein ambitioniert niedriger Anschlusswert erreicht und damit die Grundlage für einen sehr niedrigen Stromverbrauch der Beleuchtung gelegt.



Abb. 9 u. 10: Helle angenehme Räumlichkeiten und energieeffiziente Leuchten

Die flexible Nutzung der Räume musste auch bei der Beleuchtung berücksichtigt werden. Die Steuerung für Licht und Jalousien erfolgt über einen EIB-Bus in Verbindung mit einer tageslichtabhängigen Steuerung. In der Cafeteria lassen sich ver-

schiedene Szenen schalten, die je nach Veranstaltung die gewünschte Beleuchtung bzw. das Schalten oder Dimmen bestimmter Leuchtgruppen ermöglicht.



**Abb. 11 u. 12: Natürlich belichteter Multifunktionsflur im OG mit Oberlicht**

In den Räumen des OG`s muss die Beleuchtung vom Nutzer aktiv eingeschaltet werden. Dann erfolgt die Einregelung entsprechend dem vorhandenen Tageslicht. Hierdurch wird der zukünftige Stromverbrauch weiter reduziert. Zusätzlich wurden die Flure mit Präsenzmeldern ausgestattet.

## **8. Geringer Wärmebedarf = Kleine Heizzentrale**

Der Gebäudekomplex der Wentzinger Schulen (Altbestand), an den die GTS angeschlossen wurde, wird bis Ende 2014 umfassend saniert und mit Passivhaus-Elementen hochwertig wärme geschützt. Durch die hierdurch zu erzielende hohe Wärmeeinsparung ist es möglich, eine der beiden bislang vorhandenen Heizzentralen aufzugeben. Die verbleibende Heizzentrale kann die komplette Schule allein versorgen und übernimmt auch den (geringen) Wärmebedarf der GTS. Im Jahr 2012 soll, wie bereits bei beiden Sporthallen, auch das gesamte Schulgebäude an eine Nahwärme des Energieversorgers angeschlossen werden. Die Zentrale liegt im nahegelegenen Westbad. Die Wärmeerzeugung erfolgt dort auf der Basis der Kraft-Wärme-Kopplung mit erdgasbetriebenen BHKW's. Überlegungen des Energieversorgers, zukünftig Biogas zum Einsatz zu bringen, stellen eine zusätzliche umweltfreundliche Option in Aussicht.

## **9. Differenziertes Lüftungskonzept**

Zur Versorgung des Ganztagesbereiches sind im UG zwei raumluftechnische Anlagen (RTL-Anlagen) untergebracht. Die RLT-Anlage 1 versorgt die Sozialräume, die

Cafeteria bzw. die Versammlungsstätte sowie die Aktivitätsräume im Obergeschoss (vgl. Abb. 13) mit einer Gesamtluftmenge von insgesamt 9.000 m<sup>3</sup>/h.



**Abb. 13: Lüftungskanäle im OG - Ausbauphase**

Bei Veranstaltungen kann der Cafeteria die vollständige Luftmenge zur Verfügung gestellt werden, weil dann im OG keine Aktivitäten stattfinden. Durch diese Regelung war es möglich, eine möglicherweise erforderliche dritte Anlage einzusparen. Bei der Auslegung der Luftmengen wurden sowohl im OG als auch in der Cafeteria 20m<sup>3</sup>/h pro Person zugrunde gelegt (vgl. Abb.15).

Die RLT-Anlage 2 versorgt die Bereiche Regenerier- und Spülküche mit einer Gesamtluftmenge von ca. 5.000 m<sup>3</sup>/h. Die Wärmerückgewinnung beträgt >50%. Die Lüftung wird nutzerabhängig angefordert. Der Bereich Cafeteria mit Bühne wird zuluftseitig mit Weitwurfdüsen in Kombination mit bodenbündigen Ausblasgittern an der Außenfassade versorgt.

	<b>RTL-Anlage 1</b>	<b>RTL-Anlage 2</b>
Einsatz	EG: Cafeteria u. Sozialräume OG: Aktivitätsräume	Regenerierküche und Spülküche
Gesamtluftmenge	9.000 m <sup>3</sup> /h	5.000 m <sup>3</sup> /h
Wärmerückgewinnung	>75% (bei 8°C)	>50%
Leistung Ventilator (aufgenom.)	Zuluft: 2,11 kW max. Abluft: 2,25 kW max.	Zuluft: 1,01 kW max. Abluft: 2,25 kW max.
spezifische Leistung gesamt <sup>10</sup>	0,484 Wh/m <sup>3</sup>	0,652 Wh/m <sup>3</sup>

**Abb. 14: Technische Daten Lüftungsanlagen**

<sup>10</sup> bei RTL-Anlage 2 bezogen auf Wirkleistung, FU 56,4 Hz (Betriebspunkt)

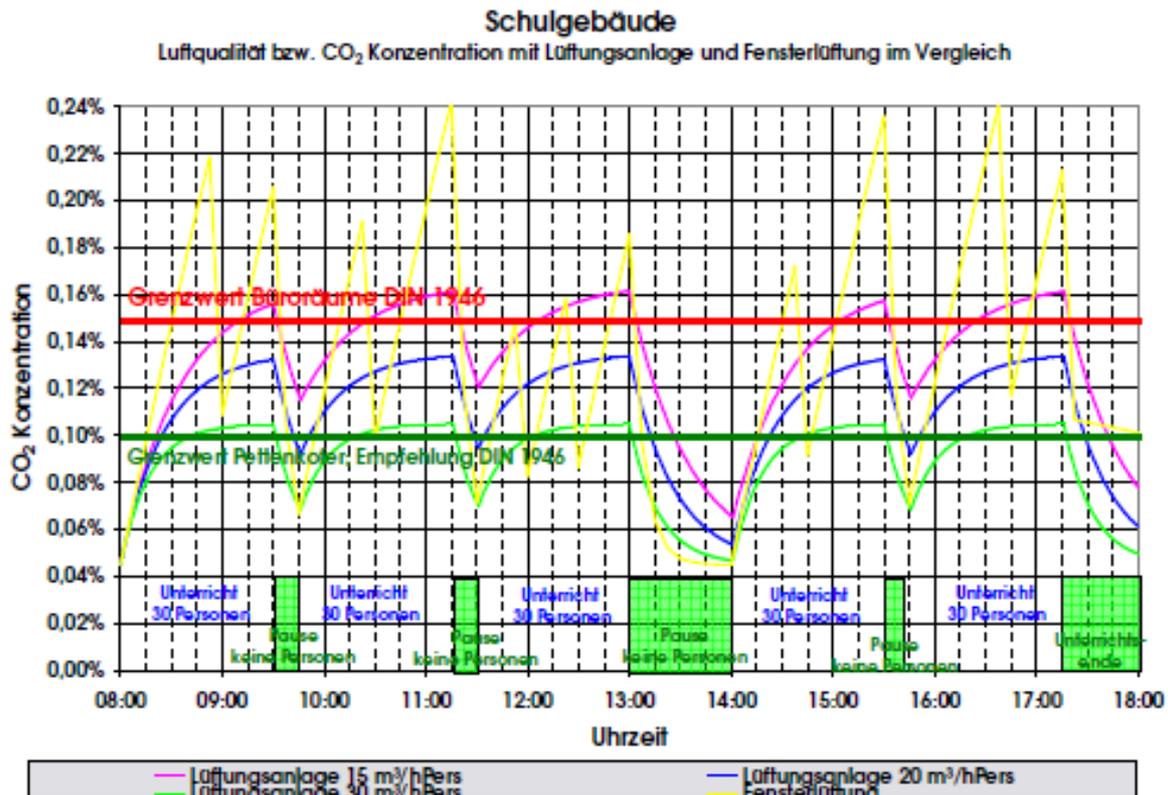


Abb. 15: Vergleich der CO<sub>2</sub>-Konzentration bei unterschiedlichen Luftmengen (Simulation)

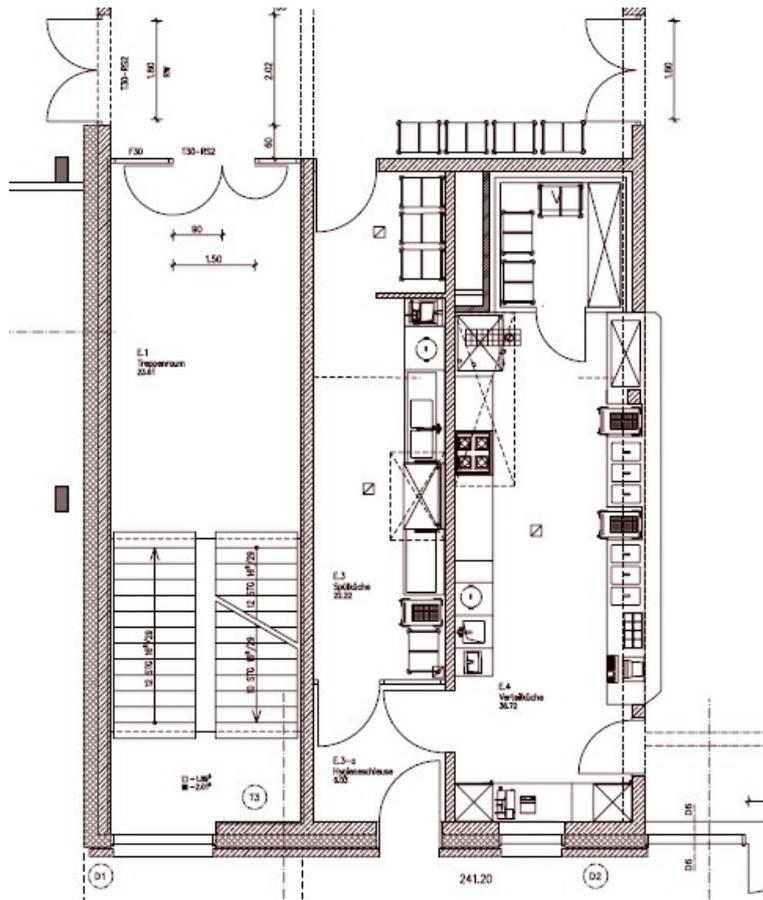
Die Lüftungsanlagen sind mit energiesparenden Motoren der Klasse SFP 3 ausgelegt und übertreffen damit ebenfalls die EnEV<sup>11</sup>, die Klasse SFP 4 fordert.

## 10. Gute Küche - Gutes Essen

Um ein schmackhaftes und gutes Essen für bis zu 600 Personen auf den Tisch bringen zu können, bedarf es einer entsprechend ausgerüsteten Küche, die hohen und nahezu professionellen Ansprüchen genügt. Das Küchenkonzept sollte sinnvoller Weise vor der Planung feststehen, damit eine Optimierung der Anforderungen an das Raumkonzept erfolgen kann. Grundsätzlich lassen sich drei Küchentypen unterscheiden.

Bei einer Verteilküche wird das Essen außer Haus gekocht, angeliefert und nur noch ausgegeben. Nachteil ist die lange Zeitspanne zwischen Herstellung und Ausgabe. In der Regenerierküche wird das Essen außer Haus vorgefertigt und kalt angeliefert, zwischengelagert (gekühlt), bei Bedarf fertig gekocht und ausgegeben. Vorteil ist das wesentlich gehaltvollere und schmackhaftere Essen. Von Nachteil ist der höhere Aufwand bei der Küchentechnik und der höhere Personalbedarf.

<sup>11</sup> EnEV 2007



**Abb. 16: Die Küchenplanung**

Die Kochküche bietet individuelles Kochen mit allen Vorzügen. Die Nachteile sind der sehr hohe Personal- und Ausstattungsbedarf. Um den Personalaufwand kostengünstig abdecken zu können, werden bei einigen Schulträgern freiwillige „Küchenhelfer“ eingesetzt. Dieses System kann bis ca. 200 Essen/d gut funktionieren, es ist aber hygienisch nicht ganz unproblematisch, wenn die Helfer häufig wechseln.

In der GTS wurde die Küche für maximal 600 Essen täglich konzipiert. Aufgrund der neuen städtischen Qualitätskriterien für die Schulverpflegung wurde eine Regenerierküche realisiert. Zudem können in geringem Umfang Speisen komplett vor Ort gekocht werden, so dass eine individuelle Möglichkeit außerhalb des normalen Schulküchenbetriebes gegeben ist. Durch diese Konzeption wird dem Ziel nach einem ansprechenden und vitalen Essen voll entsprochen. Wegen der hohen Anforderungen, die an solche Schulküchen gestellt werden, ergänzte ein spezielles und erfahrenes Planungsbüro für Küchen das Planungsteam.<sup>12</sup>

In vielen Schulküchen werden zusätzlich Fritteusen eingesetzt. Diese sind aber der Grund für eine zu fetthaltige Abluft, z.B. durch die Zubereitung von Pommes Frites.

<sup>12</sup> Die Qualitätskriterien für die Schulverpflegung sowie der modellhafte Einsatz ökologisch erzeugter Lebensmittel wurde an den Wentzinger Schulen vom Umweltschutzamt der Stadt Freiburg intensiv betreut und als Projekt vom Innovationsfonds der badenova ebenfalls gefördert.

Eine solche Abluft ist problematisch und erfordert Lüftungstechnische Lösungen, die hohen Investitions- und Wartungskosten nach sich gezogen hätten.



**Abb. 17 u. 18: Lüftungskanäle der Spül- und Regenerierküche (unverkleidet)**

Bei sehr fetthaltiger Speisezubereitung müssten aus brandschutztechnischen Gründen die Lüftungskanäle aus Edelstahl bestehen und mit Spülöffnungen und speziellen Abdichtungen versehen werden. Die Problematik der Fettablagerung wäre trotzdem bestehen geblieben. Längerfristig wären hygienische Probleme nicht auszuschließen gewesen, die dann weitere Kosten nach sich gezogen hätten. Der Wärmerückgewinnungsgrad von jetzt >50% wäre kaum bzw. nur mit einem unverhältnismäßig hohen finanziellen Aufwand erreichbar gewesen.

Eine große Hilfestellung, eine technisch sinnvolle Lösung umzusetzen, war auch der Wunsch der Schule nach gesunder Schulverpflegung, die es leicht machte, auf separate Fritteusen und fetthaltige Speisezubereitung insgesamt zu verzichten. Wenn dann doch einmal Pommes Frites gewünscht werden, können diese über die gasbetriebenen Konvektomaten (Heissdampfgarer) problemlos zubereitet werden.

Die in der Schulküche eingesetzten gasbetriebenen Konvektomaten reduzieren den Primärenergiebedarf gegenüber elektrischen Geräten um ca. 70%. Bei einer durchschnittlichen Essensausgabe von 400 Essen am Tag und einem Energieeinsatz von ca. 0,08-0,12 kWh/Mahlzeit ergibt sich ein Energiebedarf von rund 8 MWh/Jahr und damit allein für die gasbetriebenen Konvektomaten eine Einsparung von ca. 6 t CO<sub>2</sub> pro Jahr. Diese sind allerdings in der Anschaffung deutlich teuer und benötigen beispielsweise einen eigenen Gasanschluss.

Jede Schulküche steht in Konkurrenz mit den „um die Ecke“ erhältlichen Back-, Süß- und Fastfood-Angeboten. Deren intensive Werbestrategien führen nicht zuletzt dazu, dass diese Konkurrenz sehr „in“ ist.



Abb. 19: Ansprechende Speisekarte

Dass die neue Mensa auch hier punkten kann und angenommen wird, liegt neben der gut geplanten und strukturierten Schulküche auch an dem lecker zubereiteten und gesunden Essen, deren Zutaten vorwiegend aus ökologischem Anbau aus der Region auf die Teller kommen.

Zudem gelang es einen Caterer zu gewinnen, der eine gute Schulverpflegung mit hohen Qualitätskriterien zu seiner Aufgabe gemacht hat. Das Essen der GTS wird überdurchschnittlich gut angenommen. Insgesamt hat sich auch dieser Konzeptbaustein bislang hervorragend bewährt.

## 11. Qualitätssicherung und Zertifizierungen

Um eine ausreichende Qualitätssicherung zu erreichen, mussten verschiedene Sachverhalte wie sommerlicher Wärmeschutz, Lüftung, Akustik, Küchenausstattung und Energieverbrauch rechtzeitig geprüft und verschiedene Lösungen auch auf ihre Wirtschaftlichkeit hin verglichen und diskutiert werden.

Ein großer Pluspunkt war das umfangreiche Planungsteam. Vom GMF wurde die Projektleitung realisiert, intern unterstützt durch die zuständigen Fachbauleiter und das Energiemanagement. Neben den verschiedenen beteiligten Planungsbüros ist insbesondere die Beteiligung der Schule am Planungsprozess von Anfang an besonders hervorzuheben.

Dokumentiert wird die Passivhaus-Realisierung durch einen ausführlichen Energiebericht. Dieser enthält u.a. auch die bereits in Kapitel 6 und 9 dargestellten Ergebnisse zur Lüftung sowie zum sommerlichen Wärmeschutz.<sup>13</sup>

### a) Blower-Door-Test

Der Blower-Door-Test<sup>14</sup> ist zur Realisierung eines Passivhauses sinnvoll und deshalb auch zwingend durchzuführen.

13 Stahl + Weiß; „Wentzinger Schulen Ganztagesbereich in Passivhausbauweise; 2009

14 Stahl + Weiß; Messung der Luftdichtheit der Gebäudehülle gemäß DIN E 13827; 2009



Fahrrad- und Theaterwerkstatt F104: Leckage an Übergang Boden/Türelement (Bild 3, 1,25 m/s) und Türdichtung oben (Bild 2, 0,8 m/s) in. Abhilfe durch Neueinstellung der Tür nach Ingebrauchnahme.

**Abb. 20: Blower-Door Test - Messbeispiel 1**



Rohrdurchführung in HT-Lüftung F105 zum Raum F110 (5,62 m/s): Abdichtung fehlt.

**Abb. 21: Blower-Door Test - Messbeispiel 2<sup>15</sup>**

Der Test sollte in der Ausbauphase zeitig so früh erfolgen, dass festgestellte Leckagen möglichst nachgearbeitet und damit zusätzlich vermieden werden können<sup>16</sup>.

<sup>15</sup> Anm.: Die Beispiele zeigen typisch Undichtigkeiten, die noch nachgebessert werden können

<sup>16</sup> Anm.: Eine gute Detailplanung und die Bestimmung der luftdichten Ebenen ist im Vorfeld unerlässlich, um die notwendige Luftdichtigkeit vorzubereiten..

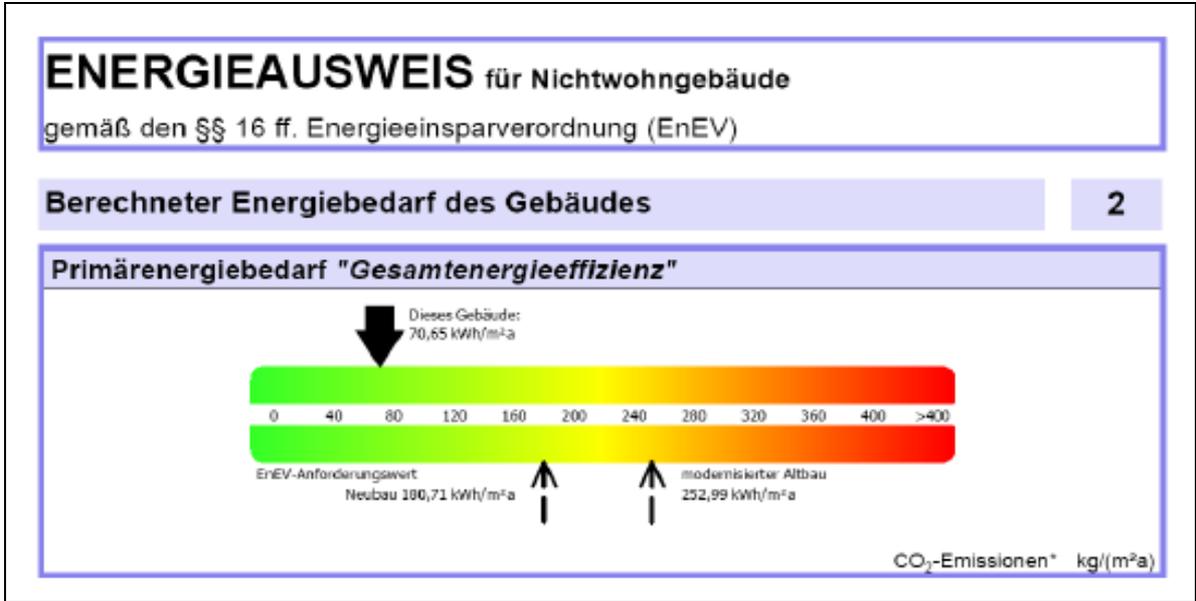


**Abb. 22: Nachweis der Luftdichtigkeit**

Die maximal zulässige Luftwechselrate  $n_{50} = < 0,6/h^{17}$  wird mit einem nachgewiesenen Wert von  $0,4/h$  deutlich unterschritten und damit eingehalten.

**b) EnEV-Nachweis**

Bei einem Passivhaus werden die Anforderungen der EnEV erwartungsgemäß deutlich unterschritten, wie der folgende Nachweis für die GTS zeigt.



**Abb. 23: EnEV-Nachweis und Gesamtenergieeffizienz der GTS**

Der Nachweis der EnEV zeigt eindrucksvoll die hohen Anforderungen des Projektes aufgrund des zu realisierenden Passivhaus-Standards.

17 Bei einem Unter-/Überdruck von 50 Pascal (entspricht etwa Windstärke 5), darf das Luftvolumen des zu messenden Bereiches nur 0,6 mal in einer Stunde ein- bzw. ausströmen.

### c) Passivhaus-Zertifizierung

Das Zertifikat wird offiziell an die GTS vergeben, sobald die noch anstehende Sanierung des Altbaubestandes der Wentzinger Schulen abgeschlossen ist. Dies wird voraussichtlich in 2014 sein.

Durch die Realisierung der GTS als Passivhaus werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen zusätzlich um rd. 50 %, das entspricht 38 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr, gegenüber der alten städtischen Vorgabe EnEV -30% reduziert.



**Passivhaus Institut**  
Dr. Wolfgang Feist  
Rheinstr. 44/46  
D-64283 Darmstadt

# Zertifikat

Das Passivhaus Institut verleiht dem Gebäude

**Wentzinger Schulen - Erweiterung, Falkenbergerstraße 21, D- 79106 Freiburg**

**Bauherr:** Stadt Freiburg i. B.  
Fehrenbachallee 12, D- 79098 Freiburg i. B.

**Architekten:** ARGE Habammer Leiber Osterloh  
Basler Str. 19, D- 79100 Freiburg i. B.

**Bauphysik:** Passivhaus Institut  
Rheinstr. 44/46, D-64283 Darmstadt

**Haustechnik:** fc. ingenieure Freiburg  
Habsburgerstraße 5, D- 79104 Freiburg i. B.

das Zertifikat

## qualitätsgeprüftes Passivhaus

Die Planung des Gebäudes erfüllt die vom Passivhaus Institut vorgegebenen Kriterien für Passivhäuser. Bei sachgemäßer Bauausführung genügt es den folgenden Anforderungen:

- Das Gebäude hat einen rundum ausgezeichneten Wärmeschutz und bauphysikalisch hochwertige Anschlussdetails. Der sommerliche Wärmeschutz wird effizient erfüllt. Der Heizwärmebedarf ist begrenzt auf  
**15 kWh pro m<sup>2</sup> Nutzfläche und Jahr**
- Die Gebäudehülle besitzt eine gemäß DIN EN 13829 geprüfte, sehr gute Luftdichtheit, die eine Zugluftfreiheit und einen niedrigen Energieverbrauch ermöglicht. Der Luftwechsel über die Gebäudehülle wird bei 50 Pascal Druckdifferenz begrenzt auf  
**0,60 je Stunde, bezogen auf das Gebäudeluftvolumen**
- Das Haus verfügt über eine kontrollierte Raumlüftung mit hochwertigen Filtern, hocheffizienter Wärmerückgewinnung und niedrigem Stromverbrauch. Dadurch werden eine hohe Innenluftqualität und zugleich ein niedriger Energieverbrauch erreicht.
- Der gesamte jährliche Primärenergiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung und Strom zusammen beträgt bei Standard-Nutzung nicht mehr als  
**142 kWh pro m<sup>2</sup> Nutzfläche und Jahr.**

Das Zertifikat ist nur in Verbindung mit dem Zertifizierungsheft zu verwenden. Hieraus gehen die genauen Werte für dieses Gebäude hervor.

Passivhäuser bieten eine sehr gute Behaglichkeit im Sommer und im Winter. Sie können mit geringem Aufwand beheizt werden, z.B. durch eine Nachheizung der Zuluft. Die Gebäudehülle von Passivhäusern ist auf der Innenseite gleichmäßig warm; die Temperaturen der inneren Oberflächen unterscheiden sich kaum von der Raumlufttemperatur. Durch die hohe Dichtheit sind Zugerscheinungen bei normaler Nutzung ausgeschlossen. Die Lüftungsanlage stellt eine gleichbleibend gute Innenluftqualität sicher. Die Heizkosten in einem Passivhaus sind sehr gering. Wegen des niedrigen Energieverbrauchs bieten Passivhäuser eine hohe Sicherheit bei künftigen Energiepreiserhöhungen oder Energieverknappungen. Darüber hinaus wird die Umwelt optimal geschützt, da Energieressourcen sehr sparsam eingesetzt und nur geringe Mengen von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und von Luftschadstoffen emittiert werden.

ausgestellt:  
Darmstadt, den 24. September 2009

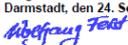
  
Dr. Wolfgang Feist  
Passivhaus Institut

Abb. 24: Passivhaus-Zertifikat (noch inoffiziell)

## 12. Kosten der GTS und Mehrkosten der Passivhaus-Bauweise

Der Gesamtaufwand für die GTS beziffert sich auf insgesamt 3.490.000 €. Davon entfallen 3.181.000 € auf die Baukosten sowie 309.000 € auf die beweglichen Einrichtungen der Schuleinrichtungen wie Tische und Stühle sowie IT-Geräte. Die Mehrkosten für die Passivhaus-Bauweise belaufen sich, im Vergleich zum bis dahin bestehenden Freiburger Standard EnEV 2007 Minus 30 %, auf rund 400.000 € und damit auf ca. 12,6%.

## 13. Optimaler Betrieb Gebäude und Anlagen

Der richtige Betrieb eines Gebäudes, in Verbindung mit einem entsprechenden Nutzerverhalten, sichert die durch über die baulichen und technischen Maßnahmen ermöglichten niedrigen Verbrauchswerte eines Gebäudes, in diesem Fall der Passivhaus-Bauweise. Folgende Maßnahmen wurden hierzu unternommen:

- Umfangreiche Einweisung des Betriebspersonals (Hausmeister)
- Mehrfache Einweisung und Gespräche mit verschiedenen Nutzergruppen
- Gute Beschilderung - auch der Schalter



Abb. 25: Tableau der Bühnenbeleuchtung - gut beschriftet, trotzdem anspruchsvoll zu bedienen

### Das Besondere:

Die Wentzinger Schulen bilden Schülerinnen und Schüler als „Techniker“ aus. Diese sind in der Lage, auch komplizierte Anlagen wie die anspruchsvolle Beleuchtungssteuerung bei Veranstaltungen zu beherrschen. Sie unterstützen damit den Unterricht, sind zudem aber auch wichtige AnsprechpartnerInnen in Sachen Passivhaus. Mit diesem „Job“ nehmen sie eine wichtige Funktion und werden in die Verantwortung für das Gebäude mit einbezogen. Die Wentzinger Schulen liefern damit eine vorbildliche pädagogische Arbeit, die nicht nur der Schule, sondern auch den „Technikern“ selbst zugute kommt.

#### 14. Verbesserungen ?! - Umfrage bei den Nutzern

Jeder Neubau führt zu Erkenntnissen - und sei er noch so sorgfältig und umsichtig geplant. Deshalb ist es sinnvoll, aus den Erfahrungen dieser Projekte zu lernen. Besonders wichtig ist, den Nutzer hierbei mit einzubeziehen, denn letztendlich ist er es, für den das Gebäude gebaut wird, der das Gebäude und deren Funktion direkt „erlebt“ und damit wichtige Erfahrungen aus seiner Sicht weitergeben kann.

Dies ist in der Praxis nicht so einfach, denn zufriedenstellende Ergebnisse werden bei einer Befragung nur erzielt, wenn diese repräsentativ sind und nicht nur die Meinung Einzelner darstellen. Gleichzeitig ist die Meinung Einzelner trotzdem wichtig, wenn sie einen bedeutsamen und wichtigen Sachverhalt wiedergeben, der von der Allgemeinheit nicht formuliert wird bzw. werden kann. Methodik, Fragestellung und Auswertung spielen deshalb in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle. Das Gebäudemanagement hat sich bei dieser Arbeit von einem erfahrenen Freiburger Institut für Sozialwissenschaften unterstützen lassen. Über die Befragung und Evaluation steht ein eigener umfassender Bericht zur Verfügung, der beim Gebäudemanagement der Stadt Freiburg angefordert werden kann<sup>18</sup>.

Kurz zusammengefasst wurde bei der Umfrage kein passivhaus-spezifisches Problem offensichtlich. Aber wie in jedem neuen Gebäude gibt es Punkte, die noch verbessert werden können. So wurde beispielsweise über zu hohe Raumtemperaturen in der Cafeteria während Veranstaltungen geklagt. Ein Grund dieser unerwarteten Erhöhung stellen die nachträglich und zusätzlich installierten Bühnenstrahler dar, die eine hohe innere Wärmequelle darstellen. Sie sollen jetzt auf LED-Strahler umgestellt werden.



**Abb. 26 u. 27: Cafeteria mit Bestuhlung Mensa und Veranstaltung**

Erfreulich war die positive Kritik, die geäußert wurde. Insgesamt fühlen sich die Nutzer in dem neuen Gebäude und vor allem in der neuen Mensa sehr wohl.

<sup>18</sup> „Umfrage an den Wentzinger Schulen zur neuen Ganztageschülerweiterung (GTS) in Passivhaus-Bauweise“; Gebäudemanagement Stadt Freiburg; März 2012

Die Ergebnisse der Umfrage bieten für die weitere Planung vergleichbarer Projekte hilfreiche Informationen.

## 15. Gefragte GTS - Öffentlichkeitsarbeit

Im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Gebäudemanagements wurde die Konzeption der GTS mehrfach vorgestellt. Verschiedenste Gruppen waren sogar vor Ort und besuchten das Gebäude.

### Auswahl der Öffentlichkeitsarbeit zur GTS:

- Energiekongress der kommunalen Energiebeauftragten; Workshop: „Passen Pommes zum Passivhaus“ in der Stadt Münster 2009
- Vortrag beim Arbeitskreis „Energiemanagement“ des Deutschen Städtetages 2009
- Vortrag Besuchergruppe der Stadtverwaltung aus Amsterdam 2009
- Info-Tafel Passivhaus Klasse 8a (Eingang Cafeteria), Textberatung 2010 (vgl. S.4)
- Energiebericht des Gebäudemanagements der Stadt Freiburg; S.30ff; 2010



Abb. 28: Unterrichtseinheit Passivhaus<sup>19</sup>

- Video-Clip Wentzinger Realschule, Interview und Textberatung 2010
- Vortrag vor Delegation der Außenhandelskammern Dänemark und Norwegen 2011

## 16. Gefördert durch den Innovationsfonds der badenova

Das vorliegende Projekt wurde vom regionalen Energieversorger badenova über den Innovationsfonds mit insgesamt 131.788 € gefördert. Diese Förderung trug wesentlich dazu bei, das innovative Gesamtkonzept umzusetzen und das Gebäude als Passivhaus zu realisieren.

<sup>19</sup> Das Energiemanagement vor Ort in der Wentzinger Realschule, 2009

Damit konnte die Stadt Freiburg i. Br. ein erstes kommunales Gebäude mit diesem niedrigen und anspruchsvollen Energiestandard realisieren, von dem es bis zur Fertigstellung des Gebäudes landes- und auch bundesweit in Deutschland kaum ein vergleichbares Beispiel gab.

Gefördert durch den  
Innovationsfonds Klima- und Wasserschutz  
der badenova AG&Co.KG



## 17. Das Planungsteam

**Architekten:** Arbeitsgemeinschaft Habammer - Leiber - Osterloh, Freiburg

**Statik:** Eduard Wernet, Ingenieurbüro für Bauwesen, Freiburg

**Energiekonzept:** Stahl + Weiß, Büro für Sonnenenergie, Freiburg

**Sicherheits- und Gesundheitsschutz:** Ingenieurbüro Egloff, Freiburg

**Elektroplanung:** Ingenieurbüro Meier, Kirchzarten

**Heizung, Lüftung, Sanitär (HLS):** fc.ingenieure GmbH, Freiburg

**Küchenplanung:** Ingenieurbüro Manfred Bliestle, St. Georgen

**Projektleitung:** GMF, Martin Leisinger

**Produktmanagement:** GMF, Albrecht Müller

**Fachbauleitung HLS:** GMF, Andreas Rinkllin

**Fachbauleitung Elektro:** GMF, Andreas Hummel bzw. Martin Mark

**Nachrichtentechnik:** GMF, Arno Bühler

**Energiemanagement:** GMF, Bernd Wiese

**Reinigung:** GMF, Frau Nadine Appugliese

**Freianlagen:** Garten- und Tiefbauamt, Frau Buchmann

Stellvertretend für die Wentzinger Schulen:

**Schulleitung Realschule:** Heinz-Werner Brandes

**stellv. Schulleitung Realschule:** Franz Wintermantel

**Schulleitung Gymnasium:** Wolfgang Gillen

**stellv. Schulleitung:** Georg Weiser

## **Impressum**

Stadt Freiburg  
Dezernat für Stadtentwicklung und Bauen, Tiefbau mit Verkehrsplanung, Stadtgrün  
und Gebäudemanagement

Gebäudemanagement  
Fehrenbachallee 12  
79106 Freiburg

Bearbeitung:  
Bernd Wiese

Juni 2012

Titelbild: Die neue Ganztageschule (GTS) der Wentzinger Schulen (Westansicht)