

EnEff:Schule Energieeffiziente Schulen

Inhaltsübersicht | Kontakt | Impressum | Datenschutz | Log in |

Sie sind hier: Startseite > Demonstrationsobjekte > Best-Practice Beispiele > Frankfurt

- Startseite
- Projektbeschreibung
- Demonstrationsobjekte
 - Plusenergieschulen
 - 3-Liter-Haus-Schulen
- Best-Practice Beispiele
 - Tübingen
 - Erding
 - Berlin-Pankow
 - Schwanenstadt
 - Frankfurt**
 - Memmingen
 - Biberach
 - Aachen
 - Stuttgart
 - Erfurt
 - Wurzen
 - Dresden
 - Leipzig
- Best-Practice LINKS
- Innovative Techniken
- Veröffentlichungen
- Veranstaltungen
- Links
- EU-BUILD UP - School Portal

Passivhausschule - Grundschule Riedberg, Frankfurt am Main



Adresse: Zur Kalbacher Höhe 15, 60439 Frankfurt am Main
 Bauherr: Staatliches Schulamt der Stadt Frankfurt am Main
 Antragsteller: Staatliches Schulamt der Stadt Frankfurt am Main
 Ansprechpartner: Hochbauamt der Stadt Frankfurt am Main, Abteilung Energiemanagement

Projektbeschreibung

Allgemeine Daten [1]



Nordwest-Ansicht des Schulgebäudes

Projektadresse	Grundschule Riedberg Zur Kalbacher Höhe 15 60439 Frankfurt am Main Deutschland
Bauzeit	September 2003 - Oktober 2004
Anzahl der Schüler	Vollbelegung: 400 (+ 125 Kinder in der KiTa)
Anzahl der Klassenzimmer	16
Bruttogeschossfläche - Schule + KiTa	8.785 m ²
Beheizte Nettogrundfläche (EBF - Energiebezugsfläche) - Schule inkl. Küche und KiTa	5.541 m ²
Hauptnutzfläche - Schule + KiTa	6.100 m ²
A/V	0,35 1/m
Luftdichtigkeit n50	0,46 1/h

Projektübersicht

Die Stadt Frankfurt fasste bereits 2002 den Grundsatzbeschluss, alle künftigen Neubauten im Bereich Schulen und Kindertagesstätten im Passivhaus-Standard zu errichten, wenn die Wirtschaftlichkeit im Einzelfall nachgewiesen werden kann. Am Neubau der Grundschule und Kindertagesstätte im Baugebiet Riedberg sollte der Erfolg dieser Entscheidung in der Umsetzung überprüft werden.

Die Passivhaus Grundschule und Kindertagesstätte Frankfurt a. M. Riedberg wurde nach nur rund 14 Monaten Bauzeit im November 2004 eröffnet. Das Passivhaus Institut Darmstadt begleitete die Planungen und führte die Qualitätssicherung während der Ausführungsphase sowie eine abschließende Begleitforschung durch. Es ging dabei nicht nur um die Verifizierung der Effizienz und Wirtschaftlichkeit der getroffenen Maßnahmen, sondern auch um weiterführende Fragestellungen der Grundlagenforschung.

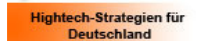
Das Projekt wurde durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt DBU und durch das Land Hessen gefördert. Die Mehrkosten für den Passivhausstandard betragen 5,3 % gegenüber dem in Frankfurt üblichen KiW-60 Standard für Neubauten mit einem maximal zulässigen Primärenergiebedarf von 60 kWh/m²a.

Umgesetzte Maßnahmen

Folgende Maßnahmen wurden umgesetzt:

- wärme gedämmte, robuste Vorhangfassade aus Faserzementplatten und Mineralwolle
- 3-fach Wärmeschutzverglasung
- hochwärmedämmende Dachfenster, aus Einzelkomponenten zusammengesetzt
- Dach mit 30 cm Gefälledämmung
- Dämmschürzen zur Verbesserung der mäßig gedämmten Bodenplatte
- zentrale Gebäudeleittechnik
- Heizung: Vollautomatischer Holz-Pellet-Kessel (2 x 60 kW), dezentrale Einzelgeräte
- Lüftung: Zuluftsystem mit Wärmerückgewinnung
- extern betriebene Solarstromanlage auf dem Dach

Lage



Breitengrad	50,18 °N
Längengrad	8,64 °O
Höhenlage	112 m über NN
Mittlere Jahrestemperatur	10,1 °C
Mittlere Wintertemperatur (Oktober - April)	4,7 °C
Klimabeschreibung / Referenzstation	Klimazone TRY: 12 Mannheim



Standort der Schule in Deutschland

Gebäudetyp / Baujahr

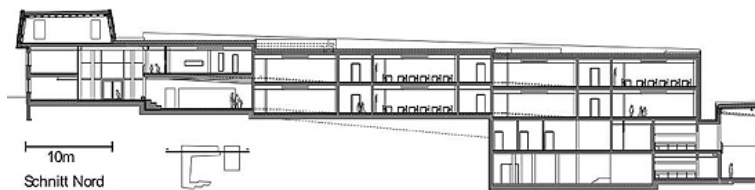
	Baujahr					
	vor 1910	1910-1930	1930-1950	1950-1970	1970-1990	nach 1990
Dorfschule						
Mehrgeschossige Schule						
Pavillon-Schule						
Hallen-Schule						
Zentral-Schule						
Kammform-Schule						
Offenes-Konzept-Schule						
Cluster-Schule						

Gebäude



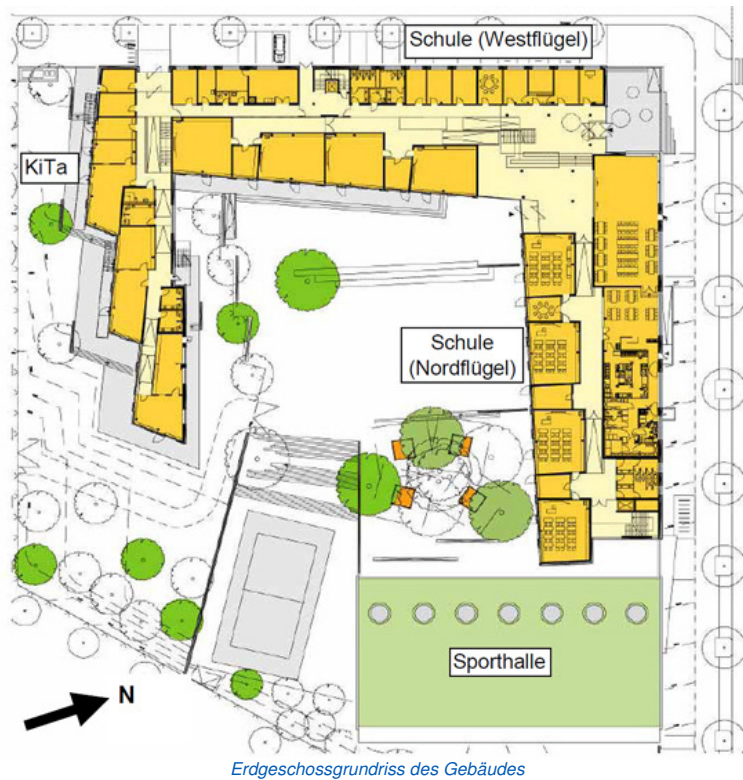
Luftaufnahme des Gebäudekomplexes

Die Schule liegt exponiert auf einem nach Südosten abfallenden Hanggrundstück.



Schnitt durch den Nordflügel des Schulgebäudes

Es handelt sich um ein 3-geschossiges, U-förmiges Gebäude. Die Gebäudetrakte der KiTa (Süd-Flügel) und der Schule (West- und Nord-Flügel) werden von der Sporthalle im Osten abgeschlossen, wodurch eine Hofsituation entsteht. Die Sporthalle wurde im Niedrig-Energie-Haus-Standard ausgeführt und wird nicht in die energetische Evaluation aufgenommen.



Energieeinsparung

Konzept

Gemäß dem Grundsatzbeschluss aus dem Jahr 2002 wurde für die Grundschule Riedberg ein energetischer Standard auf Passivhaus-Niveau (maximaler Heizwärmebedarf von $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) angestrebt.

In der Begleitforschung wurden die Maßnahmen auf ihre Wirksamkeit hin überprüft und verbessert. Zusätzlich wurden Eingangsluftwechsel und Wirkung der Dämmschürzen unter der Bodenplatte evaluiert, um eine Klärung dieser kontrovers diskutierten Maßnahmen zu erhalten.

Gebäudehüllflächen

Die Speicherung der Wärmegewinne im Winter und der Kühle im Sommer übernehmen die massiven Bauteile: Dies sind die Fundamente, Außenwände und insbesondere die 50 cm dicke Bodenplatte der Schule. Um die Auskühlung der Bauteile durch die Außenluft zu verhindern, muss eine passivhaustaugliche Dämmung eingesetzt werden. Auf die Stahlbetonkonstruktion mit massiven Außenwänden ist daher eine hinterlüftete Vorhangfassade aus Faserzementplatten mit 280 mm starker Mineralwolldämmung aufgebracht. Die Befestigung der Vorhangfassade wurde mittels Edelstahl-U-Profilen auf Thermostopp (8 mm) realisiert. Diese Unterkonstruktion weist im Vergleich mit üblichen Konstruktionen verhältnismäßig geringe Wärmeverluste auf. Dabei werden zwar nicht die geringen Dämmstoffstärken eines Wärmedämmverbundsystems (ein gleicher U-Wert wäre mit etwa 200 mm WDVS erzielt worden) erreicht, jedoch ist die Konstruktion dampfdiffusionsoffen und robust.

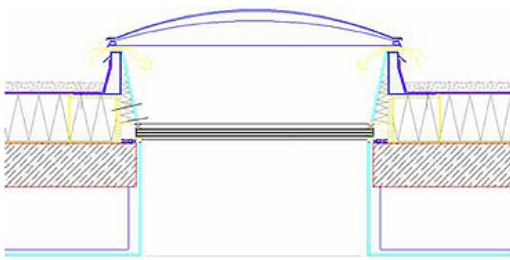
Über der Bodenplatte aus Beton liegen eine 10 cm starke Polystyrol-Dämmung, eine Perlite-Ausgleichsschüttung, der Trockenestrich, sowie eine Trittschalldämmung. Tragende Stützen und Wände reichen allerdings ohne thermische Trennung bis auf die Bodenplatte. Eine Optimierung der Bodenplattendämmung erfolgt durch 2 m tiefe und 20 cm starke Dämmschürzen mit Betonteil, um gleichzeitig Schubspannungen aufgrund der Hanglage aufzunehmen. Dadurch wird eine Wärmeglocke unter dem Gebäude erzeugt, und der U-Wert des Bauteils verbessert.

Die Fenster wurden mittels Winkeln auf PU-Recycling-Blöcke aufgebracht.



Fensteranschlussdetail

Bei den Dachfenstern war eine hochwärmedämmende Konstruktion gewünscht, welche noch nicht als Gesamtkomponente auf dem Markt verfügbar war. Daher erfolgte die Zusammensetzung aus Einzelkomponenten. Um Kondensbildung zu vermeiden, wurde die Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung direkt in die Dämmebene mit Hinterlüftung eingesetzt.



Schnitt durch die Dachlichtkuppel mit zusätzlicher horizontaler Dreifachverglasung

Zusammenstellung der U-Werte der Gebäudehüllflächen

Bauteil	U-Wert [W/m²K]	Beschreibung
Außenwand	0,19	Faserzementplatten mit dahinter liegender Mineralwolle (Dämmstärke 28 cm)
Fenster	0,74	3-fach-Wärmeschutzverglasung U _g = 0,6 W/m²K; g = 0,41
Dach	0,11	---
Boden	0,35	50 cm Beton mit Polystyrol-Dämmung
	0,22	Dämmschürze unter Betonwänden und Stützen

Heizung / Lüftung / Beleuchtung



Einzelraum-Bediengerät mit Anzeige der Ist- und Soll-Temperatur

Über die zentrale Gebäudeleittechnik (GLT) werden über Zeitprogramme die gewünschten Raumnutzungen eingestellt und darüber z. B. die Heizung, Lüftung, Stellung der Lüftungsklappen und die Außenverschattung gesteuert. In den Räumen können die Nutzer über ein Bediengerät für den jeweiligen Raum die Sollwerttemperatur um +/- 2 K verändern (keine Kühlung). Außerdem können sie die GLT-Steuerung des Sonnenschutzes und der Lüftungsklappen individuell übersteuern.

Die Beheizung des Gebäudes erfolgt über zwei kaskadierte, vollautomatisierte Holzpellet-Kessel mit je 60 kW. Der Jahresnutzungsgrad wird aus den Herstellerangaben zu knapp 92 % abgeschätzt. Im Winter wird dieser Wert aufgrund geringer Dämmstärken der langen Lüftungsleitungen mit $\eta_{eff} = 74\%$ angegeben. Die Versorgung mit Holzpellets stellt die günstigste Wärmebereitstellungsart dar, günstiger sogar noch als Fernwärme. Abweichend vom "klassischen" Passivhauskonzept werden die einzelnen Räume über kleine Heizkörper beheizt. So kann flexibler auf wechselnde Belegung und damit schwankende innere Lasten reagiert werden. In der Küche existiert lediglich ein Vorheizregister der Zuluft, um die Mindestlufttemperatur zu gewährleisten. Die Gebäudelüftung erfolgt über ein Zuluftsystem mit Wärmerückgewinnung (WRG). Dafür stehen 6 zentrale Lüftungsgeräte für jeweils verschiedene Nutzungsbereiche mit Nennvolumenströmen von 1900 (Turnhalle) – 6440 (Küche) [m³/h] zur Verfügung. Komponenten der Anlage sind ein Dreifach-Plattenwärmeübertrager, ein Wärmerad mit Feuchterückgewinnung, sowie ein Plattenwärmeübertrager mit adiabater Kühlung. Die optimale Luftwechselrate wird (gemäß Planungsempfehlung aus Pflüger 2006 zwischen 15 – 20 m³/h·Person) mit 16,4 m³/h·Person festgelegt. Die Zuluft wird beim Vorspülen (eine Stunde vor Nutzungsbelegung) beheizt, um fehlende interne Lasten auszugleichen.

Für die zusätzlich freie Sommerlüftung und Nachtlüftung der Klassenräume werden jeweils zwei Lüftungsklappen vorgesehen.

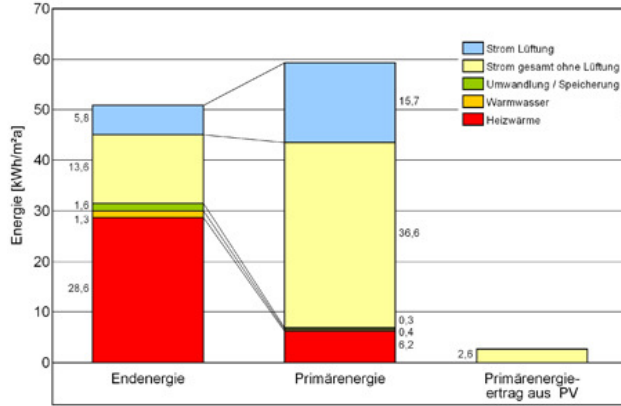


Lüftungsklappen

In den Klassenräumen gibt es seitlich zwei einzeln schaltbare Lichtbänder mit 4 Leuchten und vorne zwei Spiegelraster. Die Außenverschattung wird im Sommer zur Nutzung nur soweit geschlossen, dass diffuse Tageslichtnutzung möglich ist. Außerhalb der Nutzungszeit ist sie komplett geschlossen.

Energieverbrauch

Insgesamt liegt die Heizenergie-Einsparung gegenüber dem Standard-Verbrauch für 30 Frankfurter Schulen bei 88 %.



Quelle: Passivhaus Institut, Darmstadt; Messauswertung Passivhausschule Frankfurt Riedberg
 End- und Primärenergiebilanz für Schule, Küche und KiTa (ohne Turnhalle) vom 1. Oktober 2005 bis 30. September 2006

Aufteilung der spezifischen Verbrauchswerte bezogen auf die beheizte Energiebezugsfläche von 5.541 m² [2]

	Endenergie [kWh/m²a]	Primärenergie [kWh/m²a]
Heizwärme	28,6	6,2
Warmwasser	1,3	0,4
Umwandlung / Speicherung	1,6	0,3
Strom gesamt ohne Lüftung	13,6	36,6
Strom Lüftung	5,8	15,7
Gesamt	50,9	59,2
Heizung und Belüftung (einschließlich Hilfsenergie, ohne Warmwasser)	36,0	22,2

Nutzerbewertung

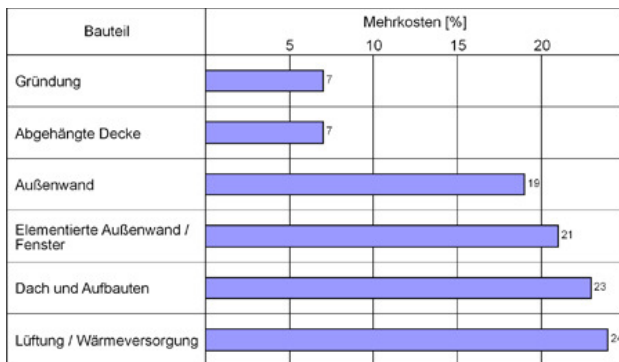
Anfänglich starke Unterschiede der möglichen Raumtemperaturen im EG (zwischen 17,3 und 23 °C) werden in der folgenden Heizperiode durch Einstellung und Optimierung vieler Gebäudeparameter korrigiert. Die Winter-Temperaturen pendelten sich zwischen 20,8 und 21,4 °C ein. Im Sommerbetrieb wird der Grenzwert für sommerliche Innentemperaturen von 27 °C (sommerheiße Klimazone) nur wenige Stunden erreicht, die mittlere Sommer-Temperatur (2006) liegt bei 22,9 °C. Die mittlere Differenz zwischen Oberflächen- und Raumlufttemperatur beträgt 0,6 K (Grenzwert laut Recknagel 2003: 3 K). Das Resultat bestätigt eine hohe thermische Behaglichkeit während der Nutzungszeit. In der Kindertagesstätte wird ein generell etwas erhöhtes Temperaturniveau festgestellt. Die relative Raumluftfeuchte beträgt im Mittel mit 36,5 % (2005/2006) und 46,5 % (2006/2007). Etwas höhere Raumluftfeuchten wären wünschenswert, jedoch aus Lüftungstechnischen Gründen und fehlender Feuchtequellen nicht einstellbar. Somit ist eine möglichst kurze Lüftungseinstellung gemäß Nutzungsbelegung künstlicher Raumbefeuchtung vorzuziehen, um mögliche Beeinträchtigungen der hygienischen Anforderungen zu umgehen. Im Normalbetrieb der Lüftungsanlage (Übereinstimmung der Nutzungsbelegung gemäß vorprogrammierter Lüftungsleistung) gibt es nur punktuelle Überschreitung des CO2-Grenzwertes (DIN 1946 Teil 2) von 1500 ppm. Allerdings treten auch hier deutliche Überschreitungen des Wertes aufgrund falsch programmierter oder für andere Nutzungsanforderungen ausgelegte Luftvolumenströme auf.

Kosten

Aufschlüsselung der Investitionskosten

Position	Kosten [EUR]
Bezogen auf eine Hauptnutzfläche von 6.100 m² ergeben sich spezifische Baukosten (KG 300 + 400) von 1.850 €/m².	
Baukosten - Kostengruppe 300 + 400	11,3 Mio.
Gesamtkosten (brutto)	16,7 Mio.

Die Mehrkosten für Ausführung in Passivhausbauweise betragen 900.000 EUR, also ungefähr 5,3 % der Gesamtkosten von 16,7 Mio. EUR. Pro Bauteil lassen sich die Mehrkosten wie folgt aufschlüsseln:



Quelle: Hochbauamt der Stadt Frankfurt a. M. Abteilung Energiemanagement

Eine Neutralität der Gesamtkosten gegenüber einer Standard-Schule auf Grundlage der Mehrkosten wird nach einer Kostenberechnung (Bretzke 2006) mit 5,5 % Kapitalkosten und 3 % Preissteigerung in 38 Jahren erreicht. Nach Messungen in 2005 konnte dieser Wert mit 12 Jahren deutlich gesenkt werden. Dem Projekt wurde durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt – DBU eine Fördersumme von 250.000 € gewährt. Zusätzlich wurde der Heizkessel durch das Land Hessen mit 10.000 € gefördert.

Zusammenfassung

Der Bau dieser ersten Passivhaus-Schule Deutschlands hat gezeigt, dass eine Ausführung in Passivhaus-Weise wirtschaftlich tragbar ist und war Grundlage für den 2007 von der Stadt Frankfurt gefällten Entschluss, künftig alle öffentlichen Gebäude in Passivhaus-Standard zu errichten.

Durch die Begleitforschung konnten die Anlagen verbessert werden, sowie Grundsatzfragen der Energiedebatte geklärt werden.

Es ergaben sich hohe Behaglichkeiten bei einer Heizenergieeinsparung von 88 % bezogen auf 30 Frankfurter Schulen und eine sehr gute primärenergetische Bewertung. Die Schule steht in großem internationalem Interesse und wurde umfangreich dokumentiert.

Empfehlungen

- Dämmschürzen mit reduziertem Wärmeschutz der Bodenplatte sind mit Unsicherheiten (über sich einstellende Erdreichfeuchte und – Wärmeleitfähigkeit) behaftet. Daher sind entsprechende Sicherheiten einzuplanen.
- Lange Leitungsführungen reduzieren den effizienten Wärmebereitstellungsgrad auf 74 % und steigern Investitionskosten. Kurze, gut gedämmte Kanäle sind wichtig für eine effiziente Lüftungstechnik.
- Eine komplizierte Logistik der Technikkomponenten erfordert eine umfangreiche Einweisung des zuständigen Personals und ein lückenloses Monitoring. Damit erst kann das volle Potential der GLT ausgenutzt werden, z. B. kann über eine über die GLT oder Jahresschaltuhr gesteuerte Abschaltung der Heizkreispumpen ein Einhalten der festgelegten Heizungsperioden erreicht werden, sowie unbenutzte Räume über das Zeitprogramm in Ihrer Betriebstemperatur abgesenkt werden. Sondernutzungen außerhalb der Lüftungszeiten (z. B. Elternabend) müssen vorher einprogrammiert werden.
- Die eingesetzten Zweistrahl-Infrarotsensoren zur Messung der CO₂-VOC- Konzentration (MF420-IR-LC) wiesen bei der Kalibrierung große Abweichungen auf und teilweise hohen Drift und sind somit nicht zur Steuerung der Raumluftqualität geeignet.
- Lange Schließzeiten der motorisch betriebenen Windfang-Türen ergeben Lüftungswärmeverlust von 4,7 kWh/Person a. Daher ist eventuell eine bauliche Trennung in einen häufig frequentierten Haupteingang mit mechanischen Türschließern und einen weniger benutzten Nebeneingang mit motorisch betriebenen Türflügeln anzustreben.

Zusätzliche Informationen

Literatur, Quellenangaben

- [1] Bretzke, A.; "Planung und Bau der Passivhaus Grundschule, Kalbacher Höhe 15, Frankfurt a. M.", Energiemanagement der Stadt Frankfurt a. M. (www.stadt-frankfurt.de/energiemanagement/passiv/Fachaufsatz-Riedberg.pdf)
- [2] Peper, S. / Kah, O. / Pflüger, R. / Schnieders, J.; Passivhauschule Frankfurt Riedberg – Messtechnische Untersuchung und Analyse; Passivhaus Institut Darmstadt, 2007
- [3] Bretzke, A.; "Planung und Bau der Passivhaus Grundschule", Energiemanagement der Stadt Frankfurt a. M. (www.hessenenergie.de/Dosswnloads/DI-Nach/dln-fkom/dln-fkom-pdfs/Bretzke_Foerd-08.pdf)

Projektpartner

Projektsteuerung	Hochbauamt der Stadt Frankfurt hochbauamt@stadt-frankfurt.de
Architektur	4a Architekten GmbH, Stuttgart kontakt@4a-architekten.de
Bauphysik und Energiekonzept	- Passivhaus-Institut Dr. Wolfgang Feist, Darmstadt mail@passiv.de - Transsolar Energietechnik GmbH, Stuttgart transsolar@transsolar.com
Messprogramm	Passivhaus-Institut Dr. Wolfgang Feist, Darmstadt mail@passiv.de
Förderung	- Land Hessen - Deutsche Bundesstiftung Umwelt - DBU

Links

Messtechnische Untersuchung und Analyse der Schule durch die Begleitforschung:
→ www.passiv.de/04_pub/Literatur/Riedberg/PH-Schule_Monitoring.pdf

Zusammenfassung des Bauvorhabens durch das Passivhausinstitut:
→ www.passivhaustagung.de/Passivhaus_D/Fallbeispiel_Passivhaus_Schule_Riedberg.html

Vortrag von Axel Bretzke zum Bauvorhaben:

→ www.stadt-frankfurt.de/energiemanagement/passiv/Fachaufsatz-Riedberg.pdf

Abbildungsnachweis

Foto im Datenkopf, Luftbild – aus [3];
Hochbauamt der Stadt Frankfurt a. M., Abt. Energiemanagement

Foto Nordwest Ansicht – aus www.beton.org/sixcms/detail.php?id=45406;
4a Architekten GmbH Stuttgart

Schnitt, Grundriss, Detail Lichtkuppel – aus [2];
Planunterlagen 4a Architekten GmbH Stuttgart

Fotos Fensteranschluss, Einzelraum-Bediengerät, Lüftungsklappen – aus [2];
Passivhaus Institut Darmstadt