

Energiekonzept Musterschule Frankfurt am Main



Auftraggeber: Stadt Frankfurt am Main
Der Magistrat - Hochbauamt (Amt 65) -
Gerbermühlstraße 48
60594 Frankfurt am Main

Projekt: Energiekonzept Musterschule
Oberweg 5
60318 Frankfurt am Main

Durchführender
Berater:

WK.concept

Architekten + Energieberater

Marcus Kempf Dipl.-Ing./Architekt, Zert. Gebäude-Energieberater
Jürgen Werner Dipl.-Ing./Architekt, Zert. Gebäude-Energieberater

Eckenheimer Landstraße 69
60318 Frankfurt am Main
Tel. 069/ 59797741
Fax 069/ 59797742
energie@wk-concept.de
www.wk-concept.de

Mitarbeiter: Alec v. Fersen Dipl.-Ing. Elektrotechnik
Alexander Klein Dipl.-Ing. Tech. Gebäudeausrüstung

Frankfurt/M 13.07.2009
Jürgen Werner
Projektleitung WK.concept

Zusammenfassung / Kurzfassung

Schwerpunkt der Untersuchung ist die energetische Analyse der baulichen Hüllfläche, und daraus resultierend die Entwicklung von energetischen Sanierungsmaßnahmen im Bereich des Gründerzeitgebäudes. Die energetischen Einzelmaßnahmen und Maßnahmenvarianten für die Musterschule werden nachfolgend zusammengefasst. Es wurden die entwickelten Maßnahmenvarianten mit Hilfe der Gesamtkostenberechnung (Rechentoll HBA Frankfurt/Energiemanagement) energetisch und wirtschaftlich bewertet. Die Einzelmaßnahmen wurden in einer separaten Betrachtung mit Hilfe der Gesamtkostenberechnung auf ihre Wirtschaftlichkeit untersucht. Die Einzelmaßnahmen mit der besten Wirtschaftlichkeit wurden danach in einer neuen, verbrauchsangepassten Gesamtkostenberechnung mit gemittelten U-Werten zu Maßnahmenvarianten zusammengefasst und wirtschaftlich bewertet.

Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit wurde aufgrund folgender Annahmen errechnet: Energiepreisstesigerung: 5%, Kapitalzins: nominal 3,1%, Betrachtungszeitraum: 25a

Nachfolgend werden die Einzelmaßnahmen und Maßnahmenvarianten im Bereich der Gebäudehülle nochmals aufgeführt.

Einzelmaßnahmen Gebäudehülle Altbau u. Anbau-1

- Außendämmung Außenwandflächen Süd- u. Ostfassade Altbau u. Anbau-1 m. Wärmedämmverbundsystem, d= 160mm, WLG 035
- Innendämmung Außenwand erhaltenswerte Nord- u. Westfassade Altbau, d= 120mm, WLG 045
- Wärmedämmputz Außenwand erhaltenswerte Nord- u. Westfassade Altbau, d= 25mm, WLG 065
- Dämmung Oberste Geschoßdecke Altbau-Mittelbau, d=250mm, WLG 035-040
- Dämmung Flachdach Anbau-1, d= 250mm, WLG 035
- Erneuerung d. Verglasung der bestehenden Fensterelemente, neuer Ug-Wert: 1,1 W/m²K
- Erneuerung d. kompletten Fenster durch neue Fenster m. Dreifachverglasung, neuer Uw-Wert: 0,80 W/m²K

Einzelmaßnahmen Gebäudehülle Anbau-2

- Dämmung Kellerdecke z. Tiefgarage von unterhalb m. d= 100mm, WLG 035
- Erneuerung d. Verglasung/Oberlichter der bestehenden Fensterelemente, neuer Ug-Wert: 1,1 W/m²K
- Dämmung Flachdach, d=250mm, WLG 035
- Dämmung Deckenfläche Pausenterrasse, d= 180mm, WLG 025

Die Einzelmaßnahmen im Bereich der Gebäudehülle werden im Energiekonzept unter Punkt „ 4. Energiesparmaßnahmen der Gebäudehülle“ ausführlich beschrieben.

Die Maßnahme **Wärmedämmputz Altbau** für die erhaltenswerte Nord- u. Westfassade wurde als folgenden Gründen nicht weiterverfolgt:

- Die energetische Verbesserung des U- Wertes von 1,20 W/m²K im Bestand auf 0,83 W/m²K mit 2,5cm Wärmedämmputz ist nur begrenzt.
- Der Fensterflächenanteil der Fassaden ist sehr hoch
- Der vorhanden Putz befindet sich noch in eine guten Zustand

Die umfangreichen Wandbereiche mit Sandsteinverblendungen (Sockelbereich bis Fensterkämpfer Erdgeschoss) und Sandsteingewänden im Bereich der Fenster können durch den Wärmedämmputz nicht verbessert werden

Vergleich Maßnahmen zur Fenstererneuerung

Im Bereich der Fenstererneuerung wurde die Maßnahme „Erneuerung der Verglasung Fenster/Altbau“ mit der „Erneuerung der Fenster m. Dreifachverglasung/Altbau“ verglichen. Bei Wirtschaftlichkeitsvergleich wurde die erzielte Differenz der Energieeinsparung über die Lebensdauer (25a) mit der Differenz der Mehrinvestitionen (inkl. Kapitalkosten über die Lebensdauer) verglichen. Es zeigte sich, dass Mehrinvestitionen der „Fenstererneuerung mit Dreifachverglasung“ um das 20 fache über der erzielten Energieeinsparung der „Erneuerung der Verglasung“ liegen. Auch der Prioritätsfaktor liegt bei 0,15 und ist weit von dem wirtschaftlichen Faktor 1,0 entfernt. Vor Ausführung der „Erneuerung der Verglasung“ sollte jedoch die Langlebigkeit der bestehenden Fenster überprüft werden.

Können die bestehenden Fenster aufgrund von funktionalen- oder Sicherheitsaspekten nicht mehr weiter erhalten werden, wird der Einbau von Fenstern mit Dreifachverglasung empfohlen. Auch die Ausführung der Innendämmung bedingt die komplette Erneuerung der Fenster, da die notwendige Laibungsdämmung bei den zurzeit eingebauten Fenstern nur unzureichend eingebaut werden kann.

Beurteilung Beleuchtungssanierung Altbau

Bei der Betrachtung der sanierten Klassenräume fiel auf, dass die Anschlussleistung der Beleuchtung mit **15,75 W/m²** niedriger ist, als die der alten Anlage (20 W/m²) jedoch den Grenzwert **gem. Leitlinie (7,5 W/m²)** um das doppelte übersteigt. Die sanierten Klassenräume haben neben der Grundbeleuchtung mit Leuchtstofflampen, die die geforderten 300 lux erbringen, zusätzlich im Tafelbereich 3-5 Downlights mit jeweils 2x42W Kompaktleuchtstofflampen. Es ergeben sich in einem eingegrenzten Bereich Beleuchtungsstärken von 1.000 lux. Das Licht ist akzentuiert eingesetzt und wirkt anregend. Im Vergleich dazu wirkt die Beleuchtungssituation in den noch unsanierten Fachklassenräume des Anbaus-2 mit gleichmäßigen 300 lux in der Fläche und 350 lux im Tafelbereich eher ermüdend. Wenn es möglich ist, einen Klassenraum mit Licht anregend zu gestalten, ist das bei den sanierten Räumen gelungen.

Es ist vermutlich möglich, mit der Wahl anderer Leuchten (Wallwasher mit Leuchtstofflampen) den Effekt effizienter, aber vermutlich nicht so akzentuiert zu realisieren.

Es ist jedoch die grundlegende Frage zu klären, ob für Klassenräume mit dieser Art Effektbeleuchtung ein anderer Grenzwert gelten kann.

Die **wirtschaftlichsten Einzelmaßnahmen** werden nachfolgend zu sinnvollen **Maßnahmenvarianten** zusammengefasst. Empfohlen wird mit der Maßnahmenvariante-2 zu beginnen. Diese Maßnahmenvariante kann weitgehend unabhängig vom Schulbetrieb durchgeführt werden. Durch die Ausführung des Maßnahmenvariante-3 wird die energetische Fassadensanierung des Altbaus durchgeführt. Die Maßnahmenvariante-5 ist eine Zusammenfassung der Maßnahmenvarianten 2+3 und beinhaltet alle empfehlenswerten Einzelmaßnahmen.

Maßnahmenvarianten Gebäudehülle Altbau/Anbau-1 + Anbau-2 und weiteren Maßnahmen

Es wird empfohlen mit der Ausführung der Maßnahmenvariante-2 zu beginnen.

Maßnahmenvariante-2

- Dämmung Kellerdecke z. Tiefgarage, Anbau-2, von unterhalb m. d= 100mm, WLG 035
- Dämmung Oberste Geschoßdecke, Altbau-Mittelbau, d=250mm, WLG 035-040

Weitere Maßnahmen innerhalb Maßnahmenvariante-2:

- Dämmung Wärmebrücken im Bereich Cafeteria und Pausenterrasse/ Umkleiden-UG (siehe Thermographie)
- Austausch Verglasung/ Fenster- Oberlichter Anbau-2
- Leuchtmittelaustausch im Bereich der Tafelbeleuchtung-Altbau (Reduzierung der Wattleistung)
- Erneuerung d. versenkbaren Bodendichtung der Treppenhaustüren z. Pausenhof (siehe unter 6.1)
- Einbeziehung Schüler/Energieteams in das Thema Energiesparen (siehe unter 6.1)
- Überprüfung Heizkörper im alten Haupteingang Altbau (siehe unter 6.1)
- Klärung der Möglichkeit des Einbaus einer PV- Bürgersolaranlage, Gründung PV-Schüler AG (siehe unter 6.1)
- Herstellung einer funktionierende Einzelraumreglung der Klassenräume, Steuerung über Belegungsplan Schule
- Optimierung der Betriebsweise der bestehenden Lüftungsanlagen (siehe unter 5.4)

Maßnahmenvariante-3

- Außendämmung Außenwandflächen Süd- u. Ostfassade Altbau u. Anbau-1 m. Wärmedämmverbundsystem, d= 160mm, WLG 035
- Dämmung Flachdach Anbau-1, d= 250mm, WLG 035
- Dämmung Deckenfläche Pausenterrasse, Anbau-2, d= 180mm, WLG 025
- Erneuerung d. Fensterelemente Altbau/Anbau-1 u. Verglasung/ Oberlichter Anbau-2

Weitere Maßnahmen innerhalb Maßnahmenvariante-3:

- Integrierung der Sonnenschutzmaßnahmen in die Dämmung der Süd- u. Ostfassaden
- Einbau von Ab- und Zuluftanlagen mit WRG für die Klassenräume Altbau (siehe 5.5)

Maßnahmenvariante-4

- Erneuerung Fensterelemente Altbau/Anbau-1 u. Verglasung/ Oberlichter Anbau-2

Maßnahmenvariante-5

- Dämmung Kellerdecke z. Tiefgarage, Anbau-2, von unterhalb m. d= 100mm, WLG 035
- Dämmung Oberste Geschoßdecke, Altbau-Mittelbau, d=250mm, WLG 035-040
- Außendämmung Außenwandflächen Süd- u. Ostfassade Altbau u. Anbau-1 m. Wärmedämmverbundsystem, d= 160mm, WLG 035
- Dämmung Flachdach Anbau-1, d= 250mm, WLG 035
- Dämmung Deckenfläche Pausenterrasse, Anbau-2, d= 180mm, WLG 025
- Erneuerung d. Fensterelemente Altbau/Anbau-1 u. Verglasung/ Oberlichter Anbau-2

Nachfolgend werden die Einzelmaßnahmen im Bereich der Heizungs- und Lüftungsanlagen aufgeführt.

Einzelmaßnahmen Heizungs- und Lüftungsanlagen

- Erneuerung d. Heizungsanlage mit BHKW
- Heizkörperoptimierung Altbau
- Verbesserung Einzelraumreglung und Hydraulik, Einbau geregelter Heizungspumpen
- Optimierung bestehender Lüftungsanlagen
- Neue Lüftungsanlagen für Klassenräume – Altbau

Die Einzelmaßnahmen Heizungs- und Lüftungsanlagen können weitgehend unabhängig von Einzelmaßnahmen Gebäudehülle ausgeführt werden. Die Ausführung der Heizungserneuerung nach den Energiesparmaßnahmen Gebäudehülle eröffnet jedoch den Einbau eines kleineren Kessels. Durch den Einbau von Lüftungsanlagen im Dachbereich-Altbau sollte die Dämmung der obersten Geschoßdecke erst nachfolgend durchgeführt werden.

Die Einzelmaßnahmen im Bereich der Heizungs- und Lüftungsanlagen werden im Energiekonzept unter Punkt „ 5. Energiesparmaßnahmen Heizungs- u. Lüftungsanlagen“ ausführlich beschrieben.

Zusammenstellung Einzelmaßnahmen Haustechnik

Nr.	Einzelmaßnahmen Haustechnik	Abfolge d. Maßnahmen* Bezug Gebäude	Investitionskosten-schätzung € / brutto (KGR 400)	Jährl. Energieeinsparung € / a
1	Sanierung Heizungszentrale	1	Bereits in Umsetzung	
2	Erweiterung Heizungszentrale um ein BHKW	1	Mehrinvestitionen: ca. 90.000	ca. 20.000
3	Einzelraumregelung	1	Bereits in Umsetzung	
4	Heizkörpererneuerung West- und Nordfassade	2	ca. 53.500	Einsparung durch Innendämmung, siehe Einzelmaßnahme Hüllfläche
5	Best. RLT-Anlagen	1	Änderung Betrieb: Alternierend, keine Investitionen	Volllastbetrieb: ca. 10.900 Teillastbetrieb: ca. 4.700
6	Neue RLT-Anlagen Altbau - Fensterfalzlüftung - Dezentrale Lüftungsgeräte mit WRG	2	ca. 5.400 ca. 238.000	ca. 12.000
				Σ = ca. 42.900 €/a

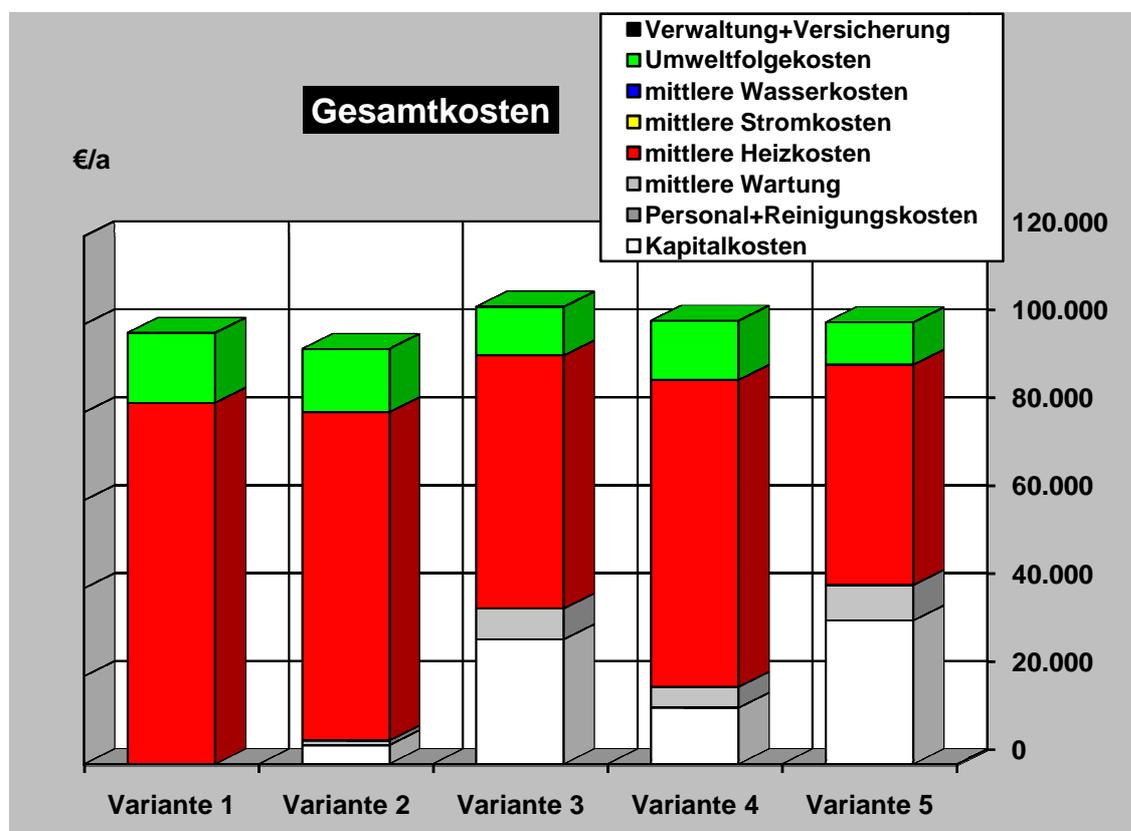
* Die Abfolge der Maßnahmen empfiehlt durch die Nummerierung der Maßnahme den empfohlen Ablauf der Ausführung . (Erklär.: 1= zeitnahe Umsetzung)

Zusammenstellung Einzelmaßnahmen / Maßnahmenvarianten Gebäudehülle

Gebäudeteil	Nr.	Einzelmaßnahmen / Maßnahmenvarianten Gebäudehülle	Investitios- kosten- schätzung	Abfolge d. Maßnahm.*	Jährl. Heizwärme bedarf	Jährl. CO2 Emission	Jährl. Energie- einspar- ung	Jährl. Energie- einspar- ung	Amortisation d. Investition
	0	Ist-Zustand			123	37			
Altbau + Anbau-1 (5.712 m² NGF)	1	Außendämmung Außenwand Altbau + Anbau-1 Süd – u. Ostfassade m. WDVS, d=160mm	217.000	3					
	2	Innendämmung Außenwand Altbau Nord - u. Westfassade, d=120mm	290.000	-					
	3	Dämmung Oberste Geschoßdecke Altbau – Mittelbau d= 250mm	33.000	1					
	4	Dämmung Flachdach Anbau-1 d= 250mm	20.000	3					
	5	Erneuerung d. Verglasung Fenster Altbau + Anbau-1	137.000	-					
	6	Einbau neuer Fenster m. Dreifachverglasung	595.000	2					
Anbau-2 (2.754 m² NGF)	7	Dämmung Kellerdecke z. Tiefgarage d=100mm	41.000	1					
	8	Erneuerung d. Verglasung Fenster/Oberlichter	38.000	2					
	9	Dämmung Flachdach d=250mm	103.000	4					
	10	Dämmung Dachfläche Pausenterrasse d= 180mm	31.000	3					
Altbau Anbau-1 Anbau-2 (8.466m² NGF)		Maßnahmen- Variante-2 Zusammenfassung d. Maßnahmen Nr. 3 + 7	74.000	1	111	34	9	4.000	11,1
		Maßnahmen- Variante-3 Zusammenfassung d. Maßnahmen Nr. 1+ 4 6 + 8+ 10	901.000	3	83	26	30	13.000	36,8
		Maßnahmen- Variante-4 Zusammenfassung d. Maßnahmen Nr. 6 + 8	663.000	2	103	32	15	6.500	37,3
		Maßnahmen- Variante-5 Zusammenfassung d. Maßnahmen Nr. 1+ 3 + 4 + 6 + 7 + 8 + 10	975.000	3	70	23	39	17.000	28,1

* Die Abfolge der Maßnahmen empfiehlt durch die Nummerierung der Maßnahme den empfohlen Ablauf der Ausführung . (Erklär.: 1= zeitnahe Umsetzung)

Bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit/Gesamtkostenberechnung der Maßnahmen mit Fenstererneuerung (Maßnahmenvarianten 3-5) wurden als Investitionskosten der Fenstererneuerung nur die Mehrkosten von Passivhausfenstern ($U=0,8$) im Vergleich mit Standard-Fenstern mit Zweifachverglasung angesetzt.



Auswirkung der Maßnahmenvarianten auf den Energieausweis

Der Heizenergie-Verbrauchskennwert (Zeitraum 2003-2005) liegt zurzeit bei **142 kWh/m²a** oder **Effizienzklasse D**. Bei der Ausführung der Maßnahmenvariante-3 oder Maßnahmenvariante-5 würde sich die Einstufung auf **Effizienzklasse B** (92-110 kWh/m²a) verbessern. Verbesserungen der Einstufung durch die in der Umsetzung befindliche Heizungserneuerung wurden nicht berücksichtigt.

Resümee

Die zurzeit wirtschaftlichste Maßnahme ist Maßnahmenvariante-2, mit Dämmung der obersten Geschoßdecke/Altbau und Dämmung Kellerdecke z. Tiefgarage/Anbau-2. Diese Maßnahmen können auch ohne Behinderung des Schulbetriebes ausgeführt werden. Bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde eine Energiepreissteigerung von 5% angesetzt. Sollte die Energiepreise mittelfristig schneller steigen, was bei einer positiven Wirtschaftsentwicklung und der Verknappung von fossilen Energieträgern erwartet werden kann, werden die weiteren Maßnahmenvarianten schneller eine verbesserte Wirtschaftlichkeit erreichen.

Maßnahmenvariante-5 ist die Zusammenfassung der energetisch und wirtschaftlich sinnvollen Dämmmaßnahmen. Die Maßnahmenvariante erreicht eine jährliche Energieeinsparung von 39% (ca. 17.000 €/a) im Vergleich zum Ist-Zustand. Wichtig ist es für die weitere energetische Sanierung ein Konzept zu entwickeln, auf das jede Einzelmaßnahme abgestimmt wird. Die in vorangegangenen Zusammenstellung ersichtliche Rubrik „Abfolge der Maßnahmen“ soll hierbei einer Hilfestellung leisten.

Wichtiger Bestandteil der Beauftragung war die Untersuchung von Dämmmaßnahmen für den Gründerzeitbau. Für die erhaltenswerte Nord- u. Westfassade wurde auch das Aufbringen eines Wärmdämmputzes untersucht. Aufgrund der nur geringen energetischen Verbesserung durch die maximale Dämmputzstärke von ca. 25mm, sowie der großen Sandsteinoberflächen und noch gute Qualität des vorhandenen Putzes, wurde diese Maßnahme nicht weiter verfolgt.

Als alternative Dämmmaßnahme wurde die Innendämmung der erhaltenswerte Fassade weiterfolgt. Die Schätzung der Kosten aller auch flankierenden Maßnahmen (z.B. vorhandene neue GK-Decke öffnen, Heizkörper versetzen etc.) ergab, dass diese Maßnahme durch die hohen Kosten (Kostenkennwert: ca. 230 €/m², Amortisationszeit ca. 100 a) als nicht wirtschaftlich angesehen werden kann. Nur innerhalb eines Demonstrationsvorhabens könnten Erfahrungen mit der Umsetzung, Kosten und Wirksamkeit der Maßnahme gewonnen werden.

Eine pilothafte Umsetzung der Innendämmung an der Musterschule könnte für Vergleichsgebäude in Frankfurt (z.B. Glauburgschule, Willemschule etc.) Erkenntnisse für die Dämmung von erhaltenswerten Gründerzeitfassaden ergeben. Auch die Integrierung von mechanischen Lüftungsanlagen könnte beispielhaft bei diesen Gebäudetyp erprobt werden.

1. INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG / KURZFASSUNG.....	3
1. INHALTSVERZEICHNIS.....	11
2. ALLGEMEINE HINWEISE	13
2.1 AUFGABENSTELLUNG.....	13
2.2 GRUNDLAGENERMITTLUNG.....	13
2.3 VORLIEGENDES PLANWERK.....	13
2.4 UNTERLAGEN VERBRAUCHSERFASSUNG.....	13
2.5 RANDBEDINGUNGEN GEBÄUDE THERMOGRAPHIE.....	13
2.6 ENERGIEEINSPARVERORDNUNG/ ENEC.....	13
2.7 ART DER ERMITTLUNG DER WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENTEN/ U-WERTE	14
2.8 ALLGEMEINE HINWEISE ZUM ENERGIEKONZEPT.....	14
3. IST-ANALYSE.....	15
3.1 OBJEKT BESCHREIBUNG.....	15
3.2 ALLGEMEINE DATEN GEBÄUDE.....	15
3.3 NUTZUNGSPROFIL SCHULE	16
3.4 BERECHNUNG DER BAUTEILE DES GEBÄUDES IM BESTAND, U-WERTE	16
3.5 U-WERTE DER BAUTEILE IM BESTAND IM VERGLEICH ZU ENEC.....	17
3.6 UNKONTROLLIERTE LÜFTUNGSWÄRMEVERLUSTE.....	17
3.7 BESCHREIBUNG DES IST-ZUSTANDS DER BAUTEILE - HÜLLFLÄCHE	18
3.7.1 KELLERDECKE/ KELLERFUSSBODEN	18
3.7.2 AUSSENWÄNDE	18
3.7.3 FENSTERELEMENTE.....	20
3.7.4 DACHFLÄCHE/ OBERSTE GESCHOSSDECKE	21
3.8 WÄRMEBRÜCKEN UND THERMOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNG.....	22
3.9 BESCHREIBUNG DER HEIZUNGS- U. LÜFTUNGSANLAGEN.....	31
3.9.1 GEBÄUDE - RANDBEDINGUNGEN.....	31
3.9.2 HEIZUNGSANLAGE	31
3.9.3 LÜFTUNGSANLAGEN.....	34
3.9.4 SANITÄRANLAGEN.....	38
3.10 ERFASSUNG DES IST-ZUSTANDS BELEUCHTUNG	39
3.10.1 BESTEHENDE BELEUCHTUNG IN GEBÄUDETEILEN.....	39
3.10.2 ENERGIEBEZUG UND KOSTEN.....	39
3.10.3 NUTZUNG	40
3.10.4 LASTGANG	40
3.10.5 TYPISCHE FLÄCHEN.....	42
3.10.6 BESCHREIBUNG EINZELNER FUNKTIONSBEREICHE	42
3.11 ANALYSE DER VERBRÄUCHE, ENERGIEKENNWERTE, LASTGÄNGE.....	47
3.11.1 VERBRAUCHSWERTE	47
3.11.2 ENERGIEAUSWEIS.....	49
3.11.3 LASTGÄNGE WÄRME	50
4. ENERGIESPARGMASSNAHMEN GEBÄUDEHÜLLE.....	51
4.1 ÜBERSICHT BAUTEILE DES GEBÄUDES MIT MASSNAHMEN ZUR ENERGETISCHEN SANIERUNG.....	51
4.2 EINZELMASSNAHMEN ALTBAU/ ANBAU-1	52
4.2.1 DÄMMUNG AUSSENWAND.....	52
4.2.2 DÄMMUNG DACHFLÄCHE/ OBERSTE GESCHOSSDECKE	55
4.2.3 ERNEUERUNG FENSTERELEMENTE.....	57

4.3. EINZELMASSNAHMEN ANBAU-2.....	59
4.3.1 DÄMMUNG KELLERDECKE	59
4.3.2 ERNEUERUNG FENSTERELEMENTE	60
4.3.3 DÄMMUNG DACHFLÄCHEN	61
5. ENERGIESPARMASSNAHMEN HEIZUNGS- U. LÜFTUNGSANLAGEN.....	63
5.1. ERNEUERUNG HEIZUNGSANLAGE MIT BHKW	63
5.2. HEIZKÖRPEROPTIMIERUNG ALTBAU	64
5.3. VERBESSERUNG EINZELRAUMREGLUNG UND HYDRAULIK	65
5.4. OPTMIERUNG BESTEHENDER LÜFTUNGSANLAGEN	65
5.5. ABLUFTANLAGE FÜR KLASSENÄUME - ALTBAU.....	69
5.6. ZUSAMMENFASSUNG MASSNAHMEN HAUSTECHNIK.....	73
6. SONSTIGE MASSNAHMEN.....	74
6.1 NICHTIVESTIVE UND ORGANISATORISCHE MASSNAHMEN	74
6.2 SONNENSCHUTZ SÜD- U. WESTFASSADE ALTBAU	74
6.3 SONSTIGE MASSNAHMEN	75
6.4 CONTRACTING	76
7. FÖRDERUNG VON ENERGIESPARMAßNAHMEN.....	77
8. ANHANG	81

2. Allgemeine Hinweise

2.1 Aufgabenstellung

Unser Büro WK.concept wurde vom Hochbauamt Frankfurt beauftragt für die Musterschule in Frankfurt, Oberweg 5, 60318 Frankfurt ein Gesamtenergiekonzept zu erstellen. Schwerpunkt der Untersuchung ist die energetische Analyse der baulichen Hüllfläche, und daraus resultierend die Entwicklung von energetischen Sanierungsmaßnahmen. Eine besondere Herausforderung stellt die Erarbeitung von energetischen Sanierungsmaßnahmen für erhaltenswerte Gründerzeitfassade des Altbaus dar.

Zusätzlich zum Schwerpunkt Hüllfläche werden die bestehenden Heizungs- und Lüftungssysteme untersucht und energetische Sanierungsmaßnahmen erarbeitet. Die Untersuchung der Beleuchtung wurde in Form einer Erfassung des Bestands beauftragt.

2.2 Grundlagenermittlung

Bei dem vorliegenden Gutachten wurden die ausgehändigten Unterlagen durch eigene Erhebungen vor Ort ergänzt. Zur umfangreichen Datenaufnahme vor Ort waren mehrere Ortstermine erforderlich. Hierbei wurden die baulichen Details, Gerätedaten, Pumpen, Regeleinrichtungen so genau wie möglich erfasst.

2.3 Vorliegendes Planwerk

Folgende Planunterlagen wurden unserem Büro vom Hochbauamt/ Energiemanagement und dem mit den Umbaumaßnahmen beauftragten Architekturbüro Christl + Bruchhäuser übergeben:

Christl + Bruchhäuser: Grundrisse, Schnitte, M= 1:100/1:50 gesamtes Gebäude (Altbau u. Anbau), erstellt zw. 2005-2008,
Hochbauamt/ Energiemanagement: Lageplan M= 1:1000, umfangreiche Planunterlagen (original Bauzeichnungen Anbau etc.) aus dem ISPASS-Hochbauamt

2.4 Unterlagen Verbrauchserfassung

Folgende Unterlagen der Verbrauchserfassung wurden uns vom Hochbauamt/ Energiemanagement übergeben:

- Monatsauswertung der Verbrauchswerte v. 2003 - 2007
- Monatsprofile Verbrauchserfassung Strom + Wärme v. Juli 2007 - Jan. 2008
- Jahreskosten und Verbräuche aus EVU- Rechnungen v. 2001 – 2007
- Zählerliste Musterschule
- Formular Liegenschaften mit allen Daten
- Energieausweis n. Verbrauchskennwerten 2003 - 2005, erstellt 9.01.2008, HBA/Energiemanagement

2.5 Randbedingungen Gebäude-Thermographie

Erstellt am 9.12.2008, 6:00 Uhr, durch Herrn Dipl.-Ing. O. Völksch. Außentemperatur z. Zt d. Erstellung Thermographie – 1 °C.

2.6 Energieeinsparverordnung/ EnEV

Grundlage ist die gültige Energieeinsparverordnung 2007, - Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung) -, ausgegeben Bonn 26.07.2007

2.7 Art der Ermittlung der Wärmedurchgangskoeffizienten/ U-Werte

Die Ermittlung der Wärmedurchgangskoeffizienten/ U-Werte im Bestand beruht auf den Detailaufnahmen der Bestandsanalyse vorort, und wenn vorhanden, auf vorhandene Detail- u. Ausführungspläne. Bei den verwendete Baustoffen und deren Wärmeleitfähigkeiten wurden aufgrund fehlender genauer Angaben für die Bauzeit typischen Werte angenommen. Bei Bauteilaufbauten deren Aufbau vorort nicht zu ermitteln war, sowie keine Detailpläne vorhanden waren, wurde für die Bauzeit typische Detailaufbauten in der Berechnung angesetzt.

2.8 Allgemeine Hinweise zum Energiekonzept

Dieses Energiekonzept soll helfen, Entscheidungen für wirtschaftlich sinnvolle und Umwelt entlastende Maßnahmen zur Energieeinsparung durchzuführen. Es gilt zu beachten, dass die im Bericht genannten Kosten und voraussichtlichen Einsparungen Richtwerte darstellen, und von den tatsächlichen Verhältnissen abweichen können. Das Energiekonzept, und die darin beschriebenen energetischen Sanierungsmaßnahmen können nur als allgemeiner Handlungsfaden dienen. Sie ersetzen nicht die notwendige Betreuung der Sanierungsmaßnahmen durch einen erfahrenen Planer. Es sollten Detaillösungen gefunden werden die bauphysikalisch, brandschutztechnisch und detailoptimiert eine schadensfreie Ausführung gewährleisten.

3. IST-ANALYSE

3.1 Objektbeschreibung

Beim untersuchten Gebäude handelt es sich um einen in mehreren Bauabschnitten entstandenen Schulbau. Der alte Schulbau (**Altbau**) wurde um ca. 1900 im Stil der Gründerzeit erbaut. Die im 2. Weltkrieg entstandenen Kriegsschäden wurden in der Nachkriegszeit wieder aufgebaut. In den sechziger Jahren (ca. 1965) wurde der bestehende Altbau im Bereich der Hofseite durch einen Anbau mit Klassentrakten (**Anbau-1**) erweitert. Im Bereich der Eckenheimer Landstraße wurde Anfang der achtziger Jahre ein großer Erweiterungsbau (**Anbau-2**) geschaffen. Im Jahre 2007 wurde im Bereich der Hoffassade eine neue Cafeteria angebaut. Die Haustechnik des Gebäudes ist im Untergeschoss sowie den Dachbereichen eingebaut. Die Gebäudehüllflächen und die Haustechnik der Altbauten entsprechen wärmetechnisch nicht dem heute gültigen Stand der Technik.

3.2 Allgemeine Daten Gebäude

Tabelle 1: Übersicht der allgemeinen Daten

Haustyp	Schulgebäude, Gymnasium
Standort	60318 Frankfurt am Main
Straße	Oberweg 5
Baujahr	Altbau ca. 1900, Anbau-1 ca. 1965, Anbau-2 ca. 1983, Cafeteria ca. 2007/Neubau
Bezugsfläche/ beheizte Nettogrundfläche* A _{NGF}	Altbau u. Anbau-1: 5.712 m ² , Anbau-2: 2.754 m ² Gesamte Schule: 8.466 m ² *
Beheizte Volumen V _e	Altbau u. Anbau-1: 25.415 m ³ , Anbau-2: 12.219 m ³
Lüftung	Natürliche Lüftung u. mechanische Lüftung
Wärmebrücken	Siehe Gebäude-Thermographie
A/V Verhältnis	Altbau u. Anbau-1: 0,28 1/m, Anbau-2: 0,30 1/m

* Die Nettogrundfläche wurde aus den Plänen ermittelt. Das generell unbeheizte Treppenhaus zwischen Altbau und Anbau-2 wurde nicht in die Bezugsfläche übernommen.



Luftbild Musterschule/ Stand 03-2002



Lageplan

Im Energiekonzept werden die verschiedenen Bauabschnitte als **Altbau** (Gründerzeitbau), **Anbau-1** (sechziger Jahre) und **Anbau-2** (achtziger Jahre) bezeichnet (Lage siehe Luftbild).

3.3 Nutzungsprofil Schule

(Inhalte/ Gespräch mit dem Herrn Langsdorf/ Schulleiter, Hr. Schenk/ SHV, Fr. Werle/ SSA am 21.10.2008 in der Musterschule)

Die Musterschule ist ein Gymnasium das von ca. 1.000 Schülern besucht wird. Die Schule hat einen musikalischen Schwerpunkt und bietet eine ganzzzeitliche Nachmittagsbetreuung. Die Klassenbelegung bewegt sich zwischen 10 - 33 Personen. Von ca. 8:00 - 13:00 Uhr sind die Schulräume voll belegt; nachmittags sind die Räume bis ca. 18:00 Uhr durch z.B.

Arbeitsgruppen, Musikgruppen belegt. Am Abend nutzen Vereinen die Turnhallen zwischen 18.00 - 22:00 Uhr. Die Duschen-Turnhalle werden hauptsächlich durch die Vereine genutzt. Es finden ca. 6 Abendveranstaltungen bis ca. 23:00 Uhr (z.B. Konzertveranstaltungen/ Aula) im Monat, sowie 4 Wochenendveranstaltungen im Jahr (z.B. Tag d. offenen Tür/ Berufsinfotage) statt.

3.4 Berechnung der Bauteile des Gebäudes im Bestand, U-Werte

Im folgenden werden alle Bauteile des Gebäudes im Bestand mit Einbauzustand, U-Werten und den Konstruktionsnamen aufgelistet.

Tabelle 2 : Übersicht der Bauteile im Bestand

P.	Bauteil	Einbauzustand	U - Wert W/m²K	Konstruktion
1	Wand	Außenluft	1,208	AW, Altb., VZ alt
2	Wand	Außenluft	1,551	AW, Altb., VZ+ SA alt
3	Wand	Erdreich	1,041	AW, Altb., VZ alt, Erdb.
4	Wand	Außenluft	1,420	AW, Anb-1, HLZ+ Verbl.
5	Wand	Außenluft	0,626	AW, Anb-2, Bet.+ 6 MW
6	Wand	Erdreich	0,580	AW, Anb-2, Bet.+ 6 XPS, Erd
7	Wand	Außenluft	0,545	AW, Anb-2, KS.+ 6 MW
8	Wand	Außenluft	3,013	AW, Anb-2, UG-DU, Beton
9	Deckenfläche	ungedämmter Dachraum oberhalb	1,880	OGD, Altb., KOD unged.
10	Deckenfläche	unbeheizte Räume oberhalb	0,605	OGD, Altb., KOD Ber. Lüft.
11	Deckenfläche	unbeheizte Räume oberhalb	0,251	OGD, Altb., KOD Ber. Aula
12	Dach	Außenluft	0,227	DA, Itb. neu ged., WHG-SHV
13	Deckenfläche	unbeheizte Räume oberhalb	1,203	FLDA, Anb-2, Ber. Lüft.
14	Dach	Außenluft	0,763	FLDA, Anb-1, alt
15	Dach	Außenluft	0,357	FLDA, Anb-2, alt
16	Dach	Außenluft	3,294	FLDA, Anbau-2, Ber. Pauster.
17	Grundfläche	Erdreich, Bodenplatte	0,959	BP, Altb.-UG
18	Grundfläche	Erdreich, Bodenplatte	1,246	BP, Altb.-UG, Ber. Gymn.
19	Grundfläche	Kellerdecke	1,025	KD, Anb-2, Ber. Turnh.
20	Grundfläche	Erdreich, Bodenplatte	0,959	BP, Anb-2
21	Türen	unbeheizte Räume	5,000	Türen, Stahl, alt, Anb-2, Ber. Fluchttreppenhaus
22	Fenster	Außenluft	2,800	Fenster, Alu, alt, Altb.
23	Fenster	Außenluft	3,500	Fenster, Alu, alt, Anb-2
24	Fenster	Außenluft	2,000	Fenster, Alu, neu, Anb-2
25	Fenster	Außenluft	0,750	Fensterpaneel, PU, Anb-2

3.5 Vergleich der Bauteile des Gebäudes im Bestand zur Anforderungen der gültigen Energieeinsparverordnung/EnEV

Der Zustand der Gebäudehülle ist im Vergleich zur heute gültigen Energieeinsparverordnung (EnEV) wie folgt einzustufen:

Anforderungen an Wärmedurchgang bei Einbau, Ersatz o. Erneuerung nach der heute gültigen EnEV, Anlage 3

Tabelle 3 : Vergleich U-Werte Bauteile im Bestand mit Anforderung EnEV

Bauteil	Einbauzustand	Vorhandener * U – Wert W/m ² K	maximaler U-Wert EnEV in W/m ² K
Kellerdecke, UG-Fußboden	gegen unbeheizte Räume und Erdreich	Altbau: 0,95 Anbau-1: 0,95 Anbau-2: 1,02/0,95	<= 0,40 b. außenseit. Dämm. <= 0,50 b. innenseit. Dämm.
Wandflächen	gegen Außenluft	Altbau: 1,20 Anbau-1: 1,42 Anbau-2: 0,62	<= 0,35 bei Außendämm. <= 0,45 bei Innendämm.
Dachfläche, Oberste Geschoßdecken	gegen Außenluft gegen unbeheizten Dachraum	Altbau/OGD: 1,88 Anbau-1: 0,76 Anbau-2: 0,35	<= 0,25 bei Flachdach <= 0,30 bei obersten Geschoßdecken, Schrägdächer
Fenster	gegen Außenluft	Altbau: 2,8 Anbau-1: 2,8 Anbau-2: 3,5/ 2,0	<= 1,70

* es werden nur die U-Werte der Hauptbauteile angegeben

3.6 Unkontrollierte Lüftungswärmeverluste

Lüftungswärmeverluste können im Bereich der undichten Fenster- und Türelemente entstehen. Die alten Fensterdichtungen und undichten Fensteranschlüsse zu den Bauteilen können Lüftungswärmeverluste, wie auch Zugerscheinungen, verursachen. Durch die Türelemente (z. Pausenhof/Bereich Altbau) entsteht eine Auskühlung der Treppenhausbereiche. Die neuwertigen Türelemente waren während der Ortsbegehung mit keinen funktionierenden Bodendichtungen ausgestattet

3.7 Beschreibung des Ist-Zustands der Bauteile

3.7.1 Kellerdecke/ Kellergeschossfußboden

Im Bereich des Altbaus wird das Kellergeschoss/Untergeschoss komplett für Schulzwecke genutzt. Der Bauteilaufbau des Fußbodens in diesem Bereich war nicht bekannt. Es wurde ein Bauteilaufbau mit Estrich und geringer Dämmlage ($d=3\text{cm}$ Polystyrol) in der Berechnung angesetzt. Im Bereich der Gymnastikhalle/Altbau wurde ein Hallenschwingboden als Bauteilaufbau angenommen. Im Bereich des Anbau-2 befindet sich unterhalb des Schwingbodens der Turnhalle die unbeheizte Tiefgarage.



Gymnastikraum/ Altbau



Flur UG/ Altbau



Turnhalle/ Bereich Anbau-2



Tiefgarage/ oberhalb Turnhalle

3.7.2 Außenwandflächen

Altbau

Die massiven Außenwände des Altbaus sind für die Gründerzeit typischen Vollziegel gemauert. Als Wärmeleitfähigkeit für den verwendeten Vollziegel wurden Vergleichswerte der Publikation „U-Werte alter Bauteile“/ Institut für Bauforschung Hannover 2003, verwendet. Im Bereich der unteren Geschosse (EG/ 1.OG/ 2.OG-Nordfassade) der Nord- u. Westfassade ist der Sockelbereich und Fenstergewände in Naturstein/Sandstein ausgeführt. Die Fassadenflächen des 3.OG Nordfassade und 2.OG u. 3.OG Westfassade sind, resultierend aus dem Wiederaufbau, einfacher gestaltet und ohne Fenstergewände in Naturstein ausgeführt. Im Bereich der Südfassade sind die Fassadenflächen einfacher gestaltet. Ein Teilbereich der Fenster hat Fenstergewände in Naturstein, die jedoch mit Fassadenfarbe übermalt wurden. Die Fensterbänke sind bei der Mehrzahl der Fenster als Natursteinbänke ausgeführt.

Anbau-1 (ca. 1965)/ Bereich Südfassade

Die Außenwände des Anbau-1 sind massiv gemauert. Die Stützenfelder im Bereich der Fenster sind in Stahlbeton ausgeführt. Die Außenwände sind innen verputzt und in Teilbereichen der Außenfassade mit einer Fassadenverkleidung in Ziegel-Verblendmauerwerk ausgeführt. Über das verwendete Mauerwerk waren keine Angaben vorhanden. Es wurde ein für die Bauzeit typischer Hochlochziegel in Berechnung übernommen.



Nordfassade/ Altbau



Westfassade/ Altbau



Südfassade Altbau u. Anbau-1



Südfassade Altbau



Außenwand/Altbau, freigelegter Sockelbereich, Mauerwerk mit Vollziegel

Anbau-2 (ca. 1982)

Die Außenwände des Anbau-2 sind in Stahlbeton ausgeführt. Die Stahlbetonelemente sind von außen mit 6cm Mineralwolle gedämmt. Der Wetterschutz der Fassade wird durch eine vorgehängte, hinterlüftete Vorhangfassade aus Natursteinplatten/ Sandstein hergestellt.



Nord- u. Ostfassade/ Anbau-2



Ostfassade/ Anbau-2

3.7.3 Fensterelemente

Altbau u. Anbau-1

Die Fensterelemente im Altbau und Anbau-1 sind alte Aluminiumfensterelemente mit thermisch getrennten Rahmen und Zweischeiben-Isolierverglasung. Durch Recherche beim Hersteller **Wicona** handelt es sich beim vorhandenen Fensterprofil voraussichtlich um das Fensterprofil der Serie „WICLINE L-60A“. Diese Fensterprofile wurden bereits als **thermisch getrennte Profile** ausgeführt. Eine genaue Datierung des Einbaus der Fenster war aufgrund fehlender Unterlagen nicht möglich. Der Hersteller Wicona schätzt das Einbaudatum der Fensterelemente auf ca. Mitte der achtziger Jahre bis Anfang der neunziger Jahre .

Anbau-2

Die Fensterelemente im Anbau-2 wurden als **nicht thermisch getrennte Profile** ausgeführt. Die Verglasung der Fensterprofile ist als Zweischeiben-Isolierverglasung ausgeführt und bei den Brüstungspaneeelen ist von PU-Elementen auszugehen. Aus Sicherheitsgründen wurden 2008 die Öffnungsflügel der Fensterelemente durch neue Elemente mit Wärmeschutzisolierverglasung ersetzt. Die neuen Profile der Öffnungsflügel wurden aufgrund konstruktiver Zwänge auch als **nicht thermisch getrennte Profile*** hergestellt. (* Information d. ausführenden Architekten Küpper, Frankfurt)



Alu-Fensterelemente mit Sonnenschutz/ Anbau-1



Alu-Fensterelemente Altbau



Alu-Fensterelemente Anbau-2

3.7.4 Dachfläche/ Oberste Geschößdecke

Altbau u. Anbau-1

Die oberste Geschößdecke des Altbaus ist als Kaiser-Omnia Hohlkörperdecke ausgeführt. Der Dachbereich der Hausmeisterwohnung und die oberste Geschößdecke oberhalb der Aula wurden bereits wärmetechnisch saniert. Die Lüftungsanlage für die neu ausgebaute Aula erstreckt sich über große Bereiche des Spitzbodens. Über den konstruktiven Aufbau der Flachdachfläche des Anbaus-1 waren keine Unterlagen vorhanden. Es wurde ein Aufbau mit 4cm Dämmung in der Berechnung angesetzt.



Oberste Geschößdecke – Bereich Altbau- Mittelbau

Anbau-2

Die Flachdachflächen des Anbau-2 wurde nach vorliegenden original Detailplänen mit 10cm gedämmt. Oberhalb der Abdichtungsbahn ist das Flachdach bekieset oder zur Begehung mit Waschbetonplatten belegt. Die Lüftungsanlagen für den Gebäudeteil befinden sich im Flachdachbereich aufgesetzten Technikgeschoss.



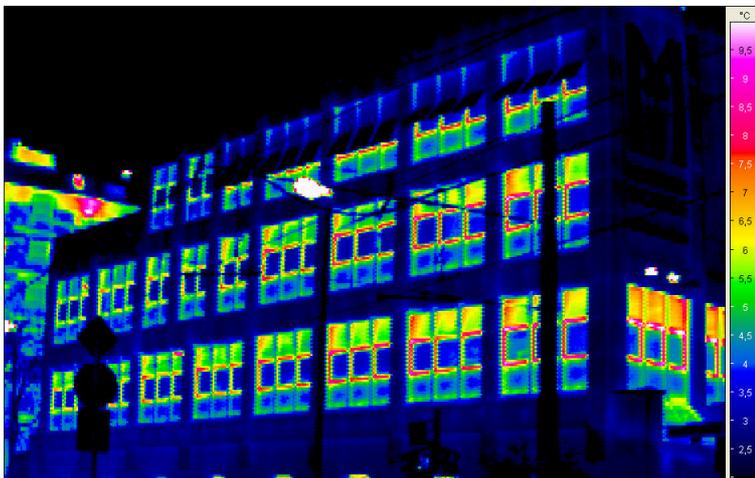
Flachdachflächen bekiest od. mit Waschbetonplatten, aufgesetztes Technikgeschoss

3.8 Wärmebrücken u. thermographische Untersuchung Fassade

Zur Feststellung der Wärmebrücken und energetischen Schwachstellen wurde am 9.12.2008 eine thermographische Untersuchung der Fassaden durchgeführt.

Wärmebrücken verschlechtern das thermische Verhalten. Aufgrund der niedrigen Oberflächentemperaturen kann es zu Tauwasserbildung besonders im Bereich der Wärmebrücken und an Stellen unzureichender Lüftung kommen. Das Nicht-Lüften bei hohen Raumlufffeuchten (>60%) kann zur Tauwasserbildung führen und die Schimmelpilzbildung begünstigen.

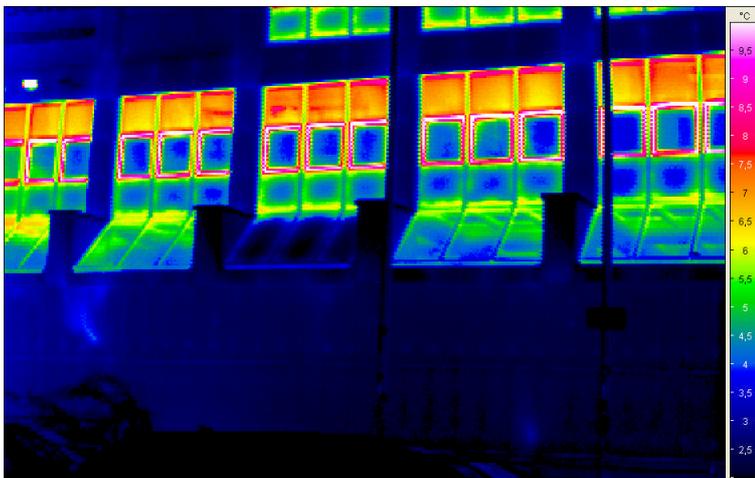
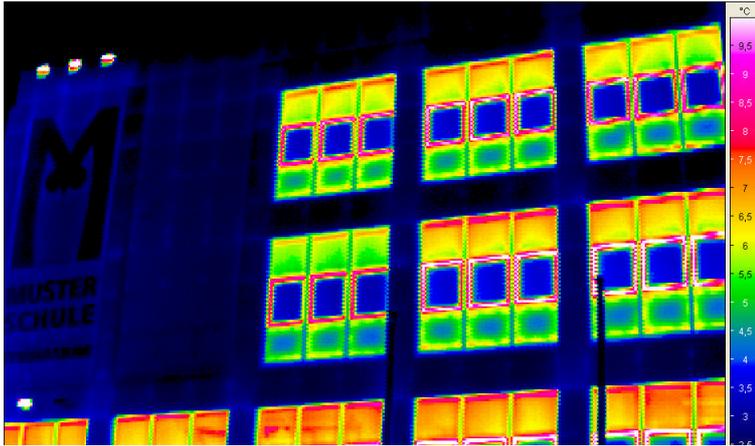
Thermographieaufnahmen Fassade



Schwachstellen im Bereich der hinterlüfteten, massiven Fassadenflächen (Sandsteinfassade) sind aufgrund der Hinterlüftung nicht thermographisch sichtbar zu machen.



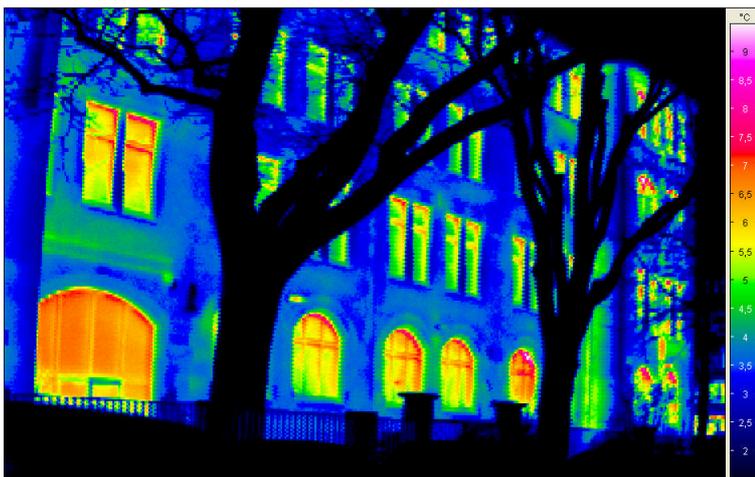
Anbau-2, Ansicht Fassade/Ostfassade v. d. Eckenheimer Landstraße



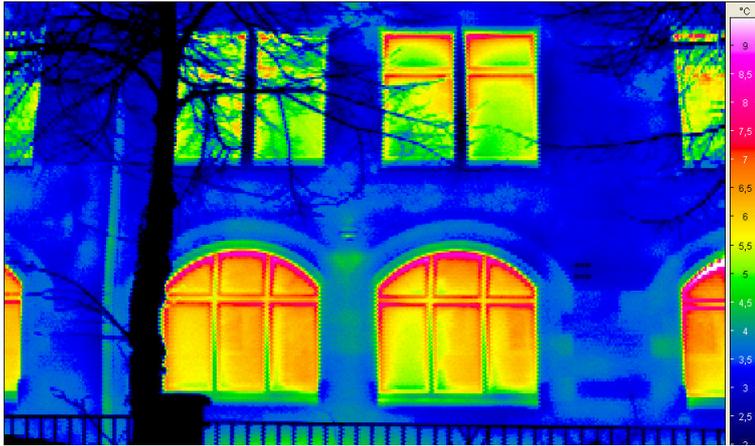
Schwachstelle im Bereich
Fensterelemente/Oberlichter.
Geringe Verluste über Verglasung
d. neuen Öffnungsflügel, jedoch
Schwachstelle über die nicht
thermisch getrennten
Rahmenprofile/rot



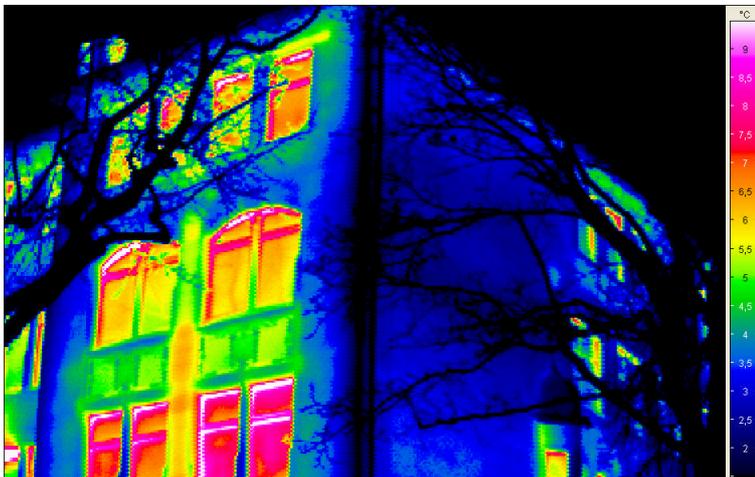
Anbau-2, Ansicht Fassade/Nordfassade v. Oberweg



Altbau, Ansicht Fassade/Nordfassade v. Oberweg



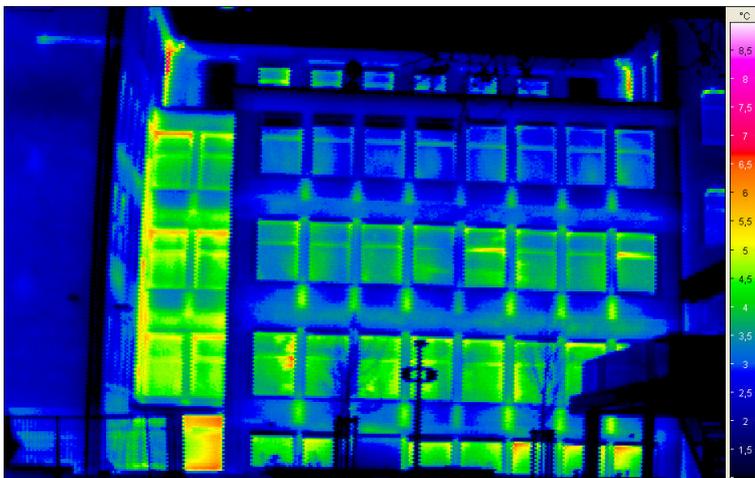
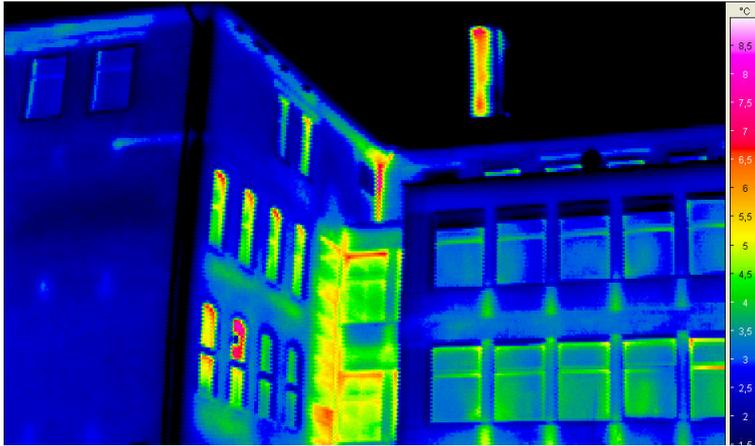
Altbau, Ansicht Fassade/Nordfassade v. Oberweg



Schwachstellen im Bereich Fenster, und Sandsteingewände als Wärmebrücken



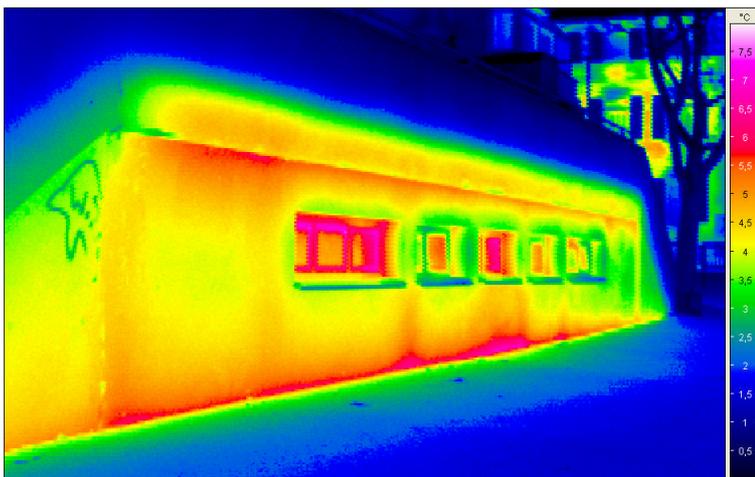
Altbau, Ansicht Fassade/Nordfassade v. Oberweg u. Westfassade



Anbau-1, Schwachstellen im Bereich Fenster, Betonstützen bilden sich als Wärmebrücke im Brüstungsbereich ab. Hohe Abgastemperaturen im Bereich Schornstein/Dachbereich



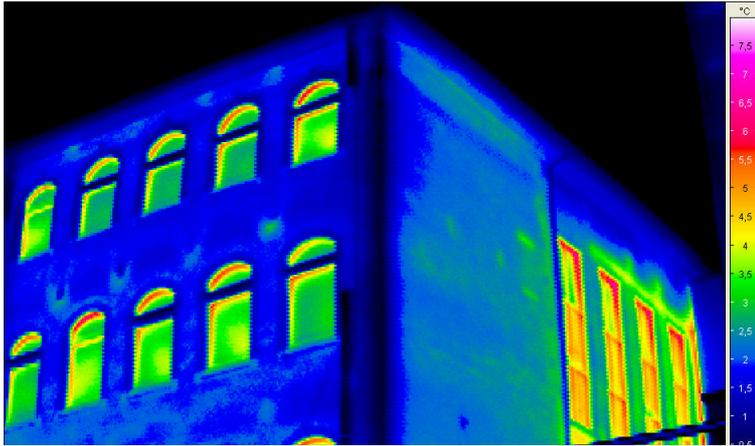
Altbau u. Anbau-1, Ansicht Fassade/Südfassade v. Pausenhof



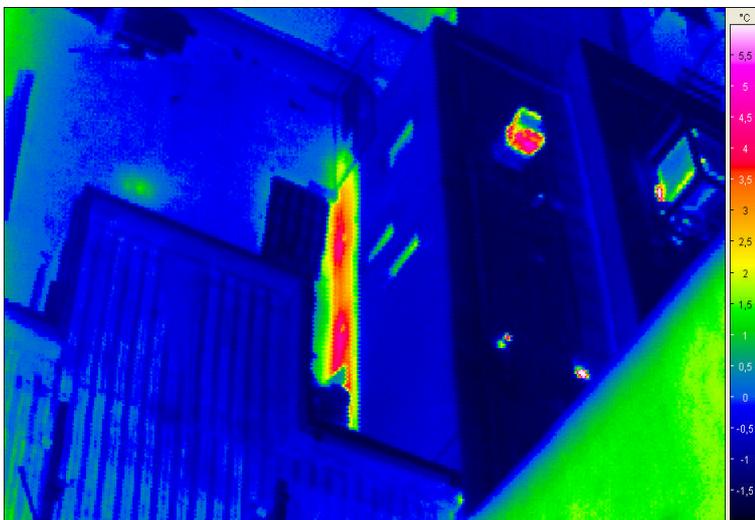
Anbau-2 UG, Wärmebrücke im Bereich komplett ungedämmten Beton-Außenwand



Anbau-2, Umkl./Duschen UG, Ansicht Fassade/Südfassade v. Pausenhof



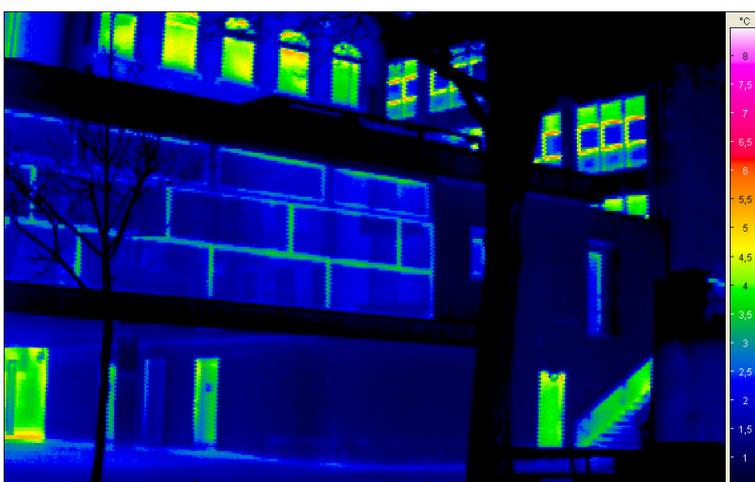
Altbau, Ansicht Fassade/Südfassade u. Ostfassade v. Pausenhof



Wärmebrücke im ungedämmten Sockelbereich (altes massives Betongeländer) Wandfläche UG/EG neue Cafeteria



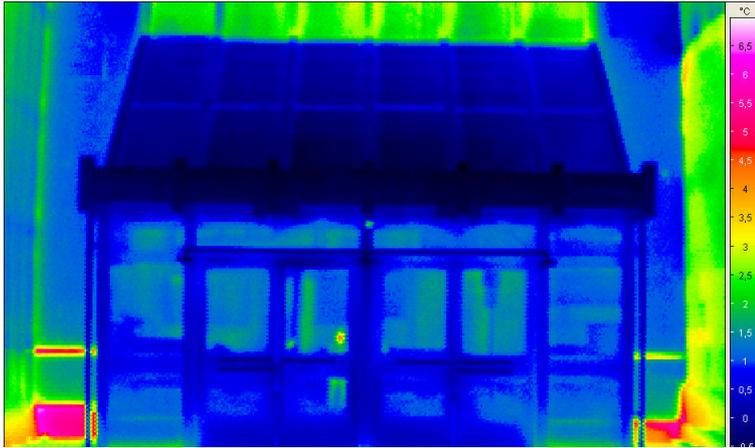
Draufsicht Pausenterrasse/neue Bibliothek - neue Cafeteria



Wärmebrücke im Bereich des ungedämmten massiven Betongeländer/ Wandfläche UG neue Cafeteria



Neue Cafeteria mit alten Treppenaufgang (rechts unten) zur Pausenterrasse

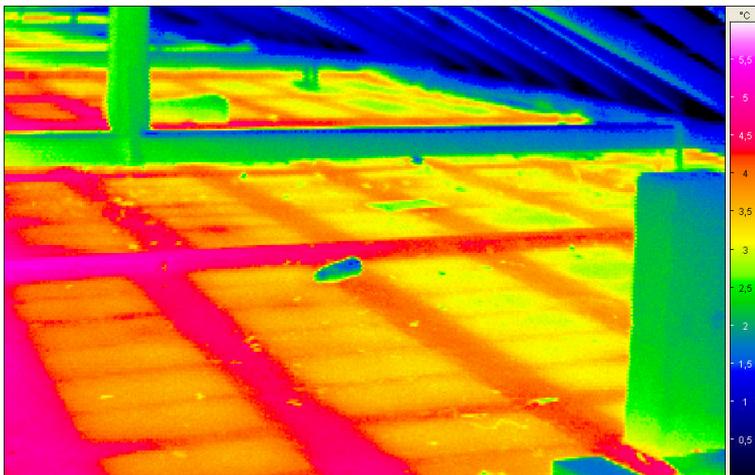


Wärmebrücke an der Wandfläche/Versorgungsschacht seitlich des Haupteingangs

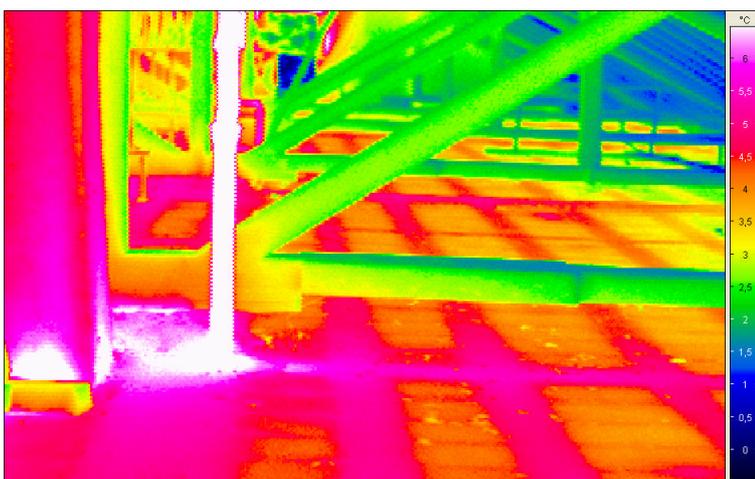


Anbau-2, Haupteingang v. Oberweg

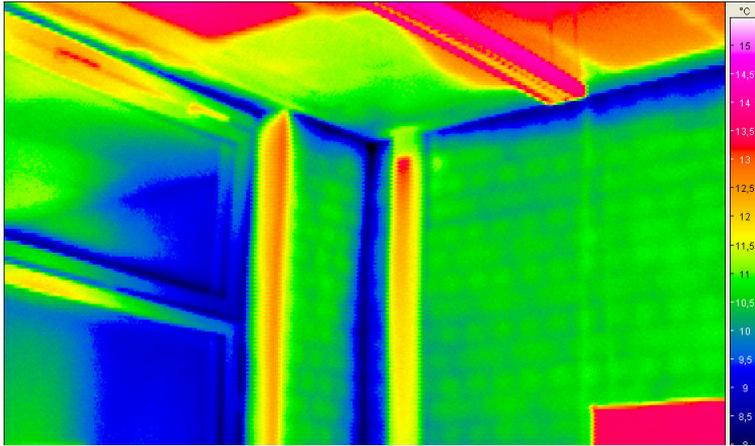
Thermographieaufnahmen im Innenbereich



Umfangreiche Wärmebrücken im Bereich der obersten Geschossdecke, Stahlbetonträger/rot

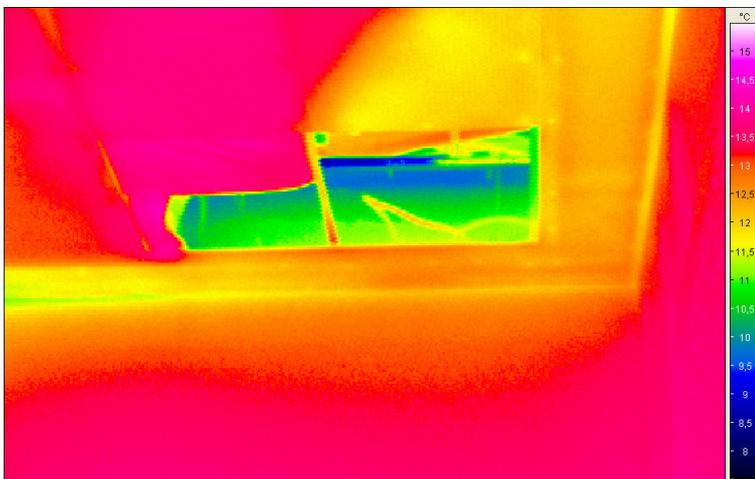


Altbau - Mittelbau, oberste Geschosßdecke



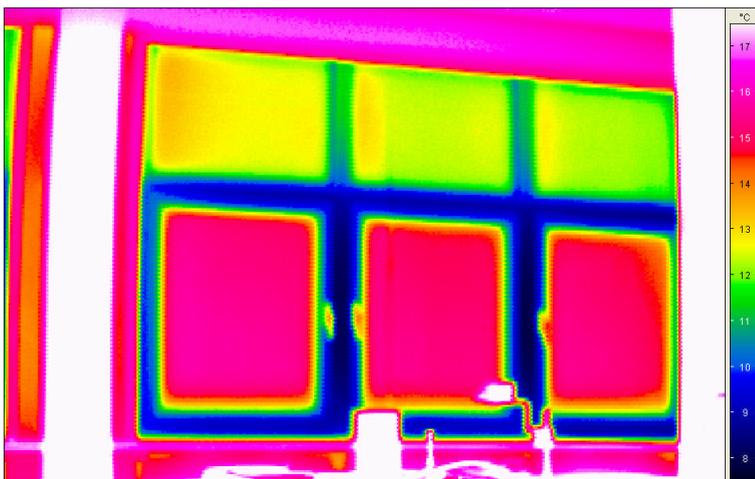
Wand- u. Gebäudeecke, Fenster sowie der Anschluss zur abgehängten Decke unterhalb des Flachdachs sind als Wärmebrücke zu erkennen.

Anbau-1, Mittelbau, 2.OG/letztes Geschoss, Wand u. Deckenbereich/AGD



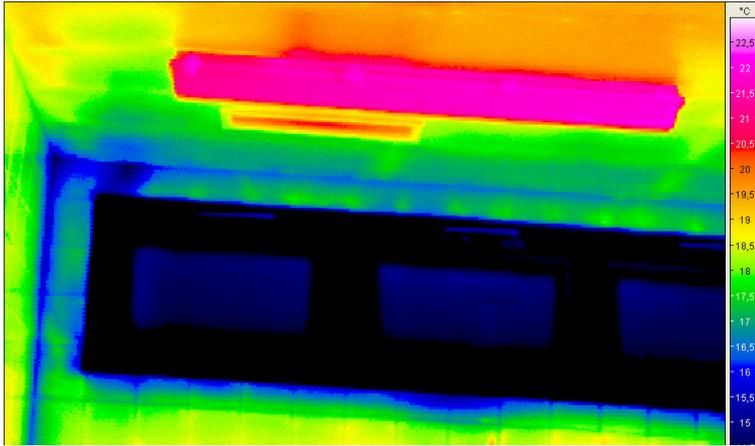
Durch eine fehlende Deckenplatte der abgehängten Decke im 2.OG ist das Flachdach als Wärmebrücke zu erkennen.

Anbau-1, Mittelbau, 2.OG/letztes Geschoss, Deckenbereich/AGD



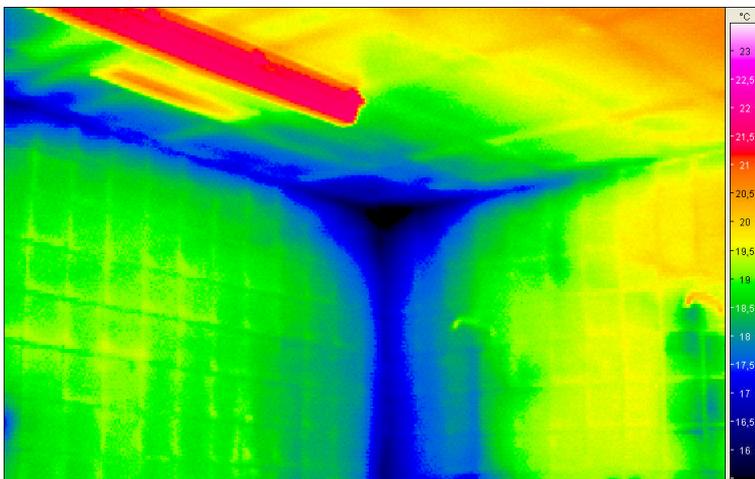
Die Verglasung der neuen Öffnungsflügel ist verbessert, die thermisch nicht getrennten Fensterprofile/blau bilden jedoch eine Schwachstelle.

Anbau-2, Regelgeschoss, Fensterelemente/ neue Öffnungsflügel



Betonwand als Wärmebrücke und
Fensterelement als Schwachstelle

Anbau-2, Duschen UG, Ansicht Wand- u. Deckenbereich/AGD



Betonwand, Gebäudeecke und
Deckenbereich/AGD als
Wärmebrücke

Anbau-2, Duschen UG, Ansicht Wand- u. Deckenbereich/AGD

Schlussfolgerungen aus der thermographischen Untersuchung

Altbau

- Die **Fensterelemente** sind als große Schwachstelle zu erkennen, Austausch od. Verbesserung wird empfohlen.
- Die **Sandsteingewände** sind als Schwachstellen zu erkennen, Beseitigung der Schwachstelle ist nur durch eine Innendämmung möglich.
- Die **oberste Geschoßdecke** (Altbau- Mittelbau) ist als große Schwachstelle zu erkennen. Die Dämmung der Deckenfläche wird empfohlen.

Anbau-1

- **Fenster, Fassadenfläche und Dachfläche** sind als Schwachstelle zu erkennen. Die Dämmung / Erneuerung der Bauteile wird empfohlen.

Anbau-2

- **Bereich Umkleiden/Duschen Untergeschoss; Wandfläche** ist als große Schwachstelle zu erkennen. Auch die **Fenster** und die **Deckenfläche zur Pausenterrasse** sind Schwachstellen. Es wird eine Dämmung der massiven Betonwand v. außen, Dämmung der Dachfläche Pausenterrasse von oberhalb sowie die Erneuerung der Fensterelemente empfohlen.
- **Fensterelemente**; Die Rahmen der alten Fensterelemente, Brüstungspaneele, sowie die alte Verglasung der Oberlichter sind als Schwachstellen zu erkennen. Die Verglasung der neuen Fensterflügel ist als verbessertes Element zu unterscheiden. Die nicht thermisch getrennten Rahmen der neuen Elemente sind als Schwachstelle zu erkennen. Es wird der Austausch der Verglasung der Oberlichter empfohlen. Bei einer kompletten Sanierung der Fassade wird der Ersatz des kompletten Fensterelementes durch ein neues Element mit Dreifachverglasung empfohlen.

Neue Cafeteria

- **Bereich altes Betongeländer** im Bereich neuer gedämmter Wandkonstruktion; Das Betongeländer wurde beim Neubau der Cafeteria nur unzureichend in die Dämmmaßnahme der neuen Außenwand Cafeteria einbezogen. Es wird die Dämmung der Schwachstelle von außen empfohlen.

Die empfohlen Maßnahmen zur Sanierung der Schwachstellen werden unter Punkt 4. Energiesparmaßnahmen Gebäudehülle näher beschrieben.

3.9 Beschreibung der Heizungs- und Lüftungsanlagen

3.9.1 Gebäude – Randbedingungen

Tabelle 4: Im Folgenden werden die allgemeinen Daten für die Gebäude nach Altbau und Anbau-2 getrennt aufgeführt:

Bezeichnung	Altbau	Anbau-2
Baujahr Wärmeerzeugung	1982	1982
Baujahr Klimaanlage		
Gebäudeart	Nicht-Wohngebäude	Nicht-Wohngebäude
Gebäudetyp	Bestandsgebäude	Bestandsgebäude
Nettogrundfläche A NGF	5.712m ²	2.754 m ²
Nutzfläche A N (=0.32*Ve)	8.133 m ²	3.910 m ²
Hüllfläche A	7.062 m ²	3.656 m ²
Volumen V e	25.415 m ³	12.219 m ³
A/Ve Verhältnis	0,28 1 / m	0,30 1 / m
Luftvolumen	20.332 m ³	9.775 m ³
Fensterflächenanteil	25,82%	32,37%
Vollgeschosse	5	4
Geschosshöhe	4,00 m	3,50 m
Charakteristische Breite	20,00 m	20,00 m
Charakteristische Länge	60,00 m	35,00 m
Klimareferenzort	Referenzklima Deutschland	Referenzklima Deutschland
Norm - Außentemperatur	- 12°C	-12 °C
Mittl. Außentemperatur	8,9 °C	8,9 °C
Außentemperatur Juli	24,6 °C	24,6 °C
Außentemperatur September	18,9 °C	18,9 °C

3.9.2 Heizungsanlage

Als derzeitige Heizungsanlage ist eine Gasheizung/Fab. Buderus mit 1.658 kW (2x 750 kW, 1 x 158 kW) Leistung eingebaut.

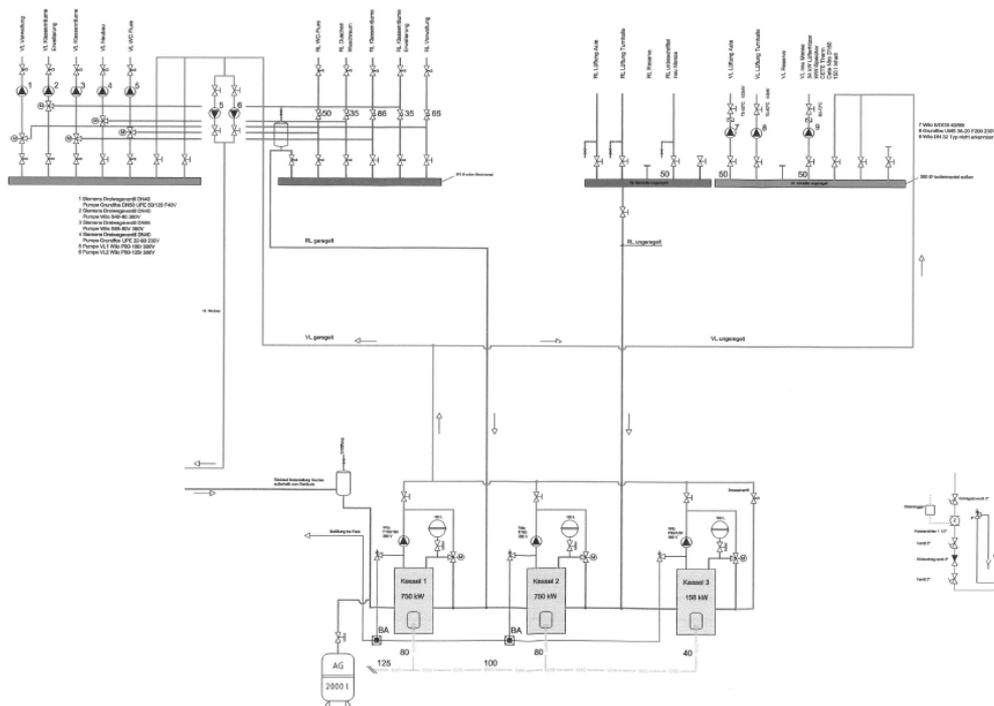
Die neu geplante Heizung soll eine Höchstwärmelast, berechnet durch das Energiemanagement der Stadt Frankfurt, Hochbauamt, Abt. 65.25.4, von Q = 676 kW haben.

Dies wird kontrolliert anhand der noch zu beschaffenden Verbräuche und der Nachrechnung der Wärmelast.

In den folgenden Bildern ist der derzeitige Zustand der Heizungszentrale und das derzeitige Schema der Heizungsverteilung mit Warmwasserbereitung dokumentiert.



Gas-Heizkessel und Verteiler in Heizungsraum

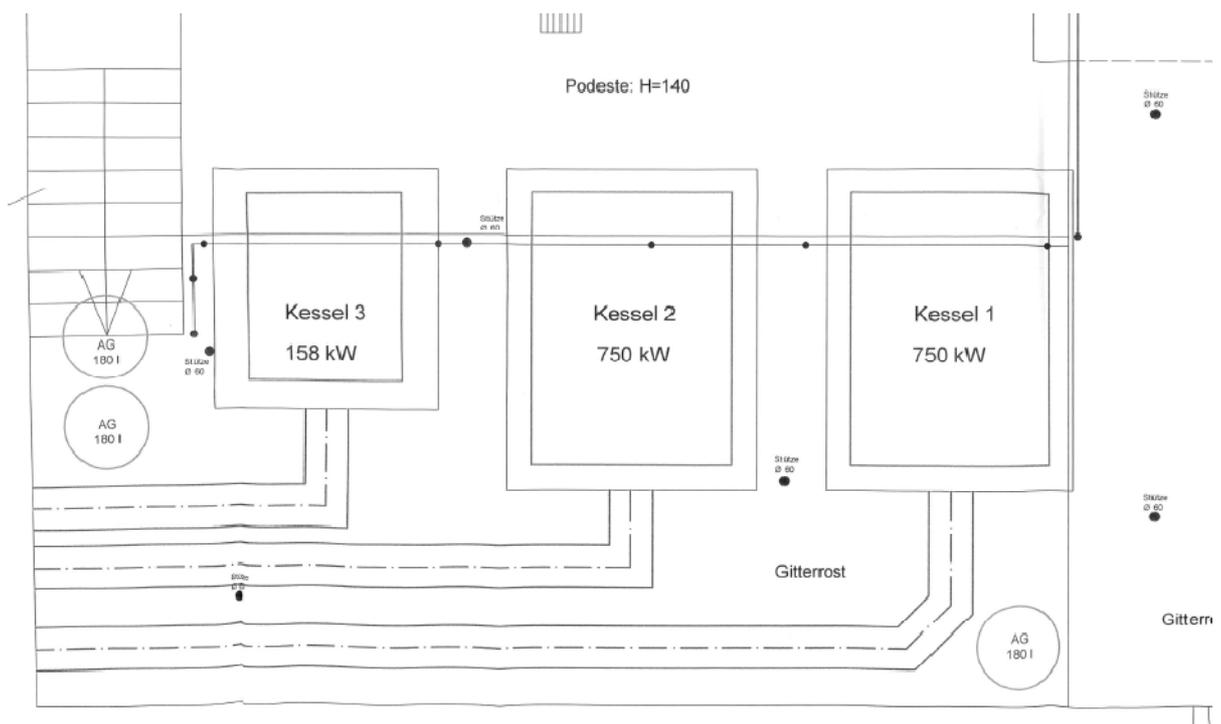


Die Wärme wird derzeit über sechs geregelte Vorläufe und drei unregelte Vorläufe verteilt, des Weiteren ist ein Reservestutzen vorgehalten.

Die Heizkreise versorgen folgende Bereiche:

- Geregelt:
- Verwaltung
 - Klassenräume Erweiterung
 - Klassenräume
 - Neubau I
 - WC / Flure
 - Neubau II
- Ungeregelt:
- Lüftung Aula
 - Lüftung Turnhalle
 - Neue Mensa

In der folgenden Abbildung ist die derzeitige Aufstellung der Heizungskessel aufgezeigt



Schema der derzeitigen Heizungsanlage

3.9.3 Lüftungsanlagen

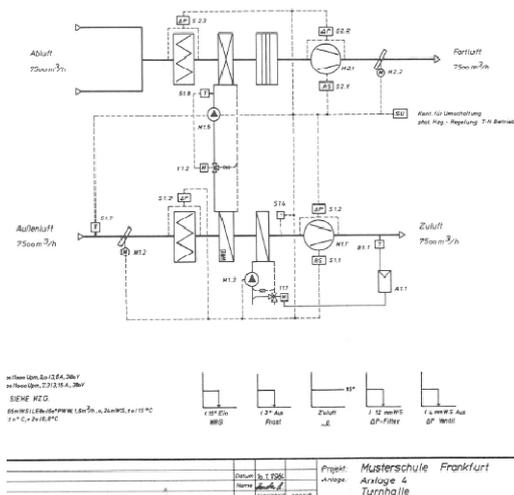
Die folgende Tabelle gibt Ihnen eine Übersicht über die im Altbau u. Anbau-2 eingebauten Lüftungsanlagen

Tabelle 5, Übersicht d. eingebauten Lüftungsanlagen

	Belüftungsbereich	Volumenstrom der Anlage	Aufstellungsort	Einbaujahr
Anlage 1	Biologie/Chemie 2. + 3. OG, Zu- und Abluft	12.760 m ³ /h	Dach, Anbau-2	1983
Anlage 2	Gruppenräume	6.870 m ³ /h	Dach, Anbau-2	1983
Anlage 3	Abluft WC 1. – 3. OG	1.100 m ³ /h	Dach, Anbau-2	1983
Anlage 4	Turnhalle Zuluft Turnhalle Abluft	7.200 m ³ /h 7.500 m ³ /h	Dach, Anbau-2	1983
Anlage 5	Waschen/Umkleiden Zuluft Waschen/Umkleiden Abluft	3.235 m ³ /h 3.840 m ³ /h	Dach, Anbau-2	1983
Anlage 6	Garage Abluft	2 x 3.800 m ³ /h	2. UG, Anbau-2	1983
Anlage 7	Digestorien	7.200 m ³ /h	Dach, Anbau-2	1983
Anlage 8	Aufzugsmaschinenraum	500 m ³ /h	1. UG, Anbau-2	1983
Anlage Aula	Aula	12.000 m ³ /h	Dach, Altbau	2007/2008
Anlage	Bibliothek	Noch nicht ausgeführt		
Anlage	Cafeteria	Neu	Dach Cafeteria	
Anlage	Gymnastik	Neu	UG, Altbau	
Anlage	UG Altbau Lehrmittel- und Werkräume	Neu	UG, Altbau	

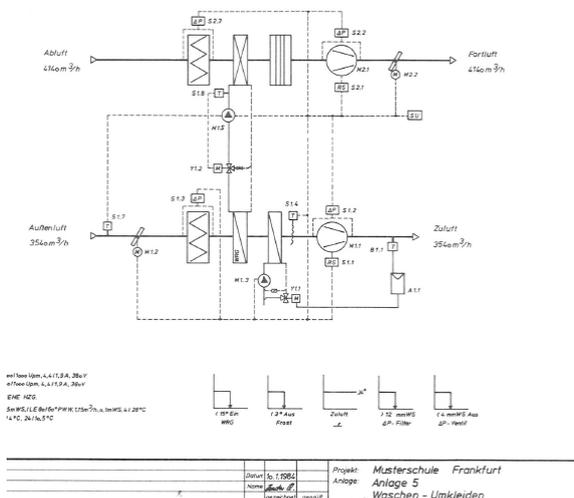
Anlage 3: Abluft WC 1. – 3. OG 1.100 m³/h

Anlage 4: Turnhalle Zuluft 7.200 m³/h
Turnhalle Abluft 7.500 m³/h



Darstellung der bestehenden Lüftungsanlage Turnhalle

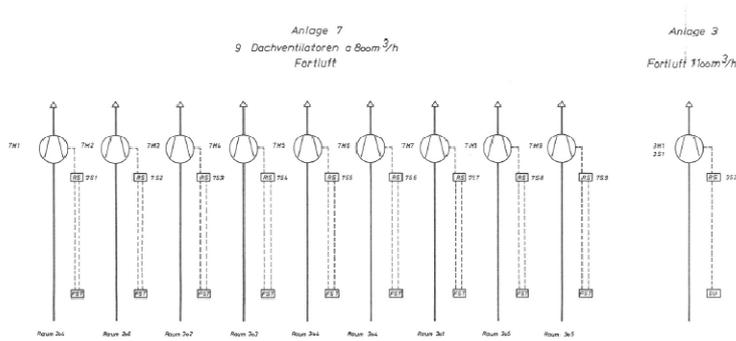
Anlage 5: Waschen/Umkleiden Zuluft 3.235 m³/h
Waschen/Umkleiden Abluft 3.840 m³/h



Darstellung der bestehenden Lüftungsanlage Waschen - Umkleiden

Anlage 6: Garage Abluft 2 x 3.800 m³/h

Anlage 7: Digestorien 7.200 m³/h

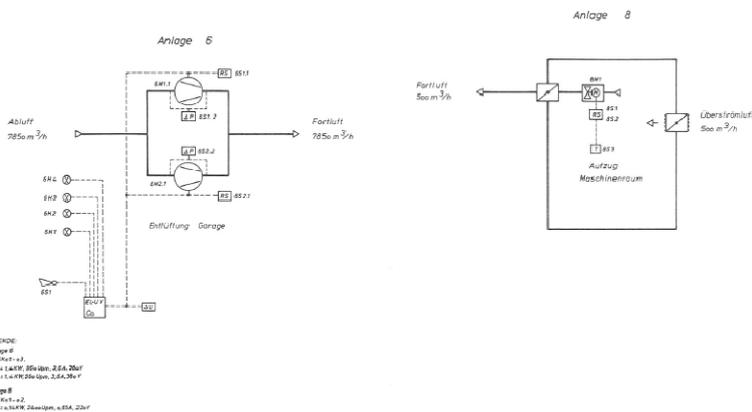


LEGENDE
 Anlage 7
 Tm1 - Tm9: RFFW 1100/100, 0,24, 20W je Ventilator
 Anlage 3
 Tm1: RFLA 1100/100, 0,24, 20W je Ventilator
 RFSK: u=2

Datum: 21.12.12		Projekt: Musterschule Frankfurt		EISENBACH GmbH & Co KG	
Name: [Name]		Anlage: Anlage 3 Abl. WC 1-3.0G		Zeichnungs-Nr. Kom. Nr. 1-1234 Bl. 5	
Projekt: [Projekt]		Anlage 7 Abl. Digestorien			

Darstellung der bestehenden Lüftungsanlage Ablauf WC 1. bis 3. OG

Anlage 8: Aufzugsmaschinenraum 500 m³/h



LEGENDE
 epm 6
 EM1+2: [Fan Specs]
 ES1+2: [Filter Specs]
 epm 8
 EM1: [Fan Specs]

Datum: 26.12.12		Projekt: Musterschule Frankfurt		EISENBACH GmbH & Co KG	
Name: [Name]		Anlage: Entlüftung Garage Anlage 6		Zeichnungs-Nr. Kom. Nr. 1-1234 Bl. 5	
Projekt: [Projekt]		Be- und Entlüftung Aufzug Anlage 8			

Darstellung der bestehenden Lüftungsanlage Entlüftung Garage und Aufzugsmaschinenraum



Anbau-2, Technikgeschoss DG, Lüftungsanlage Nr. 6 u. Außenbereich Flachdach

Altbau - Klassenräume

Eine Lüftungsanlage ist in den Klassenräumen-Altbau zurzeit nicht in vorhanden.

3.9.4 Sanitäranlagen

Zurzeit stehen in den Umkleideräumen ca. 20 Duschanlagen zur Verfügung. An den Handwaschbecken und den Duschen stehen jeweils Warm- und Kaltwasser zur Reinigung zur Verfügung.

Die konkreten Nutzungen der Sanitäranlagen ist nicht bekannt. In den Unterlagen der Fa. IPF wird die Reduzierung der Duschanlagen auf 3 Duschplätze pro Geschlecht angegeben.

In den folgenden Bildern ist die derzeitige Situation der Sanitäranlagen dargestellt.



Derzeitige Waschplätze und Duscheinrichtungen im Sporthallenbereich

3.10 Erfassung des Ist-Zustands Beleuchtung

3.10.1 Bestehende Beleuchtung in Gebäudeteilen

Altbau

Der Altbau enthält Klassenräume, Gymnastiksaal, Aula, Lehrerzimmer und die Schulverwaltung. Der gesamte Altbau ist elektrisch bereits saniert.

Die Beleuchtung in den Klassenräumen und Büros der Verwaltung ist mit modernen Rasterhängeleuchten (49 W, T5) ausgeführt. In den Klassenräumen sind dazu noch jeweils 4 bis 5 Einbaudownlights (Kompaktleuchtstofflampen 2 x 42W) zur Tafelbeleuchtung installiert. In den Fluren sind Einbaudownlights (Kompaktleuchtstofflampe 26 W) und Bewegungsmelder installiert. Alle Leuchten sind mit EVG ausgestattet.

Darüber hinaus wird die Situation vom Hausmeister aufmerksam und engagiert gesteuert, in dem er z.B. in einzelnen Flurbereichen Leuchten bedarfsgerecht ab- bzw. zuschaltet. So sind z.B. im Flur R 101/EG 10 von 16 Leuchten ausgeschaltet. (Bild:img_1153.jpg)

Die Beleuchtung in der Gymnastikhalle wurde 2006 saniert.

Anbau-2

Der Anbau-2 enthält neben Klassenräumen, die Turnhalle (650 qm) mit entsprechenden Sanitär- und Lagerräumen. Bis auf 2 Klassenräume im 1. OG (R 240, R241) besteht in den übrigen Räumen des Anbaus-2 die ursprüngliche Beleuchtung aus den 80er Jahren. Die Klassenräume sind mit Rastereinbauleuchten (Leuchtstoffröhre 58W) und KVG ausgestattet. Die Flure werden mit Einbauleuchten (Kompaktleuchtstofflampe 28 W) und EVG beleuchtet. Die Beleuchtung war während der Begehung ständig eingeschaltet.

Bei einer Testmessung in einem Klassenraum (R 343) wurden die geforderten 300 Lux eingehalten. Die Anlage ist am Ende ihrer Lebensdauer, die Reflektoren weisen beginnende Korrosion auf.

Im Jahr 2010 sollen die Räume im Anbau-2 entkernt und vollständig neu saniert werden. (Information v. Frau Werle, Stadtschulamt).

Anbau-1

Der Anbau-1 ist im 1. OG noch unsaniert und ist beleuchtungstechnisch gleichartig ausgestattet wie der Anbau-2. Das 2. OG ist saniert wie der Altbau.

Neubau Cafeteria

Der Neubau der Cafeteria wurde in 2008 fertig gestellt. Die Cafeteria wird über einen eigenen Stromzähler abgerechnet. Die Trennung zwischen Pächterbereich und Schulbereich ist vermutlich nicht schlüssig. Der Neubau der Cafeteria war nicht Gegenstand der Untersuchung.

3.10.2 Energiebezug und Kosten

Die Energiekosten für elektrische Energie betragen jährlich ca. 42,3 T€ für eine Nutzfläche von 8.796 m². Der spezifische Energiebezug liegt je nach betrachteten Jahr bei 26-33 kWh/m²a, das entspricht spezifischen Energiekosten von etwa 4,80 €/m²a.

Tabelle 6: Energiebezug u. Kosten Strom v. 2005 - 2007

Jahr	Energiebezug			
	Bezug elektr.Arbeit	Kosten (Brutto)	Spez. Bezug	Spez. Kosten
2005	293.296 kWh	42.467,38 €	33,3 kWh/m ² a	4,82 €/m ² a
2006	229.752 kWh	42.159,66 €	26,1 kWh/m ² a	4,79 €/m ² a
2007	239.493 kWh	42.270,56 €	27,2 kWh/m ² a	4,80 €/m ² a

Hinweis:

Für 2007 lagen die Rechnungen für September bis Dezember 2007 nicht vor. Bezug und Kosten wurden aus den Lastgangdaten des Versorgers errechnet und mit einem Durchschnittspreis von 0,17 € bewertet.

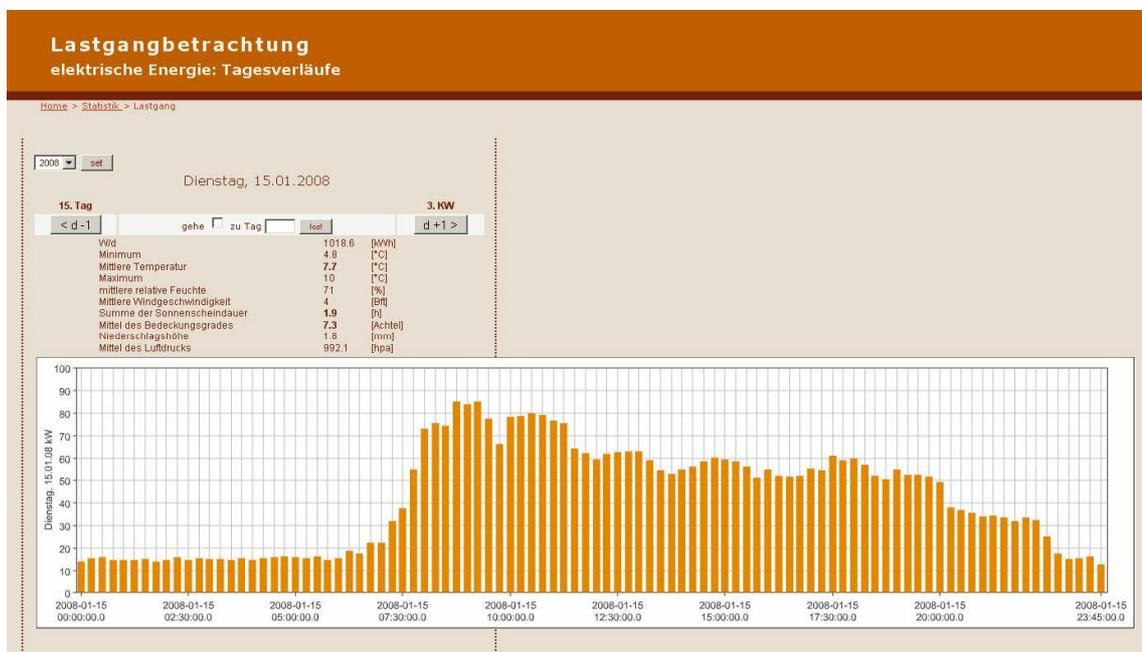
3.10.3 Nutzung

Die Büros und Besprechungsräume werden Mo.-Fr. zwischen 7:00 und 16:00 genutzt. Die Klassenräume in der Zeit von 7:00 bis 18:00. Die Turnhalle wird an Vereine vermietet, zunehmend wird die sanierte Aula auch für Abendveranstaltungen genutzt. Zurzeit ist das etwa 1-2 im Monat, es wird davon ausgegangen, dass die Frequenz steigt und die Aula 2 mal wöchentlich bis ca. 23:00 genutzt wird.

3.10.4 Der Lastgang

Lastgänge Elektrizität

Da die Datenbasis der "Monatsauswertung der Verbrauchswerte" für die Liegenschaft lückenhaft war, konnte sie nicht für eine Lastgangbetrachtung herangezogen werden. Die Fachabteilung konnte jedoch vom Versorger die Viertelstundenwerte für den Zeitraum März 2006 - Dez.2008 beschaffen. BEU schrieb einen "Lastgangbrowser", um die Daten auszuwerten. Es wird angeregt, die Auswertung noch einmal zusammen mit dem Hausmeister durchzusehen, um einzelne Ereignisse näher zu klären. Insbesondere könnte eine Abgrenzung des Energieaufwands für den Schulbereich gegenüber den Fremdvermietungen an VHS und Sportvereine vorgenommen werden.



Lastgang: ein Schultag im Januar. In den Pausen kommt es zur Abschaltung der Klassenraumbeleuchtung, abends Turnhallennutzung

Die Grundlast - in der Nacht und an Feiertagen liegt kontinuierlich bei ca. 14kW und wird im Wesentlichen durch die Heizungsumwälzpumpen bestimmt. Deutlich ist der abgesenkte Betrieb zwischen 20:00 und 7:15 zu erkennen. Kurz vor den Sommerferien (20.6.) sinkt die Grundlast auf etwa 5kW ab, um nach den Sommerferien wieder auf einen Wert von etwa 17 kW anzusteigen. Die Spitzenlast wird im Wesentlichen bestimmt von der Beleuchtung und den Lüftungsanlagen.

Deutlich sind vormittags in den großen Pausen die Abschaltungen der Beleuchtung in den Klassenräumen zu erkennen.

Folgenden Punkte sollten untersucht werden:

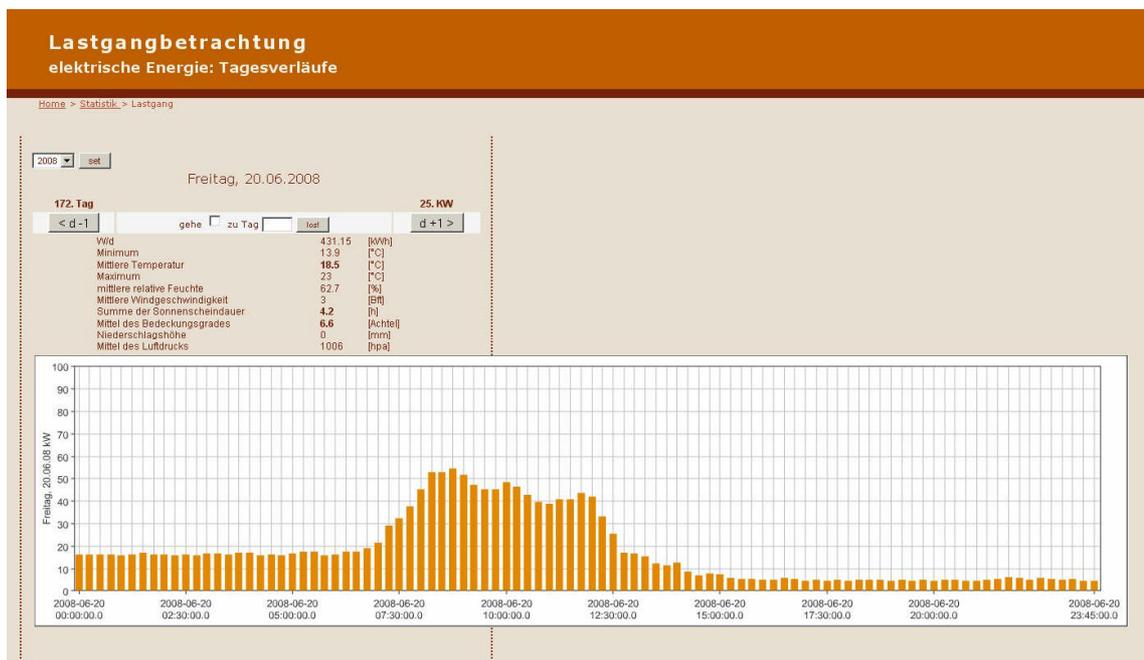
- Die Laufzeit der Heizungsanlage sollte reduziert werden. Sie war ganzjährig, bis auf die Zeit der Sommerferien in Betrieb, um den Warmwasserbedarf der Kantine zu decken.
- Die Leistung der Heizungsumwälzpumpen sollte reduziert werden.

Die Heizungsanlage ist am Ende der Lebensdauer und wird zurzeit neu geplant. Sie wird vollständig ersetzt werden.

Die Lüftungsanlage ist am Ende der Lebensdauer und soll aus technischen und hygienischen Gründen ersetzt werden.



Lastgang: Aussentemperatur warm, trotzdem hohe Grundlast durch Heizung, geringer Bedarf an Beleuchtung da die Sonnenscheindauer > 10h beträgt



Lastgang: Letzter Tag vor den Sommerferien, die Grundlast wird reduziert

3.10.5 Typische Flächen

Tabelle 7: Die Flächen wurden in folgende Typen unterteilt:

Typische Flächen		
Bezeichnung	Typ	Fläche
Klassenraum unsaniert	KUN	1.076 m ²
Klassenraum saniert	KSAN	1.842 m ²
Büro unsaniert	BUN	414 m ²
Büro saniert	BSAN	935 m ²
Flure u. Treppenhäuser	Flur	2.007 m ²
Nebenräume	N	774 m ²
Sporthallen	Sport	898 m ²
Aula	Aula	255 m ²
HM-Wohnung	X	152 m ²

Als Büros werden z.B. folgende Räume bezeichnet Sekretariat, Physiksammlung und Vorbereitung, Mehrzweckraum, Lehrerbibliothek etc. Als Nebenraum z.B. Lagerräume, Technikräume, Sanitäräume, Toiletten etc.

3.10.6 Beschreibung einzelner Funktionsbereiche

Beleuchtung

Die Beleuchtungsanlagen im Altbau und Anbau-1 sind im Zuge der Sanierung in den letzten Jahren vollständig erneuert worden. Somit sind etwa 2/3 der Fläche mit neuer Technik ausgestattet. Büros und Lehrerzimmer befinden sich ebenfalls in diesem Bauteil. Diese wurden nicht im Detail überprüft. Augenscheinlich entsprechen sie aktuellen Standards.

Altbau

Aula/ neu saniert

Die Aula wurde 2007/2008 mit einer neuen Beleuchtungsanlage ausgestattet, ferner ist eine Effekt- und Bühnenbeleuchtung vorhanden. Aula und Hausmeisterwohnung wurde nicht weiter untersucht.

Altbau

Klassenräume mit sanierter Beleuchtung

In den Klassenräumen des Altbaus und des Anbaus-1 wurde die Sanierung abweichend von den "Leitlinien zum wirtschaftlichen Bauen" realisiert. Als typisches Beispiel wurde der Klassenraum 212 näher betrachtet. Der Raum (59 m²) ist für die Klassenraumbelichtung mit 8 abgependelten Leuchten (Trilux RSX L35/49/80E; Leuchtmittel:49W, T5) bestückt. Weitere 5 Deckeneinbauleuchten (Zumtobel Panos HWW 250 bestückt mit 2x42W; Tel.Auskunft BHP,Hr.Korb) beleuchten den Bereich vor dem Präsentationsbereich (Tafel).

Es ergibt sich ein spezifischer Anschlußwert von 15,75 W/m². Die Auslegung entspricht nicht der "Leitlinie zum wirtschaftlichen Bauen". Dort wird ein Grenzwert von 7,5 W/m² gefordert.

Das rechnerische Ergebnis zeigt eine Überdimensionierung. Die Simulation weist eine Beleuchtungsstärke von 300 Lux im Bereich der Schülerarbeitsplätze und eine von weit über 1.000 Lux im Tafelbereich unter den Downlights auf. Durch die Helligkeitsunterschiede zwischen Schülerarbeitsplätzen und Tafel entsteht eine Spannung, die man als aufmerksamkeitsfördernd empfinden kann. Der spontane Eindruck war: "anregend". Der Raum wurde am 9.12.08 um 7:50 stichprobenartig gemessen. Dabei ergab sich ein deutlicher Unterschied in der Verteilung der Beleuchtungsstärken. Im Präsentationsbereich (Tafel) wurden Werte um 1.000 Lux gemessen. Im Bereich der Schülerplätze lag der gemessene Wert bei etwa 300 Lux.

Es sind 31 Klassenräume mit insgesamt 1.842 m² in der beschriebenen Weise saniert. Das sind 63% der Fläche der Klassenräume

Tabelle 8

sanierter Klassenraum (R212)	
Installierte Leistung:	932 W
Fläche:	59,16 m ²
Spez. Anschlußleistung:	15,75 W/m ²
Volllaststunden:	1.000 h
Jahresenergiebedarf:	932 kWh/a
Spez. Jahresenergiebedarf:	15,75 kWh/(m ² a)

Anbau-2

Klassenzimmer mit unsanierter Beleuchtung

Um das Messergebnis zu bewerten, wurde ein unsanierter Raum im Anbau-2 (R443) gleichfalls stichprobenartig gemessen.

Dabei wurden normgemäße Beleuchtungsstärken von 300 Lux gleichmäßig in der Fläche vorgefunden. Im Präsentationsbereich(Tafel) wurden 350 Lux gemessen.

Insgesamt war der subjektive Eindruck aufgrund der gleichmäßigen Lichtverteilung eher ermüdend.

Es sind 17 Klassenzimmer mit insgesamt 1.076 m² in der beschriebenen Weise ausgestattet. Das ist 37% der Fläche der Klassenzimmer. Diese Räume stehen zur Sanierung an.

Tabelle 9

unsanierter Klassenraum (R443)	
Installierte Leistung:	1.704 W
Fläche:	85 m ²
Spez. Anschlußleistung:	20 W/m ²
Volllaststunden:	1.000 h
Jahresenergiebedarf:	1.704 kWh/a
Spez. Jahresenergiebedarf:	20 kWh/(m ² a)

Altbau

Sanierte Büros und Besprechungsräume

wurden nicht näher untersucht, sie liegen alle im sanierten Altbau und sind mit abgependelten Rasterleuchten (Trilux RSX L35/49/80E; Leuchtmittel:49W T5) ausgestattet. Es werden EVG unterstellt. Die Leuchtenanzahl wurde aus den Plänen übernommen.

Tabelle 10

Sanierter Büroraum	
Installierte Leistung:	1.704 W
Fläche:	85 m ²
Spez. Anschlußleistung:	20 W/m ²
Volllaststunden:	1.000 h
Jahresenergiebedarf:	1.704 kWh/a
Spez. Jahresenergiebedarf:	20 kWh/(m ² a)

Anbau-2

Flure

Im Neubau war die Flurbeleuchtung vor den Fachklassenzimmern dauerhaft eingeschaltet. Im Verlauf des ersten Halbjahres 2009 hat der Hausmeister die Flurbeleuchtung (10 Downlights je 2 x 26W Kompaktleuchtstofflampen und EVG) mit Treppenhausautomaten ausgestattet, die das Licht nach 5 min abschalten.

Gymnastikhalle

Der Gymnastikhalle wurde nicht näher untersucht, die Beleuchtungsanlage wurde 2006 saniert. 30 Rasterfeldleuchten mit Leuchtstofflampe 54Watt, unterstellt werden EVG.

Tabelle 11

Gymnastikhalle	
Installierte Leistung:	1.740 W
Fläche:	247 m ²
Spez. Anschlußleistung:	7 W/m ²
Volllaststunden:	1.000 h
Jahresenergiebedarf:	1.740 kWh/a
Spez. Jahresenergiebedarf:	7 kWh/(m ² a)

Anbau-2

Sporthalle

Die Sporthalle wird mit der Erstausrüstung aus den 80er Jahren beleuchtet. Der Tageslichteinfall ist aufgrund eines relativ schmalen Fensterfrieses reduziert. Die Beleuchtungsanlage (KVG, 54 W Leuchtstoffröhre) wurde in der Leistung reduziert. So sind 3 von 5 Lichtbändern dauerhaft abgeschaltet. Befragte Lehrer teilten mit, dass die Beleuchtung im Winter in den ersten 2 Morgenstunden zu gering sei. Eine Stichprobenmessung am 9.12.2008, 8:30 ergab 300 lx auf dem Spielfeld mit starkem Abfall zu den Rändern hin. 2 m vom Rand entfernt wurden nur noch 100 lx gemessen.

Tabelle 12

Sporthalle	
Installierte Leistung:	4.544 W
Fläche:	652 m ²
Spez. Anschlußleistung:	7 W/m ²
Volllaststunden:	1.000 h
Jahresenergiebedarf:	4.544 kWh/a
Spez. Jahresenergiebedarf:	7 kWh/(m ² a)

Arbeitshilfen

Als Monitore werden LCD-Bildschirme verwendet. Die PC sind handelsüblich. Die switcher im Serverraum sind einfache Modelle mit ca. 50-90 Watt Anschlußleistung. Sie sind dauerhaft eingeschaltet, falls keine organisatorischen Gründe dagegen sprechen (z.B. Datensicherung in der Nacht) könnte man sie über eine Schaltuhr nur zu Betriebszeiten mit Strom versorgen).



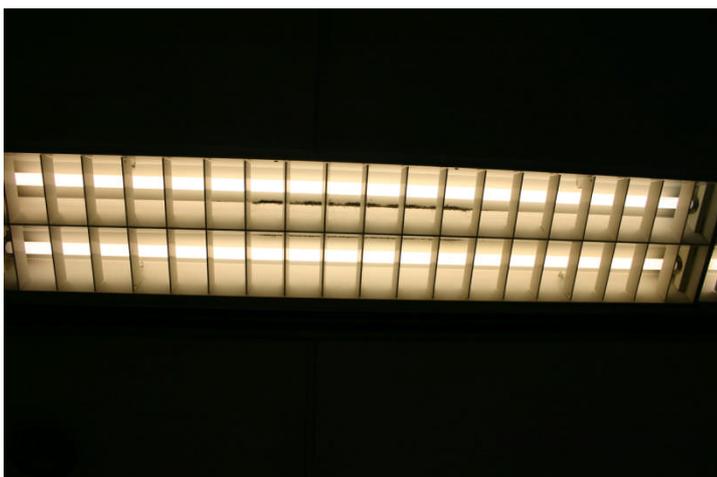
Altbau, elektr. sanierter Fachraum, Lehrsaal Physik mit abgependelten Rasterleuchten und Tafelbeleuchtung



Altbau, elektr. sanierter Klassenraum,
downlight zur Tafelbeleuchtung



Altbau, elektr. sanierter Fachraum Physik Sammlung



Anbau-2, Leuchte in unsaniertem Klassenraum R443



Links Switch und patchpanel im EDV-Schulungsraum,
rechts im Serverraum

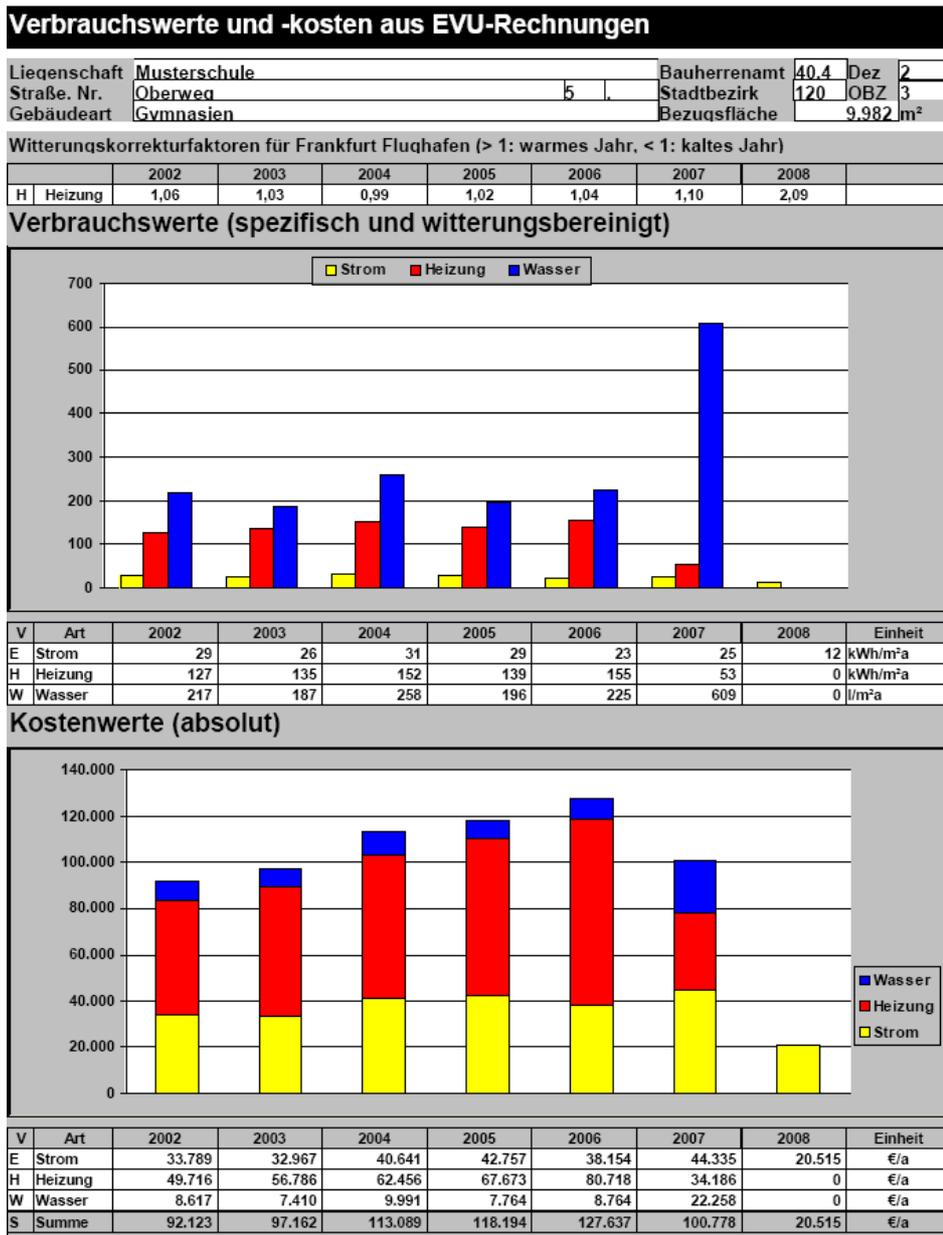


Altbau, elektr. sanierter EDV-Schulungsraum

3.11 Analyse der Verbräuche, Energiekennwerte, Lastgänge

3.11.1 Verbrauchswerte

Das Energiemanagement der Stadt Frankfurt veröffentlicht jährlich die Verbrauchsdaten der einzelnen Schulen in Frankfurt. In der folgenden Grafik sind die Verbrauchswerte der Schule aus den Jahren 2002 bis 2007 für alle Energieformen aufgeführt und für das Jahr 2008 wurde bislang nur der Verbrauchswert für Strom ausgewiesen.



Bei der Betrachtung der witterungsbereinigten und spezifischen Verbrauchsdaten für Strom lässt sich feststellen, dass in den letzten sieben Jahren der Stromverbrauch auf knapp 40 % gesunken ist im Vergleich zum Jahr 2002.

Zwischen den Jahren 2002 und 2007 verringerte sich der Wärmeverbrauch von 127 kWh/m² und a auf 53 kWh/m² und a, dabei ist auffällig, dass diese Verringerung hauptsächlich von 2006 auf 2007 stattgefunden hat.

Bei dem Wasserverbrauch ist die Entwicklung gegenläufig, in den Jahren 2002 bis 2006 lag der durchschnittliche Wasserverbrauch bei 216 l/m² und a. Im Jahr 2007 stieg der Wasserverbrauch um 282 % auf 609 l/m² und a. Diese Entwicklung ist auf den Neubau der Cafeteria und die bereits stattfindenden Sanierungsarbeiten (=Bauwasser) zurückzuführen.

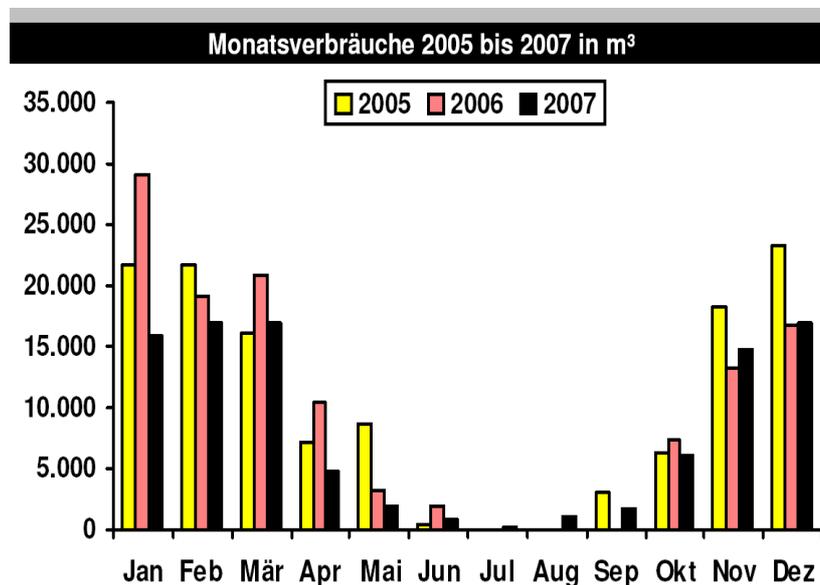
Aufgrund des fast dreimal so hohen Wasserverbrauches in 2007 ist nur eine geringe Kosteneinsparung zu verzeichnen, obwohl die Wärmekosten von 2006 auf 2007 um 46.532 €/a reduziert werden konnten.

Tabelle 13: Verbrauchswerte Heizenergie in den Sommermonaten 2003-2007

Monatsauswertung Musterschule Verbrauchswerte Sommermonate 2003-2007						
Jahr		Mai	Juni	Juli	August	Σ Mai-Aug./ m ³
2007	m ³	1.965	871	237	1.164	4.237
2006	m ³	3.286	1.966	0	0	5.252
2005	m ³	8.601	391	0	0	8.992
2004	m ³	5.612	3.353	3.271	5.616	17.852
2003	m ³	4.297	1.293	884	856	7.330

Die relativ hohen Verbrauchswerte in den Sommermonaten 2003-2007 (ohne 2004, Wert ist nicht plausibel) von ca. 45.000 - 77.000 kWh, könnten durch die Einbindung einer thermischen Solaranlage für die Warmwasserbereitung erheblich reduziert werden. Das dadurch mögliche Abschalten der Heizungsanlage von ca. Mai bis September könnte weitere Energieeinsparungen erbringen.

Verbrauchswerte Heizenergie Monatsverbräuche 2005-2007



3.11.2 Energieausweis

Im Folgenden wird der derzeit gültige Energieausweis für die Musterschule in Frankfurt dargestellt, durch die angestrebten Verbesserungen, sollen die angegebenen Verbräuche reduziert werden.

STADT FRANKFURT AM MAIN		Hochbauamt Energiemanagement	
ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude			
<small>gemäß den §§ 16 ff. Energiepassverordnung (EnEV)</small>			
Gebäude	Musterschule		
Adresse	Oberweg 5		
Hauptnutzung	Gymnasien	9.393 m ²	
Sonderzone	Sporthallen	589 m ²	
Nettogrundfläche		9.982 m ²	
Heizenergie Verbrauchskennwert 2003 - 2005 (einschließlich Warmwasser) Kosten/Jahr			
Diese Liegenschaft			142 kWh/m ² a
effizient			ineffizient
Vergleichswert EnEV			127 kWh/m ² a
			43.379 €/a
			4,35 €/m ² a
Strom Verbrauchskennwert 2003 - 2005 Kosten/Jahr			
Diese Liegenschaft			29 kWh/m ² a
effizient			ineffizient
Vergleichswert EnEV			16 kWh/m ² a
			38.622 €/a
			3,87 €/m ² a
Wasser Verbrauchskennwert 2003 - 2005 Kosten/Jahr			
Diese Liegenschaft			214 l/m ² a
effizient			ineffizient
Mittelwert			186 l/m ² a
			8.388 €/a
			0,84 €/m ² a
Summe			90.389 €/a
Erläuterungen			
Die Verbrauchswerte werden beeinflusst durch den baulichen Zustand, die Betriebsführung und das Nutzerverhalten. Im Zuge des Neubaus der Kantine wurden umfangreiche Maßnahmen im Bereich vorbeugender Brandschutz und Sanierung der Beleuchtung vorgenommen, die positiven Einfluß auf den Verbrauch haben werden. Bei der Begehung (Weihnachtsferien) waren Heizung und Lüftung im normalen Tagesbetrieb und nicht reduziert.			
Empfehlungen zur kostengünstigen Modernisierung			
Einbau von Bewegungsmeldern in den Fluren	Kosten	Einsparung	
	2.000 €	500 €/a	
Dämmung obere Geschloßdecke	47.000 €	6.500 €/a	
Beleuchtungssanierung im "Neubau" (im Altbau wurde bereits im Zuge des Neubaus saniert)	38.000 €	5.500 €/a	
Empfehlungen zu Nutzung und Betrieb			
Lüftung nur kurz und stoßweise	Einsparung		
	3.600 €/a		
Abschalten der Beleuchtung bei ausreichendem Tageslicht	2.800 €/a		
Konsequente Nutzung der Spartfunktion an Toilettenspülungen	1.000 €/a		
Nacht-Wochenend- und Ferienabsenkung der Heizung und Abschalten der Lüftung	8.000 €/a		
gesehen:	aufgestellt:		
13.01.2009	Dipl.-Ing. Mathias Linder	13.01.2009	Dipl.-Ing. H.Jürgen Pargmann
Weitere Informationen erhalten Sie unter: www.stadt-frankfurt.de/energiemanagement		Ihre Ideen zur Energieeinsparung bitte an: energiemanagement@stadt-frankfurt.de	

Heizenergieverbrauchskennwert

Die Untersuchung des Fraunhofer Instituts für Bauphysik über Energieverbräuche von Bildungsgebäuden (Vergleich v. 199 Schulen) in Deutschland ergab für Schulen einen Mittelwert des **Heizenergieverbrauchswertes von 211 kWh/m²a**. Die Musterschule liegt mit einem Heizenergieverbrauchswert von **142 kWh/m²a** unterhalb dieses Durchschnittswertes. Die Bewertung der Verbrauchswerte 2003-2005 ergeben im **Energieausweis** eine **mittlere Bewertung**. Durch Energiesparmaßnahmen kann der Verbrauchswert noch erheblich verbessert werden.

Stromverbrauchskennwert

Die Untersuchung des Fraunhofer Instituts für Bauphysik über Energieverbräuche von Bildungsgebäuden (Vergleich v. 185 Schulen) in Deutschland ergab für Schulen einen Mittelwert des **Stromverbrauchswertes von 20 kWh/m²a**. Die Musterschule liegt mit einem

Stromverbrauchsverbrauchswert von **29 kWhm²/a** oberhalb dieses Durchschnittswertes. Die Bewertung der Verbrauchswerte von 2003-2005 ergeben im **Energieausweis** eine **schlechte Bewertung**. Die Verbrauchswerte sind jedoch ab den Jahren 2006 (23 kWhm²/a), 2007 (25 kWhm²/a) leicht gefallen. Die verbesserten Werte lassen auf die Einsparungen durch die energieeffiziente Sanierung der Beleuchtung des Altbaus, sowie verbessertes Nutzerverhalten schließen. Durch die Sanierung der Beleuchtung der Räume des Anbaus-2 und der Sporthalle sowie dem Einbau geregelter Pumpen durch die Heizungserneuerung werden sich die Werte weiter verbessern.

3.11.3 Lastgänge

Durchschnittliche Monatsverbräuche an Wochentagen von Juli 2007 bis Januar 2008



Das Lastgangprofil lässt erkennen dass die Wochenendabsenkung der Heizungsanlage nur unzureichend funktioniert. Die durchschnittlichen Verbräuche an Wochentagen unterscheiden sich nur unerheblich von den Verbräuchen an Wochentagen.

4. Energiesparmaßnahmen Gebäudehülle

4.1 Übersicht Bauteile des Gebäudes mit Maßnahmen zur energetischen Sanierung, neue U-Werte

Tabelle 14: Im folgenden werden die zur energetischen Sanierung vorgeschlagen Bauteile des Gebäudes mit Einbauzustand, neuen U-Werten und beschriebenen Maßnahmen aufgelistet.

P.	Bauteil	Einbauzustand	U – Wert neu W/m ² K	Maßnahme
1	Außenwand, Altbau, Süd- u. Ostfassade	Außenluft	0,185	Außendämmung mit WDVS, d= 160mm, WLG 035 W/mK
2	Außenwand, Altbau, Nord- u. Westfassade	Außenluft	0,286	Innendämmung, d=120mm, WLG 045 W/mK
3	Außenwand, Altbau, Nord- u. Westfassade	Außenluft	0,833	Außendämmung mit Wärmedämmputz, d= 25mm, WLG 065 W/mK
4	Außenwand, Anbau-1, Süd- u. Ostfassade	Außenluft	0,190	Außendämmung mit WDVS, d= 160mm, WLG 035 W/mK
5	Außenwand, Anbau-2, Bereich Dusch./Umkl./UG	Außenluft	0,204	Außendämmung mit WDVS, d= 160mm, WLG 035 W/mK
6	Deckenfläche, Oberste Geschoßdecke, Altbau-Mittelbau	unbeheizte Räume oberhalb	0,130	Dämmung v. oberhalb, d= 250mm, WLG 035 W/mK
7	Dachfläche, Anbau-1, Flachdach	Außenluft	0,134	Dämmung, d= 250mm, WLG 035 W/mK
8	Dachfläche, Anbau-2, Flachdach	Außenluft	0,134	Dämmung, d= 250mm, WLG 035 W/mK
9	Dachfläche/ Deckenfläche, Anbau-2 Pausent.	Außenluft	0,134	Dämmung, d= 180mm, WLG 025 W/mK
10	Grundfläche Decke z. Tiefgarage, Anb-2	Kellerdecke	0,257	Dämmung v. unterhalb, d= 100mm, WLG 035 W/mK
11	Fenster, Altbau u. Anbau-1	Außenluft	U _g = 1,1 U _w = ca.1,7	Erneuerung d. Verglasung der bestehenden Fensterelemente, neu U _g = 1,1 W/m ² K
12	Fenster, Altbau u. Anbau-1	Außenluft	0,85	Erneuerung d. Fensterelemente d. neue Fenster m. Dreifachverglasung
13	Fenster, Anbau-2	Außenluft	U _g = 1,1 U _w = ca.2,0	Teilerneuerung d. Verglasung/Oberlichter der bestehenden Fensterelemente, neu U _g = 1,1 W/m ² K

4.2 Einzelmaßnahmen Altbau / Anbau-1

4.2.1 Außendämmung Außenwand Süd- u. Ostfassaden

Außendämmung Außenwandflächen Südfassade u. Ostfassade Altbau und Außenwandflächen Anbau-1 mit Wärmedämmverbundsystem/WDVS, d= 160mm, WLG= 035

Die Süd- u. Ostfassaden des Altbaus sind in der im Bereich der Fenstergewände einfacher gestaltet als die Nord- u. Westfassaden. Auch Zierelemente und vollflächige Sockelverkleidungen in Sandstein wie im Bereich der Nord- u. Westfassaden fehlen. Auch die Fassaden des Anbau-1 v. 1965 sind einfach gestaltet und nur mit einer Sichtverblendung in den Brüstungsbereichen versehen, die nicht als erhaltenswert angesehen werden kann.

Aufgrund dieser einfachen Gestaltung der Fassaden wird die Außendämmung der süd - u. ost orientierten Außenwandflächen des Altbaus und Anbaus-1 mit einem eine 160mm starken Wärmedämmverbundsystem (z.B. Polystyrol, WLG 035) empfohlen. Die Dämmung sollte bis zur Geländeoberkante geführt, und nahtlos an die in Teilbereichen vorhandenen Perimeterdämmung angeschlossen werden. Auch der Dachüberstand des Altbaus im Bereich der Traufe sollte mit einer geringeren Dämmstärke (z.B. 60-80mm) gedämmt werden um den Wärmebrückeneffekt des Bauteils zu mindern. Das Versetzen der Fenster außenwandbündig Außenwand kann im Altbau nicht empfohlen werden, da aufgrund der vorhandenen Fenstergewände eine Verkleinerung des Fensters resultieren würde.

Um den Gebäudecharakter des Altbaus annähernd zu erhalten, sollten die Fenstergewände in der Dämmebene z.B. als Putzfasche nachgebildet und farblich abgesetzt werden, und ggf. die Fensterbänke als aufgesetztes Fassadenprofil nachgebildet werden. Der Charakter der vorhandenen Fassade wird jedoch durch die Außendämmung beeinträchtigt (z.B. tiefere Fensterlaibungen). Die Dämmung Außenwand des Anbaus-1 bedingt eine Anpassung der Dachrandanschlüsse des Flachdaches. Aufgrund der Anpassungsarbeiten der Dachrandanschlüsse, und des energetisch nicht zeitgemäßen Zustands der Flachdachfläche, wird die Dämmung der Flachdachfläche (siehe Beschreibung Einzelmaßnahme) innerhalb der Dämmmaßnahme Außenwand empfohlen.

Dünnere Dämmstärken, als wie empfohlen, sind nur mit energetisch verbesserten Dämmstoffen (z.B. Resol-Hartschaum, WLG 022) erreichbar. Langzeiterfahrungen bei Resol - Hartschaum liegen zurzeit noch nicht vor.

Die notwendigen außenliegenden Sonnenschutzanlagen/z.B. Raffstore im Bereich der Südfassade können in das Wärmedämmverbundsystem eingepasst werden (außer bei Rundbogenfenstern). Die vorhandenen Fenster sollten erneuert, oder energetisch verbessert, und ggf. auf Langlebigkeit der Beschläge überprüft werden. Ein nach der Dämmmaßnahme geplanter Fensteraustausch beschädigt die dichten Bauteilanschlüsse an das Wärmverbundsystem (z.B. Anschlüsse im Bereich Putzanschlussleiste).

Auch die aus der thermographischen Untersuchung als wärmetechnisch erkennbaren Schwachstellen (siehe auch Schlussfolgerungen aus d. thermogr. Untersuchung) im Bereich der neuen Cafeteria- Betongeländer, sowie der ungedämmten Betonwand im Bereich Untergeschoss- Umkleiden/Duschen (Anbau-2), sollten in die Dämmmaßnahmen einbezogen werden.

U-Wert, alt: Altbau 1,20/ Anbau 1,42 W/(m²K)

U-Wert, neu: 0,19 W/(m²K) Anforderung Leitlinien erfüllt

U-Wert max, Leitlinien z. wirtsch. Bauen 2008: 0,20 W/(m²K)

U-Wert max., EnEV: 0,35 W/(m²K)

U-Wert max., EnEV 2009: 0,24 W/(m²K)

Kostenschätzung: ca. 217.000 € (KGR 300/brutto)

(ca. 150 €/m²)



Beispiel Fensterbereich nach Dämmmaßnahme bei Gründerzeitgebäude, Nachbildung Fenstergewände als Putzfasche und in dunklen Farbton angelegt.

Innendämmung Außenwand Nord- u. Westfassade, d= 120mm, WLG 045

Die Nord- u. Westfassaden des Altbaus sind mit umfangreichen sichtbaren Sandsteingewänden, Brüstungsverzierungen in Sandstein, sowie einer kompletten Verblendung mit Sandstein im Bereich des Erdgeschosses ausgeführt. Die Fassaden stehen nicht unter Denkmalschutz, sind jedoch als erhaltenswert einzustufen. Eine Außendämmung der Fassaden würde den vorhandenen, noch ursprünglichen Charakter der Fassade stark beeinträchtigen.

Aufgrund dieser Beurteilung wurden von unserem Büro alternative Dämmmaßnahmen zur Außendämmung untersucht. Das Aufbringen eines Wärmedämmputzes (ca. 20mm sind aufgrund der Gewände möglich) im Bereich der Putzflächen würde nur sehr begrenzte Energiespareffekt erzielen. Auch die Beseitigung der Wärmebrücken im Bereich der Sandsteinelemente würde nicht erfolgen. Der noch gute Zustand des vorhandenen Außenputzes spricht zur Zeit zusätzlich gegen die Ausführung eines Wärmedämmputzes. Als energetisch wirksame Maßnahme ist die Innendämmung zu nennen, die jedoch nur unter hohem Aufwand und Kosten zu verwirklichen ist.

Bei der Ausführung der Innendämmung ist auf eine fachgerechte Ausführung zu achten. Es gibt verschiedene Dämmsysteme: mit oder ohne Dampfbremsen, harte oder weiche Dämmstoffe, kapillar saugende Dämmstoffe oder Verbundplatten mit integriertem Dämmstoff. Als Dämmmaterialien werden zum Beispiel Mineralfaser, Polystyrol, Polyurethan, Minerale Dämmplatten, Kalziumsilikatplatten eingebaut. Wichtig ist es, das jeweilige Dämmsystem fachgerecht einzubauen und die Brandschutzanforderungen zu beachten.

Als Innendämmung für die Fassaden wird die kapillar saugende Minerale Dämmplatte vorgeschlagen. Dieser mineralische Dämmstoff ist nicht brennbar, baubiologisch unbedenklich und kann ohne Dampfbremse eingebaut werden.

Wichtig ist, dass die Minerale Dämmplatten vollflächig im Mörtelbett verklebt, und ohne Hinterlüftung zur inneren Putzfläche eingebaut werden. Bleibt zwischen Innenputz und Dämmstoff eine Fuge kann ggf. Raumluft in diesem Bereich eindringen und kondensieren und zusätzlich wird die kapillare Leitfähigkeit zur Tauwasserabführung der Platte beeinträchtigt. Weiter ist zu beachten, dass einbindende Bauteile (z.B. die massiven, einbindenden Innenwände sowie die Kappendecken) in die Dämmmaßnahme einbezogen werden. Zusätzlich müssen die Fensterlaibungen mit speziellen, dünneren Laibungsplatten gedämmt und alte Farbanstriche beseitigt werden. Als Untergrund für die Dämmplatten ist nur ein Kalkzementputz möglich, Gipsputze sind ungeeignet. Bei einer Bauteilprüfung vorort wurde ein vorhandener Kalkzementputz festgestellt.

Zur Erreichung der Dämmwerte der Leitlinien- Frankfurt für die Innendämmung wird der Einbau einer 120mm starken Minerale Dämmplatte notwendig. Die bauphysikalische Unbedenklichkeit dieser hohen Dämmstärke (Standard sind ca. 80mm) wurde durch eine spezifisch auf die Musterschule ausgelegte bauphysikalische Berechnung eines Dämmplattenherstellers (Fa. Xella/Ytong, Berechnungsprogramm WUFI) abgesichert. Zusätzlich wurde das in Bauphysik spezialisierte Ingenieurbüro Heinrichs einbezogen, um die

bauphysikalische Unbedenklichkeit der Dämmmaßnahme im Detail zu prüfen. Vom Ingenieurbüro wurde geprüft, wie sich der Einfluss der vorhandenen Wärmebrücken auf den vorhandenen U-Wert in der Fläche, sowie auf die einbindenden Bauteile (massive Innenwände u. Decken) bei einer möglichen Dämmmaßnahme auswirken würde. Aufgrund des fehlenden Platzbedarfs für die notwendige Laibungsdämmung kann die Innendämmung nur nach dem Austausch der vorhandenen Fenster, und Ersatz durch Fenster mit Dreifachverglasung erfolgen. Dabei müssen die Anschlusspunkte der Innendämmung bei der Fensterherstellung berücksichtigt werden (ggf. breitere Rahmenprofile).

Erkenntnisse der bauphysikalischen Untersuchung durch das Ingenieurbüro Heinrichs

- Bei den einbindenden Bauteilen (massive Decken u. Innenwände) kann auf den Verzögerungstreifen verzichtet werden.
- Der U-Wert der **Außenwand im Bestand** verschlechtert sich unter Berücksichtigung der Wärmebrücken auf 1,58 W/m²K (ohne Wärmebrücken 1,13 W/m²K)
- Der U-Wert der **Außenwand mit 120mm Innendämmung** verschlechtert sich unter Berücksichtigung der Wärmebrücken auf 0,70 W/m²K (ohne Wärmebrücken 0,28 W/m²K)

Die Wärmebrücken haben einen enormen Einfluss auf die Verschlechterung des U-Wertes. Die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme verschlechtert sich hiermit zusätzlich. Die detaillierten Berechnungen des Ingenieurbüros Heinrichs sind dem Energiekonzept als Anlage beigefügt.

Kostenschätzung

Die Ausführung der Dämmmaßnahme ist aufwendig und bedingt die Veränderung von bestehenden Bauteilen und Einbauten. Zur genaueren Abschätzung der tatsächlich entstehenden Kosten wurde versucht die Veränderung der einzelnen Bauteile in einen gesamten Kostenkennwert pro m² Bauteilfläche einzurechnen. Folgende Kosten wurden abgeschätzt und in den Kostenkennwert eingerechnet:

- Standarddämmung pr. m², Mineraldämmplatte, d= 120mm, WLG 045
- Laibungsdämmung Bereich Fensterlaibungen, d= 20-30mm
- Neue Fensterbänke/Naturstein einbauen
- Vorhandene neue GK-Decke öffnen und an Innendämmung anpassen
- Vorhandenen Farbabstrich entfernen
- Heizkörper Erneuerung

Kostenschätzung: ca. 290.000 € (KGR 300/brutto)
(ca. 230 €/m²)

U-Wert, alt: 1,20 W/(m²K)

U-Wert, neu: 0,29 W/(m²K) Anforderung Leitlinien erfüllt

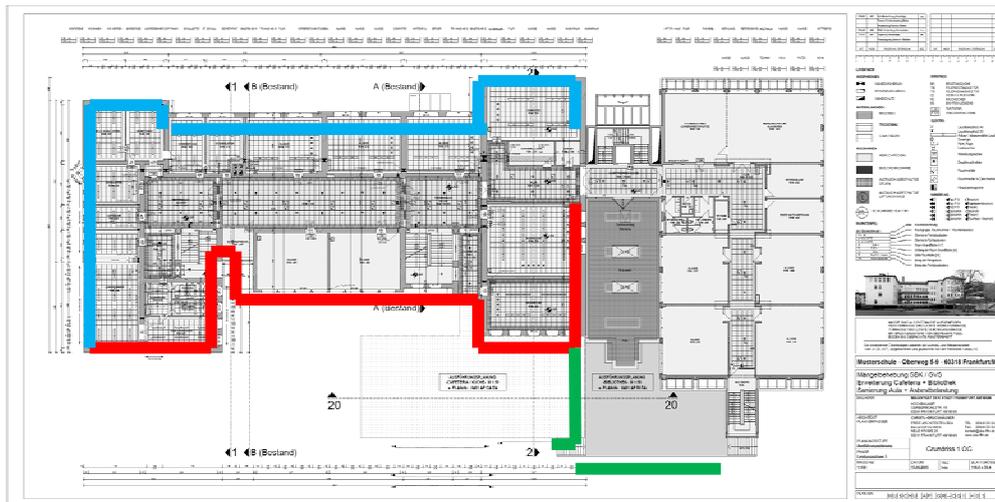
U-Wert max, Leitlinien z. wirtsch. Bauen 2008: 0,30 W/(m²K)

U-Wert max., EnEV: 0,45 W/(m²K)

U-Wert max., EnEV 2009: 0,35 W/(m²K)

Die Einzelmaßnahme wurde mit Hilfe der Gesamtkostenberechnung separat bewertet. Aufgrund der hohen Amortisationszeit (ca. 100a) der Maßnahme wurde diese nicht in die Maßnahmenvarianten übernommen.

Übersicht Dämmmaßnahmen Außenwand im Bereich Altbau u. Anbau-1



Grundriss 1.0G

- = Außendämmung WDVS, d= 160mm
- = Außendämmung WDVS, d= 160mm,
Beseitigung Schwachstelle/Wärmebrücke,
siehe Thermographie
- = Innendämmung, d= 120mm



Südfassade



Nordfassade



Westfassade

4.2.2 Dämmung Dachfläche / Oberste Geschoßdecke

Dämmung Oberste Geschoßdecke, Altbau- Mittelbau, d= 250mm, WLГ 035-040

Aufgrund des Wiederaufbaus des Obergeschosses nach erfolgten Kriegsschäden ist die Oberste Geschoßdecke nicht als Kappendecke, sondern als für die Nachkriegszeit typische Hohlkörperdecke (Kaiser-Omnia) ausgeführt. Die thermographische Untersuchung zeigt die ungedämmte Oberste Geschoßdecke in diesem Bereich als große Schwachstelle mit hohen Wärmeverlusten.

Aufgrund der unebene Deckenkonstruktion mit erhöhten Trägern, der umfangreichen tragenden Holz-Dachkonstruktion sowie der vorhandenen Lüftungskanäle (Lüftungsanlage Aula) wird die Aufbringung eine Dämmlage als 250mm starke Schüttdämmung (z.B. Zellulose, Mineralfaser, Silikatleichtschaum, WLГ 035-040, n. Anford. Brandschutz) empfohlen. Die Schüttdämmung passt sich an die Unebenheiten der vorhandenen Decke an, und es entstehen keine Hohlräume. Die Ausführung mit Dämmhülsen ermöglicht die Aufbringung einer oberen OSB/Spanplatte. Die Einbringung einer Dampfbremse auf der Rohdecke sollte vorab geprüft werden. Auch die schwer zugänglichen Bereiche um die RLT Zentrale oder ggf.

Dachbereich Treppenhaus (soweit zugänglich) sollten in die Dämmmaßnahme einbezogen werden.

U-Wert, alt: Altbau-Mittelbau 1,88 W/(m²K)

U-Wert, neu: 0,13 W/(m²K) Anforderung Leitlinien erfüllt

U-Wert max, Leitlinien z. wirtsch. Bauen 2008: 0,15 W/(m²K)

U-Wert max., EnEV: 0,30 W/(m²K)

U-Wert max., EnEV 2009: 0,30 W/(m²K)

Kostenschätzung: ca. 33.000 € (KGR 300/brutto)

(ca. 60 €/m², es wurde die Kosten einer gedämmter Dämmhülsenkonstruktion mit oberer OSB Platte angenommen, die einfachere Ausführung nur mit Schüttung ohne Gehbelag sind kostengünstiger für 20-30 €/m² herzustellen)

Dämmung Flachdach, Anbau-1, d= 250mm, WLG 035

Über den konstruktiven Aufbau der Flachfläche des Anbaus-1 waren keine Unterlagen vorhanden. Es wurde ein Aufbau mit 4cm Dämmung in der Berechnung angesetzt. Im Zuge der Außendämmung Außenwand Südfassade oder bei Erneuerung der Dachabdichtungsbahn des Flachdaches wird die Erhöhung der Dämmlage auf 250mm mit WLG 035 empfohlen. Geringere Dämmhöhen mit gleicher Dämmleistung sind mit verbesserten Dämmstoffen (z.B. Polyurethan, WLG 024) zu erreichen.

U-Wert, alt: 0,76 W/(m²K), Bauteilaufbau war nicht bekannt, es wurden 4cm Dämmhöhe in Berechnung angesetzt

U-Wert, neu: 0,13 W/(m²K) Anforderung Leitlinien erfüllt

U-Wert max, Leitlinien z. wirtsch. Bauen 2008: 0,15 W/(m²K)

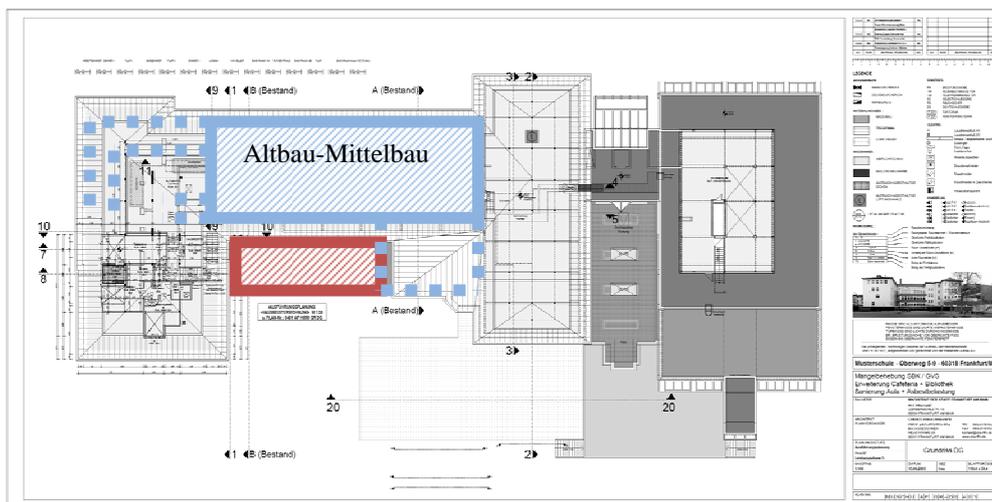
U-Wert max., EnEV: 0,25 W/(m²K)

U-Wert max., EnEV 2009: 0,20 W/(m²K)

Kostenschätzung: ca. 20.000 €

(ca. 150 €/m²)

Übersicht Dämmmaßnahmen Flachdach u. Oberste Geschoßd. im Bereich Altbau u. Anbau-1



Grundriss DG

 = Dämmung oberste Geschoßdecke - Altbau-Mittelbau, d= 250mm

 = Dämmung Flachdach - Anbau-1, d= 250mm



Flachdach Anbau-1



Ungedämmte Oberste Geschoßdecke , Bereich Altbau - Mittelbau



4.2.3. Erneuerung Fensterelemente

Erneuerung der Verglasung der bestehenden Fensterelemente durch Zweifach-Wärmeschutzverglasung, $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

Die Fensterelemente im Altbau und Anbau-1 sind alte Aluminiumfensterelemente mit thermisch getrennten Rahmen und Zweischeiben-Isolierverglasung. Durch Recherche beim Hersteller Wicona handelt es sich beim vorhandenen Fensterprofil voraussichtlich um das Fensterprofil der Serie „WICLINE L-60A“. Diese Fensterprofile wurden bereits als thermisch getrennte Profile ausgeführt.

Eine kostengünstige Energiesparmaßnahme im Bereich der Fenstern ist die Erneuerung der Verglasung der bestehenden Fensterelemente durch neue Zweifach-Wärmeschutzverglasung mit dem $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Voraussetzung für die Maßnahmen ist jedoch dass die bestehenden Fenster noch eine Langlebigkeit versprechen. Die neue Verglasung sollte einen energetisch verbesserten Randverbund ausgerüstet sein. Auch die Fensterdichtungen sollten bei der Maßnahme überprüft und ggf. ersetzt werden.

Bei der Feststellung U-Werte der Fenster wurden Schätzwerte angenommen. Der jeweilige U_w -Wert der Fenster muss spezifisch für jedes Fensterelement unter Zugrundelegung des Verglasungs- und Rahmenanteils berechnet werden.

U_w -Wert, alt: ca. $2,80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, U_g -Wert, alt: ca. $3,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$,
 U_g -Wert, neu: $1,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ Anforderung Leitlinien nicht erfüllt
 U_w -Wert, neu: ca. $1,70 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

U_g -Wert max, Leitlinien z. wirtsch. Bauen 2008: $0,70 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, Dreifachverglasung!

U_g -Wert max., EnEV: $1,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

U_g -Wert max., EnEV 2009: $1,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Kostenschätzung: ca. 137.000 € (KGR 300/brutto)

(ca. 150 €/m^2)

Erneuerung der Fenster, neue Fenster mit Dreifach-Wärmeschutzverglasung, $U_w = 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$

Sollte aufgrund der unzureichenden Funktionstüchtigkeit der alten Fenster der komplette Austausch der Fenster geplant werden, wird der Einbau von Fenstern mit Dreifach-Wärmeschutzverglasung mit $U_w = 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ und verbessertem Randverbund empfohlen. Beim Einbau der Fenster ist zu beachten, dass die Anschlüsse zum Mauerwerk luft- und winddicht (nach RAL) ausgeführt werden. Etwaige geplante Außen- oder Innendämmungen der Außenwand sollten bei der Dimensionierung der neuen Fensterprofile berücksichtigt werden.

Die Fenstererneuerung sollte vor geplanten Dämmmaßnahmen Außenwand erfolgen. Das Versetzen der Fenster außenbündig Außenwand, um Schwachstellen im Laibungsbereich zu verhindern und optische Einbautiefen zu minimieren (im Zuge einer Außendämmung Außenwand) ist nur im Bereich der Fenster Anbau.-1 ggf. möglich. Im Bereich Altbau sind die

Fenster nach innen eingesetzt, und eine Versetzung außenbündig Außenwand würde eine erhebliche Verkleinerung des Fensters zur Ursache haben, was nicht empfohlen werden kann.

Uw-Wert, alt: ca. 2,80 W/(m²K)

Uw-Wert, neu: 0,80 W/(m²K) Anforderung Leitlinien erfüllt

Uw-Wert max, Leitlinien z. wirtsch. Bauen 2008: 0,90 W/(m²K),

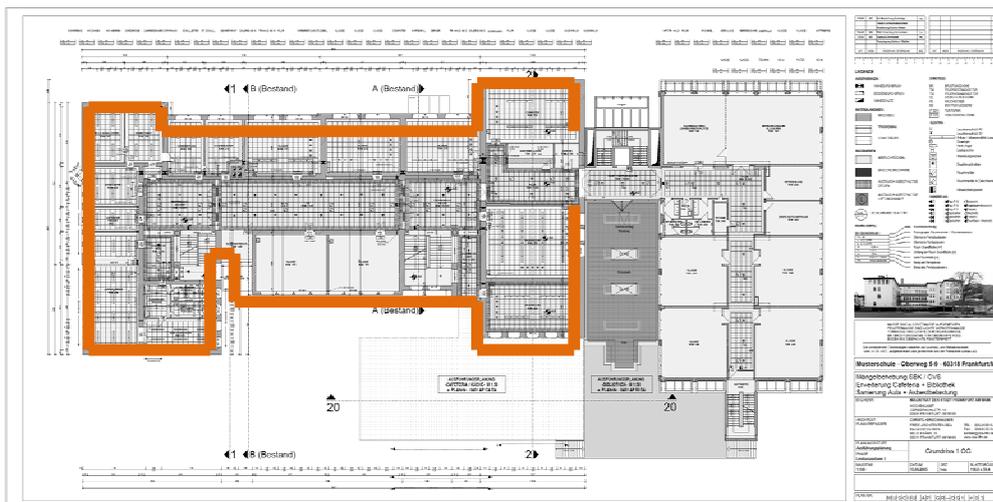
Uw-Wert max., EnEV: 1,70 W/(m²K)

Uw-Wert max., EnEV 2009: 1,30 W/(m²K)

Kostenschätzung: ca. 595.000 € (KGR 300/brutto)

(ca. 650 €/m²)

Übersicht Erneuerung der Fenster od. Verglasung im Bereich Altbau u. Anbau-1



Grundriss 1.OG

— = Erneuerung der Fenster od. altn. Verglasung, Altbau u. Anbau-1



Fensterelemente Altbau



Fensterelemente Anbau-1

4.3 Einzelmaßnahmen Anbau-2

4.3.1 Dämmung Kellerdecke

Dämmung Decke im Bereich Tiefgarage von unten mit $d=100\text{mm}$, $WLG=035$, verminderte Dämmung im Sturzbereich $60\text{-}80\text{mm}$, $WLG025$

Die massive Betondecke der Tiefgarage ist ungedämmt. Aufgrund der nicht beheizten Tiefgarage mit Raumluf Verbund nach außen, entstehen in der Heizperiode Wärmeverluste von der beheizten Turnhalle über die ungedämmte Tiefgaragendecke.

Es wird vorgeschlagen, die Decke von unten mit einer 100mm starken Dämmung, $WLG035$ zu dämmen. Im Bereich der vorhandenen Stürze sollte mit einer verbesserten Dämmung (z.B. PUR, $WLG025$) die Durchgangshöhe erhalten bleiben. Bei der Dämmmaßnahme müssen die Brandschutzanforderungen sowie das Mindestmaß der lichten Raumhöhen nach Garagenordnung beachtet werden.

U-Wert, alt: $1,02\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

U-Wert, neu: $0,26\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ Anforderung Leitlinien erfüllt

U-Wert max, Leitlinien z. wirtsch. Bauen 2008: $0,30\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

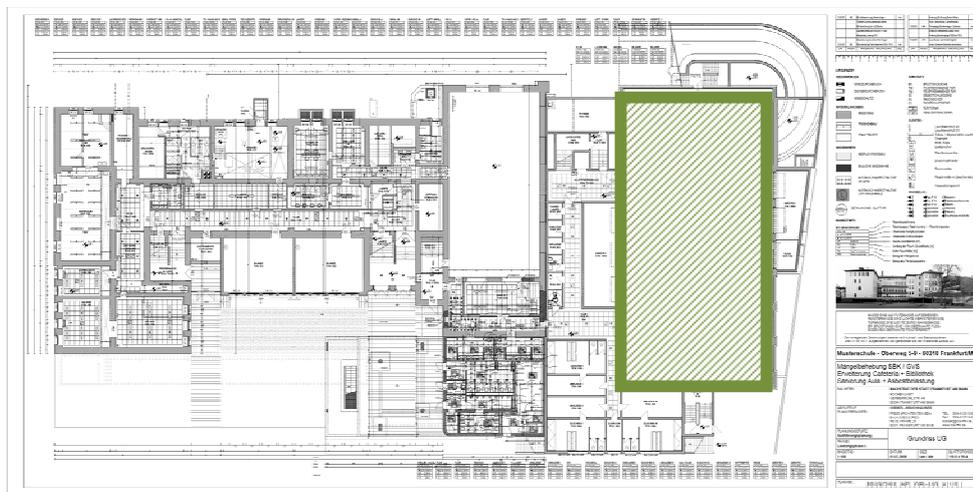
U-Wert max., EnEV: $0,40\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Uw-Wert max., EnEV 2009: $0,30\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Kostenschätzung: ca. 41.000 € (KGR 300/brutto)

(ca. 60 €/m^2)

Übersicht Dämmung Kellerdecke z. Tiefgarage im Bereich Anbau-2



Grundriss UG

 = Dämmung Decke im Bereich Tiefgarage, Anbau-2, $d=100\text{mm}$



Kellerdecke, Bereich Tiefgarage



4.3.2 Erneuerung Fensterelemente

Teilerneuerung der Verglasung/Oberlichter der bestehenden Fensterelemente durch Zweifach-Wärmeschutzverglasung, $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

Die Fensterelemente im Anbau-2 wurden als nicht thermisch getrennte Profile ausgeführt. Die Verglasung der Fensterprofile ist als Zweischeiben-Isolierverglasung ausgeführt und bei den Brüstungspaneelen ist von PU-Elementen auszugehen. Aus Sicherheitsgründen wurden 2008 die Öffnungsflügel der Fensterelemente durch neue Elemente mit Wärmeschutzisolierverglasung ersetzt. Die neuen Profile der Öffnungsflügel wurden aufgrund konstruktiver Zwänge auch als nicht thermisch getrennte Profile* hergestellt.

Die thermographische Untersuchung der Fassade zeigt, dass über die nur isolierverglaste Oberlichter der Fensterelemente ein erhöhter Wärmeverlust entsteht. Das ganze Alu-Fensterelement, mit nicht thermisch getrennten Rahmenprofilen und alten Brüstungspaneelen entspricht nicht dem heute gültigen Wärmedämmstandard. Als Maßnahme die zu einer Verbesserung des Elements führt, bis bei einer zukünftig geplanten Fassadensanierung der komplette Austausch des Elements erfolgen kann, ist die Ersatz der alten Isolierverglasung - Oberlichter durch neue Zweifach-Wärmeschutzverglasung mit dem $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Die neue Verglasung sollte einen energetisch verbesserten Randverbund ausgerüstet sein.

Bei der Feststellung U-Werte der Fenster wurden Schätzwerte angenommen. Der jeweilige U_w -Wert der Fenster muss spezifisch für jedes Fensterelement unter Zugrundelegung des Verglasungs- und Rahmenanteils berechnet werden.

U_g -Wert, alt: ca. $3,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, U_w -Wert, alt: ca. $3,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

U_g -Wert, neu: $1,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ Anforderung Leitlinien nicht erfüllt

U_w -Wert, neu: ca. $2,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

U_g -Wert max, Leitlinien z. wirtsch. Bauen 2008: $0,70 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, Dreifachverglasung!

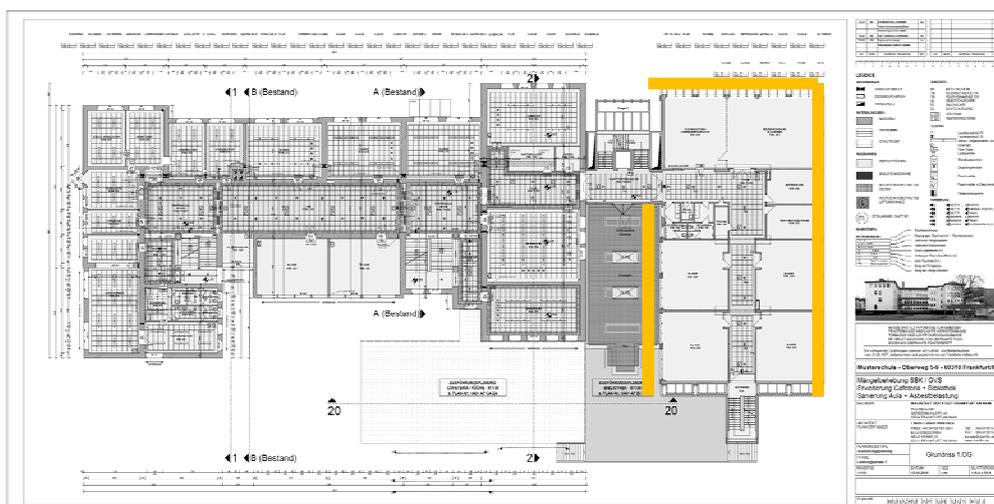
U_g -Wert max., EnEV: $1,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

U_g -Wert max., EnEV 2009: $1,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Kostenschätzung: ca. 38.000 € (KGR 300/brutto)

(ca. 150 €/m^2)

Übersicht Erneuerung der Verglasung-Oberlichter im Bereich Anbau-2



Grundriss 1.OG

— = Teilerneuerung der Verglasung Fenster/Oberlichter mit Zweifach-Wärmeschutzverglasung



Fensterelemente Anbau-2 m. Thermographie Fassade

4.3.3 Dämmung Dachflächen

Dämmung Flachdach, Anbau-2, d= 250mm, WLG 035

Die Flachdachflächen des Anbau-2 wurde nach vorliegenden original Detailplänen mit 10cm gedämmt. Oberhalb der Abdichtungsbahn ist das Flachdach bekiest oder zur Begehung mit Waschbetonplatten belegt. Die Lüftungsanlagen für den Gebäudeteil befinden sich im Flachdachbereich aufgesetzten Technikgeschoss.

Eine Dämmung der mit 10cm gedämmten Dachflächen aus Sicht der wirtschaftliche Energiesparmaßnahme kann nicht empfohlen werden. Innerhalb einer notwendigen Erneuerung der Dachabdichtungsbahn oder kompletten Fassadensanierung des ganzen Gebäudes wird die Dämmmaßnahme empfohlen. Bei diesen Sanierungsmaßnahmen sollte die Dämmhöhe auf 250mm mit WLG 035 erhöht werden.

U-Wert, alt: 0,35 W/(m²K),

U-Wert, neu: 0,13 W/(m²K) Anforderung Leitlinien erfüllt

U-Wert max, Leitlinien z. wirtsch. Bauen 2008: 0,15 W/(m²K)

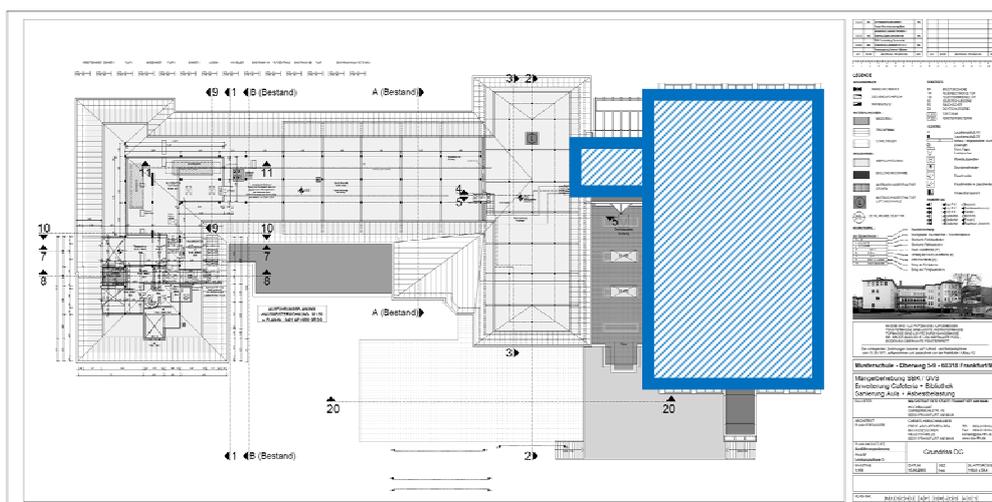
U-Wert max., EnEV: 0,25 W/(m²K)

U-Wert max., EnEV 2009: 0,20 W/(m²K)

Kostenschätzung: ca. 103.000 € (KGR 300/brutto)

(ca. 150 €/m²)

Übersicht Dämmung Dachfläche, Bereich Anbau-2



Grundriss DG

 = Dämmung Flachdach, Anbau-2, d= 250m



Flachdachflächen mit Technikgeschoss

Dämmung Flachdach Pausenterrasse, Anbau-2, d= 180mm, WLG 025

Das Flachdach der Pausenterrasse ist als Betondecke mit Verbundestrich in Gefälle, und mit Gehwegplatten belegt. Es konnte keine Dämmung der Decke festgesellt werden. Aufgrund der fehlenden Dämmung der massiven Decke können Schimmelschäden im Innenbereich (oberhalb der abgehängten Decke) nicht ausgeschlossen werden. Vor Ausführung der Maßnahme sollte eine Bauteilöffnung erfolgen, um zu klären inwieweit das Bauteil ggf. eine Dämmung unterhalb des Estrichs besitzt.

Es wird empfohlen, die Decke von oben mit einer 180mm starken Dämmlage/ WLG 025 (z.B. Polyurethan) zu dämmen. Die Maßnahme sollte nach der Beseitigung der Schwachstellen/Wärmebrücken im Bereich des massiven Brüstungsgeländers Cafeteria (siehe Thermographie) und ungedämmten Brüstungsgeländer/ Südseite ausgeführt werden.

U-Wert, alt: 3,29 W/(m²K),

U-Wert, neu: 0,13 W/(m²K) Anforderung Leitlinien erfüllt

U-Wert max, Leitlinien z. wirtsch. Bauen 2008: 0,15 W/(m²K)

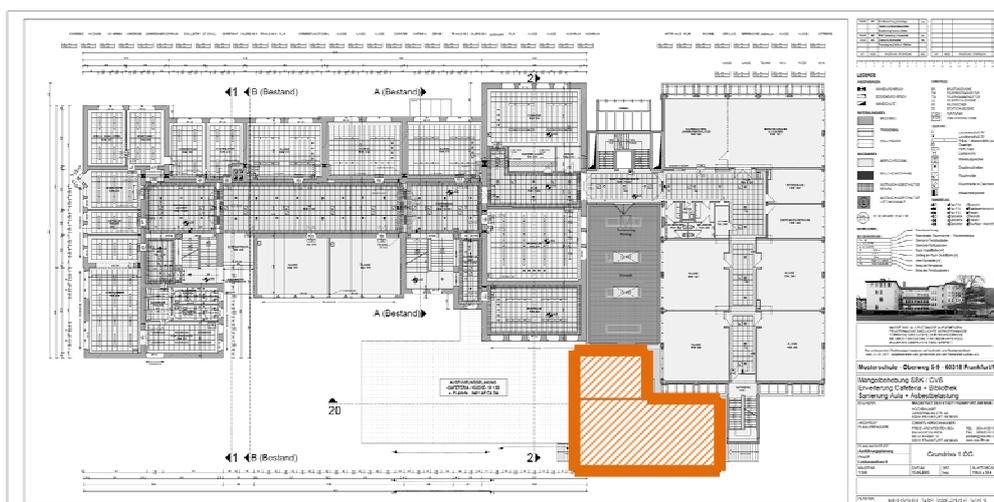
U-Wert max., EnEV: 0,25 W/(m²K)

U-Wert max., EnEV 2009: 0,20 W/(m²K)

Kostenschätzung: ca. 31.000 € (KGR 300/brutto)

(ca. 280 €/m²)

Übersicht Dämmung Pausenterrasse, Bereich Anbau-2



Grundriss 1.0G



= Dämmung Flachdach Pausenterrasse, Anbau-2, d= 180mm



Bereich Pausenterasse, unterhalb Umkleide u. Duschräume, Anbau-2

5. Energiesparmaßnahmen Heizungs- und Lüftungsanlage

Vorbemerkungen:

In diesem Schlussbericht sind die technischen Maßnahmen zum vorgenannten Projekt aufgeführt.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Maßnahmen der technischen Planung nicht in die Gesamtkostenformulare des Gebäudemanagements Frankfurt eingepflegt wurden. Die Aufteilung der einzelnen Varianten lassen die Eintragung der Kosten nicht zu, da Maßnahmen der Technik im Allgemeinen auf beide Gebäudeteile (Altbau und Neubau) anzuwenden sind. Des Weiteren sind einige Maßnahmen bereits beauftragt und in der Umsetzung. Daher wurde sich dazu entschlossen die Maßnahmen der Technik gesondert aufzuführen.

Im ersten Schritt werden Hinweise zu den Punkten Heizzentrale, Einzelraumregelung und Hydraulik gegeben. Im zweiten Schritt wird die Erweiterung der Heizzentrale um ein BHKW unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten betrachtet, dabei spielen die Kosten für Erdgas, Kapitaldienst, Wartung und Instandhaltung, sowie die Erlöse durch die Stromvergütung, Sondervergütung, Ökosteuergutschrift und Wärmegutschrift eine entscheidende Rolle. Die Berechnung des BHKW's wurde mit dem Formular des Energiemanagements der Stadt Frankfurt durchgeführt.

In Punkt 3 werden die RLT - Anlagen im gesamten Gebäude beschrieben und mit Grenzwerten des FGKs (Fachinstitut Gebäude-Klima e. V.) verglichen. Im nächsten Kapitel ist die Heizkörpererneuerung Gegenstand der Kostenaufstellung für die Bereiche in denen eine Innenwanddämmung vorgesehen ist. Im letzten Schritt werden die Möglichkeiten der Belüftung der unbelüfteten Klassenräume im Bereich des Altbaues beschrieben.

5.1 Erneuerung der Heizungszentrale mit BHKW

Die bestehende Heizungsanlage wird bereits modernisiert und durch zwei 350 kW Brennwertkessel ersetzt. Für eine effizientere Ausnutzung der Kesselanlagen wird vorgeschlagen statt der zwei Gasbrennwertkessel nur einen Brennwertkessel mit einer höheren Leistung und ein Blockheizkraftwerk mit einer Leistung von 50 kW_{el} vorzusehen. In den Sommermonaten muss für den Sporthallenbereich die Warmwasserversorgung in gewissem Umfang vorgehalten werden. Dadurch kann die Produktion von Warmwasser über diese Anlage bereitgestellt werden und somit eine Laufzeitverlängerung als bei einer reinen Raumwärmeerzeugung erreicht werden. Aufgrund des Warmwasserbedarfes auch im Sommer für den Sporthallenbereich, wäre der Betrieb von mindestens einem Kessel nötig. Bei gleichzeitiger Stromproduktion wäre der Nutzen entsprechend hoch.

Die Bewertung dieser Anlagentechnik ist im Formblatt Gesamtkostenberechnung-BHKW.xls vorgenommen.

Bei einem Einsatz eines BHKWs kann die Möglichkeit der Nutzung eines Contractings in Betracht gezogen werden. Der Einsatz dieser Technik bedeutet einen etwas höheren Investitionsaufwand für die Stadt Frankfurt. Durch die Abgabe dieses Anlagenteils an einen Contractor muss die Investition nicht durch die Stadt sondern kann durch einen Dritten erfolgen. Es ist lediglich die produzierte Wärme zu beziehen und durch den Stromverkauf kann der Contractor die Investition und Betriebsführung der Anlage refinanzieren.

5.2 Heizkörperoptimierung Altbau

Des Weiteren wird im Zuge der Modernisierung der Heizungsanlage oder der Innendämmung Nord- Westfassade die Optimierung der alten Heizflächen empfohlen. Im Bereich des Altbaus sind zur Zeit reine Konvektoren installiert, diese benötigen eine sehr hohe Vorlauftemperatur zur ausreichenden Erwärmung der Klassenräume. Bei der Modernisierung und der damit zusammenhängenden Reduzierung der Heizleistung, bietet sich der Austausch der veralteten Konvektoren an. Eine Möglichkeit wäre die Integrierung von Heizkörpern, bei denen vorrangig die vorderste Platte mit Heizmedium durchströmt wird. Dabei handelt es sich um Heizkörper, die mit entsprechendem Strahlungs- und Konvektionsanteil ausgestattet sind. Ein ausreichender Konvektionsanteil sollte vorhanden sein, um die Luft im Klassenraum schnell aufzuheizen und lange Aufheizzeiten durch verminderte Nachabsenkungszeiten der neuen Heizungsanlage zu verhindern.

Für die Erneuerung der Heizflächen innerhalb der Innendämmmaßnahme Nord- u. Westfassade sind folgende Kosten zu veranschlagen; je Geschoß ist die Leistung zu berechnen:

Erdgeschoß: $434,17 \text{ m}^2 \times \text{ca. } 60 \text{ W/m}^2 = 26.050,2 \text{ W} = 26,05 \text{ kW}$

1. Obergeschoß: $506,77 \text{ m}^2 \times \text{ca. } 60 \text{ W/m}^2 = 30.406,2 \text{ W} = 30,40 \text{ kW}$

2. Obergeschoß: $426,98 \text{ m}^2 \times \text{ca. } 60 \text{ W/m}^2 = 25.618,8 \text{ W} = 25,62 \text{ kW}$

3. Obergeschoß: $442,22 \text{ m}^2 \times \text{ca. } 60 \text{ W/m}^2 = 26.533,2 \text{ W} = 26,53 \text{ kW}$

Summe der Leistung: 108,6 kW

Benötigte Kosten für den Austausch der Heizkörper u. Anbindung an das vorhandene Rohrnetz:

$108,6 \text{ kW} \times 400 \text{ € netto} = 43.440 \text{ € netto}$

Das heißt für die Maßnahme ist ein Investitionsvolumen von ca. 43.500 € netto zu veranschlagen.



Alter Heizkörper/ Konvektor



Beispiel neuer Plattenheizkörper

5.3 Verbesserung Einzelraumregelung und Hydraulik, geregelte Pumpen

Bei der Aufnahme der Örtlichkeiten an der Musterschule wurde festgestellt, dass durch die Modernisierung und Reparatur der Heizungsanlage im Laufe der Jahre verschiedene Heizungsstränge mit einander verbunden wurden. So ist es zum Beispiel so dass einige Klassenräume an die Heizungsstränge der Verwaltungsräume angeschlossen sind. Dies führt dazu, dass die Klassenräume gantztägig aufgeheizt werden müssen, obwohl die Nutzung der Klassenräume geringer ist.

Durch die Optimierung der Einzelraumregelung könnten solche Umstände behoben werden und damit weitere Energie eingespart werden. Um diese Optimierung allerdings vornehmen zu können, ist eine umfangreiche Aufnahme der vorhandenen Systeme erforderlich. Eine Umsetzung einer Einzelraumregelung ist bereits beauftragt. Im Zuge dieser Maßnahmen wäre auch ein hydraulischer Abgleich vorzunehmen, da zur Zeit eine Überheizung in einigen Räumen bzw. eine unzureichende Beheizung festgestellt wurde. Gegebenenfalls sind Abgleichkomponenten, Ventile und energiesparende Hocheffizienzpumpen einzubauen. Dies ist jedoch nicht Gegenstand dieses Energiekonzeptes, dafür ist eine detaillierte Heizlast- und Rohrnetzrechnung nötig.

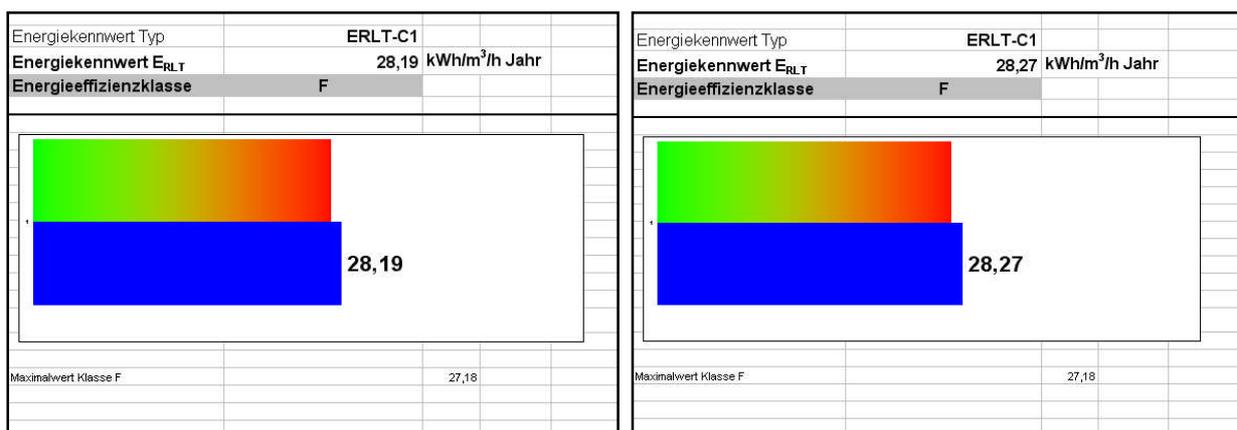
Der aktuelle Stand zur Modernisierung der Einzelraumregelung liegt derzeit nicht vor.

5.4 Optimierung bestehender Lüftungsanlagen

Im ersten Schritt werden die Energiekennwerte der einzelnen Lüftungsanlagen bewertet. Danach wird eine Berechnung des Energieverbrauches der Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung im Volllastbetrieb und im Teillastbetrieb vorgenommen.

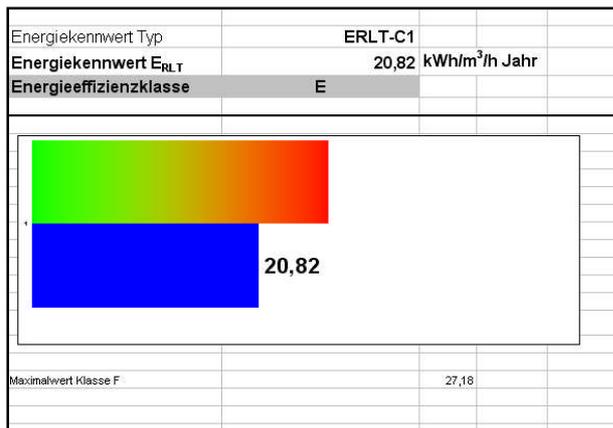
Diese Berechnungen beziehen sich auf die Bestandsanlagen und dienen zur Beurteilung der Energieeffizienz der RLT-Anlagen. Grundlage für diese Berechnungen ist ein Excel-Tool des FGKs, aufgesetzt auf die DIN 18599. Als Rechenwerte wurden hier die Anlagendaten (Volumenstrom, Druckverlust und Stromleistung der Ventilatorenmotoren) eingesetzt.

In den folgenden Abbildungen sind die Effizienzklassen der einzelnen Lüftungsanlagen abgebildet:

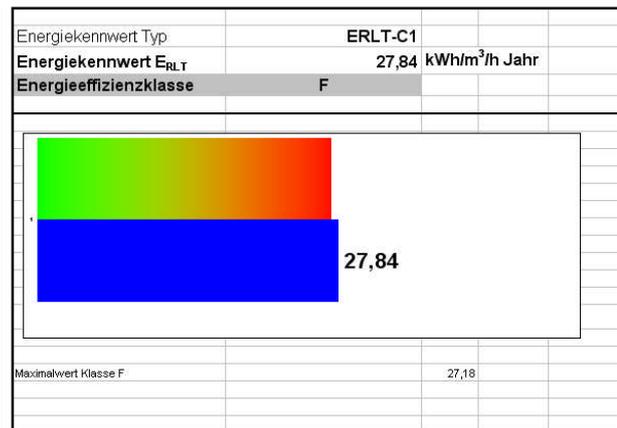


Anlage 1

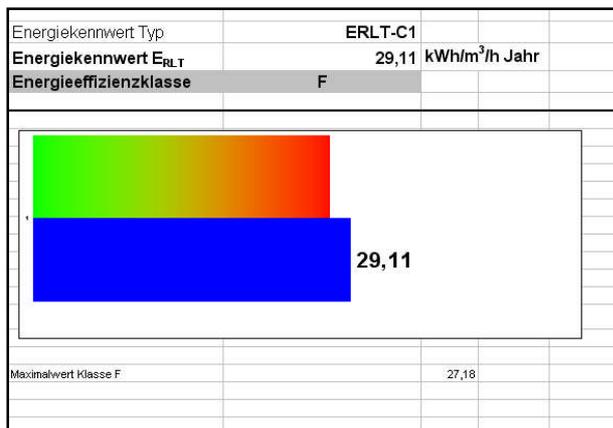
Anlage 2



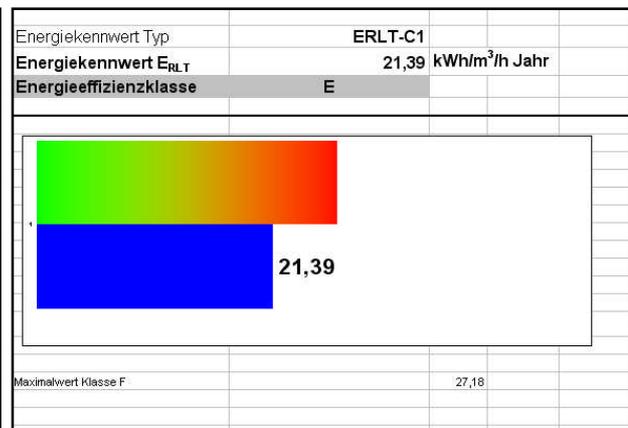
Anlage 3



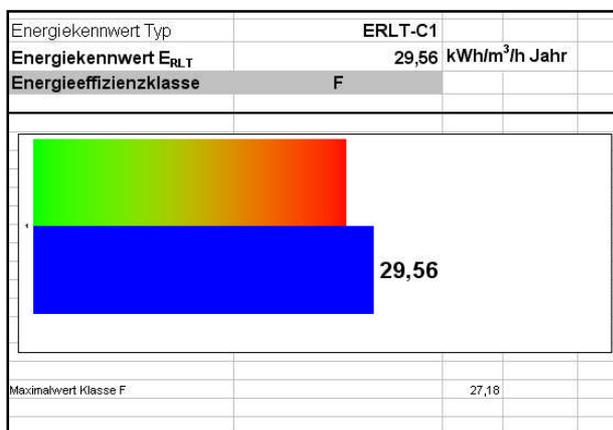
Anlage 4



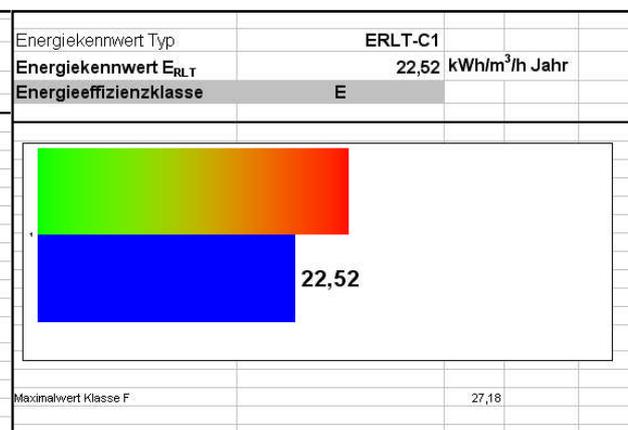
Anlage 5



Anlage 6



Anlage 7



Anlage 8

Aus diesen Berechnungen ist ersichtlich, dass die RLT-Anlagen 1, 2, 4, 5 und 7 über eine schlechte Effizienzklasse (F) verfügen, die anderen Anlagen 3, 6 und 8 besitzen die Energieeffizienzklasse E.

Hier empfehlen wir reale Werte aus der letztgültigen Wartung bzw. einer bevorstehenden Wartung einzusetzen. Grundsätzlich können die Anlagen weiterbetrieben werden. Um erste schnelle Einsparungspotentiale zu generieren, halten wir einen alternierenden Anlagenbetrieb für sinnvoll.

Wir haben eine Betriebskostenberechnung für volle Laufzeit und Teilzeitbetrieb der Anlagen sowie einen alternierenden Betrieb dieser beiden Betriebszustände durchgeführt. Im

Folgenden sind die Ergebnisse für den Vollastbetrieb und dessen alternierenden Betrieb aufgeführt.

1. Allgemeine Angaben			
1.1 Aufstellort	Würzburg / Deutschland	Kunde:	Musterschule Frankfurt
1.2 Luftmenge Zuluft [m³/h]	30.065 m³/h	Projekt:	2008-405
1.3 Zulufttemp. heizen (14-22°C)	22,00 °C	LV-Pos.:	xxx
1.4 Zulufttemp. kühlen (14-22°C)	20,00 °C	Bearbeiter:	xxx
1.5 Feuchteanforderung	keine	Datum:	14.05.2009
1.6 Befeuchter-Typ	Verdunstung nicht regelbar		
1.7 Kühlfunktion	ohne Kühlung		
2. Sonstige Angaben			
2.1 Betriebszeiten (VDI 2067-1)		2.3 Allgemeine Daten (VDI 2067-1)	
2.1.1 Stunden / Tag	11,0 h	2.3.1 Betrachtungszeitraum	20 a
2.1.2 Tage / Woche	5 d	2.3.2 Nutzungsdauer	20 a
2.1.3 Wochen / Jahr	38 w	2.3.3 eff. Jahreszins	5,00%
2.1.4 Gesamtstunden	2.096 h	2.3.4 Warten / Bedienen	3,00%
2.2 Energiekosten (VDI 2067-1)		2.4 Preisänderungsfaktoren (VDI 2067-1)	
2.2.1 Strom	0,150 €/kWh	2.4.1 Kapital/Warten/Bedienen	2,0%
2.2.2 Kälte	0,000 €/kWh	2.4.2 Verbrauch (Energie)	5,0%
2.2.3 Wärme	0,080 €/kWh		
2.2.4 Dampf	0,000 €/kWh		
3. RLT-Anlagen			
		RLT 1	RLT 2
3.1 Kosten Anlagenkonzepte		- €	- €
			RLT 3
			- €
4. Leistungsparameter der Gerätekonzepte (DIN V 18599-3)			
4.1 Wirkungsgrad Wärmerückgewinnung Zuluft thermisch [%]		40,0%	100,0%
4.2 WRG mit Feuchterückgewinnung Zuluft (ja/nein)		nein	nein
4.3 Elektrischer Leistungsbedarf Zuluftventilator PM [kW]		16,80	0,00
4.4 Elektrischer Leistungsbedarf Abluftventilator PM [kW]		12,90	0,00
5. Energiemengen bei jährlich 2096 Betriebsstunden (DIN V 18599)			
5.1 Aufwand Strom pro Jahr [kWh]		62.244	0
5.2 Aufwand Kälte pro Jahr [kWh]		0	0
5.3 Aufwand Wärme (incl. Nacherhitzung) pro Jahr [kWh]		112.586	0
5.4 Aufwand Dampfbefeuchtung pro Jahr [kWh]		0	0
6. Kosten = Aufwand (Energiemenge x Energiekosten)			
6.1 Kosten Strom im ersten Jahr		9.337 €	- €
6.2 Kosten Kälte im ersten Jahr		- €	- €
6.3 Kosten Wärme (incl. Nacherhitzung) im ersten Jahr		9.007 €	- €
6.4 Kosten Dampfbefeuchtung im ersten Jahr		- €	- €
6.5 Kosten Warten, Bedienen, Reinigen, Inspizieren		- €	- €
6.6 Betriebskosten im ersten Jahr		18.343 €	- €
7. Annuitätsberechnung (VDI 2067-1)			
7.1 Energiekosten Strom Zahlungen in € / Jahr		14.270 €	- €
7.2 Energiekosten Kälte Zahlungen in € / Jahr		- €	- €
7.3 Energiekosten Wärme (incl. Nacherhitzung) Zahlungen in € / Jahr		13.766 €	- €
7.4 Energiekosten Dampfbefeuchtung Zahlungen in € / Jahr		- €	- €
7.5 kapitalgebundene Zahlungen in € / Jahr		- €	- €
7.6 Betriebskosten (Warten, Bedienen, Reinigen, Inspizieren) in € / Jahr		- €	- €
7.7 Gesamtannuität in € / Jahr		28.037 €	- €

Kostenberechnung für die Lüftungsanlagen Vollastbetrieb

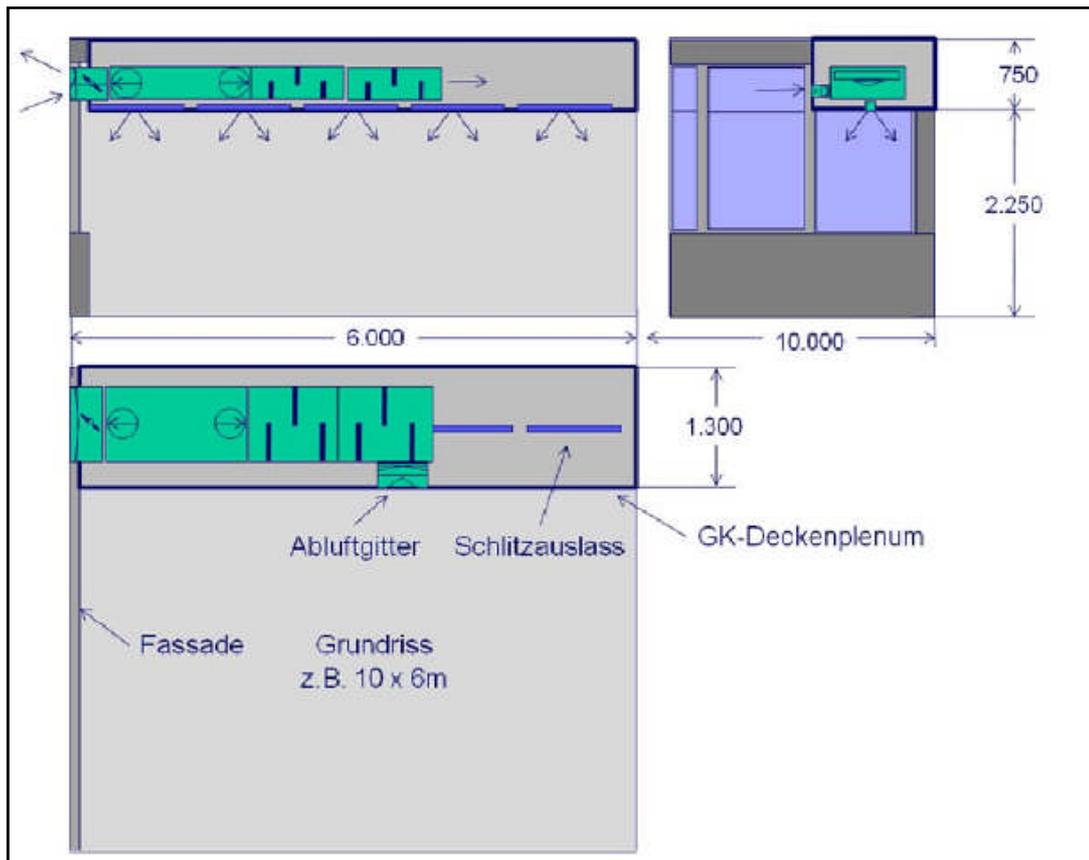
1. Allgemeine Angaben			
1.1 Aufstellort	Würzburg / Deutschland	Kunde:	Musterschule Frankfurt
1.2 Luftmenge Zuluft [m³/h]	30.065 m³/h	Projekt:	2008-405
1.3 Zulufttemp. heizen (14-22°C)	22,00 °C	LV-Pos.:	xxx
1.4 Zulufttemp. kühlen (14-22°C)	20,00 °C	Bearbeiter:	xxx
1.5 Feuchteanforderung	keine	Datum:	14.05.2009
1.6 Befeuchter-Typ	Verdunstung nicht regelbar		
1.7 Kühlfunktion	ohne Kühlung		
2. Sonstige Angaben			
2.1 Betriebszeiten (VDI 2067-1)		2.3 Allgemeine Daten (VDI 2067-1)	
2.1.1 Stunden / Tag	11,0 h	2.3.1 Betrachtungszeitraum	20 a
2.1.2 Tage / Woche	3 d	2.3.2 Nutzungsdauer	20 a
2.1.3 Wochen / Jahr	38 w	2.3.3 eff. Jahreszins	5,00%
2.1.4 Gesamtstunden	1.048 h	2.3.4 Warten / Bedienen	3,00%
2.2 Energiekosten (VDI 2067-1)		2.4 Preisänderungsfaktoren (VDI 2067-1)	
2.2.1 Strom	0,150 €/kWh	2.4.1 Kapital/Warten/Bedienen	2,0%
2.2.2 Kälte	0,000 €/kWh	2.4.2 Verbrauch (Energie)	5,0%
2.2.3 Wärme	0,080 €/kWh		
2.2.4 Dampf	0,000 €/kWh		
3. RLT-Anlagen			
		RLT 1	RLT 2
3.1 Kosten Anlagenkonzepte		- €	- €
			RLT 3
			- €
4. Leistungsparameter der Gerätekonzepte (DIN V 18599-3)			
4.1 Wirkungsgrad Wärmerückgewinnung Zuluft thermisch [%]		40,0%	100,0%
4.2 WRG mit Feuchterückgewinnung Zuluft (ja/nein)		nein	nein
4.3 Elektrischer Leistungsbedarf Zuluftventilator PM [kW]		16,80	0,00
4.4 Elektrischer Leistungsbedarf Abluftventilator PM [kW]		12,90	0,00
5. Energiemengen bei jährlich 1048 Betriebsstunden (DIN V 18599)			
5.1 Aufwand Strom pro Jahr [kWh]		31.122	0
5.2 Aufwand Kälte pro Jahr [kWh]		0	0
5.3 Aufwand Wärme (incl. Nacherhitzung) pro Jahr [kWh]		56.293	0
5.4 Aufwand Dampfbefeuchtung pro Jahr [kWh]		0	0
6. Kosten = Aufwand (Energiemenge x Energiekosten)			
6.1 Kosten Strom im ersten Jahr		4.668 €	- €
6.2 Kosten Kälte im ersten Jahr		- €	- €
6.3 Kosten Wärme (incl. Nacherhitzung) im ersten Jahr		4.503 €	- €
6.4 Kosten Dampfbefeuchtung im ersten Jahr		- €	- €
6.5 Kosten Warten, Bedienen, Reinigen, Inspizieren		- €	- €
6.6 Betriebskosten im ersten Jahr		9.172 €	- €
7. Annuitätsberechnung (VDI 2067-1)			
7.1 Energiekosten Strom Zahlungen in € / Jahr		7.135 €	- €
7.2 Energiekosten Kälte Zahlungen in € / Jahr		- €	- €
7.3 Energiekosten Wärme (incl. Nacherhitzung) Zahlungen in € / Jahr		6.883 €	- €
7.4 Energiekosten Dampfbefeuchtung Zahlungen in € / Jahr		- €	- €
7.5 kapitalgebundene Zahlungen in € / Jahr		- €	- €
7.6 Betriebskosten (Warten, Bedienen, Reinigen, Inspizieren) in € / Jahr		- €	- €
7.7 Gesamtannuität in € / Jahr		14.018 €	- €

Kostenberechnung für die Lüftungsanlagen alternierender Betrieb

Die Kosteneinsparungen liegen zwischen dem Vollastbetrieb und dessen alternierendem Betrieb bei ca. 9.171 €/a netto.

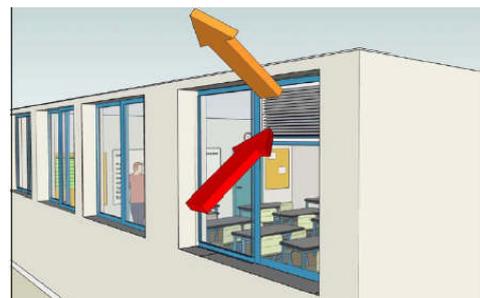
Die Kosteneinsparungen liegen zwischen dem Teillastbetrieb und dessen alternierendem Betrieb bei ca. 3.936 €/a netto (nicht grafisch dargestellt).

In der folgenden Abbildung ist eine solches System abgebildet:



Dezentrales Lüftungsgerät zur Be- und Entlüftung eines Raumes.

Da, wie bereits erwähnt, die nördliche und westliche Fassade des Altbaus als erhaltenswert angesehen werden kann, und starke bauliche Eingriffe in diesem Bereich vermieden werden sollten, ist die Installation dieses Gerätes nur in den Klassenräumen zum Schulhof möglich. Für die Klassenräume der Nordfassade wird vorgeschlagen diese Lüftungsgeräte über den Flur und durch die südlichen Klassenräume zu Be- und Entlüften. Allerdings müssten für die nördlichen Klassenräume die bereits modernisierten Deckenelemente im Flur in Teilbereichen wieder entfernt werden.

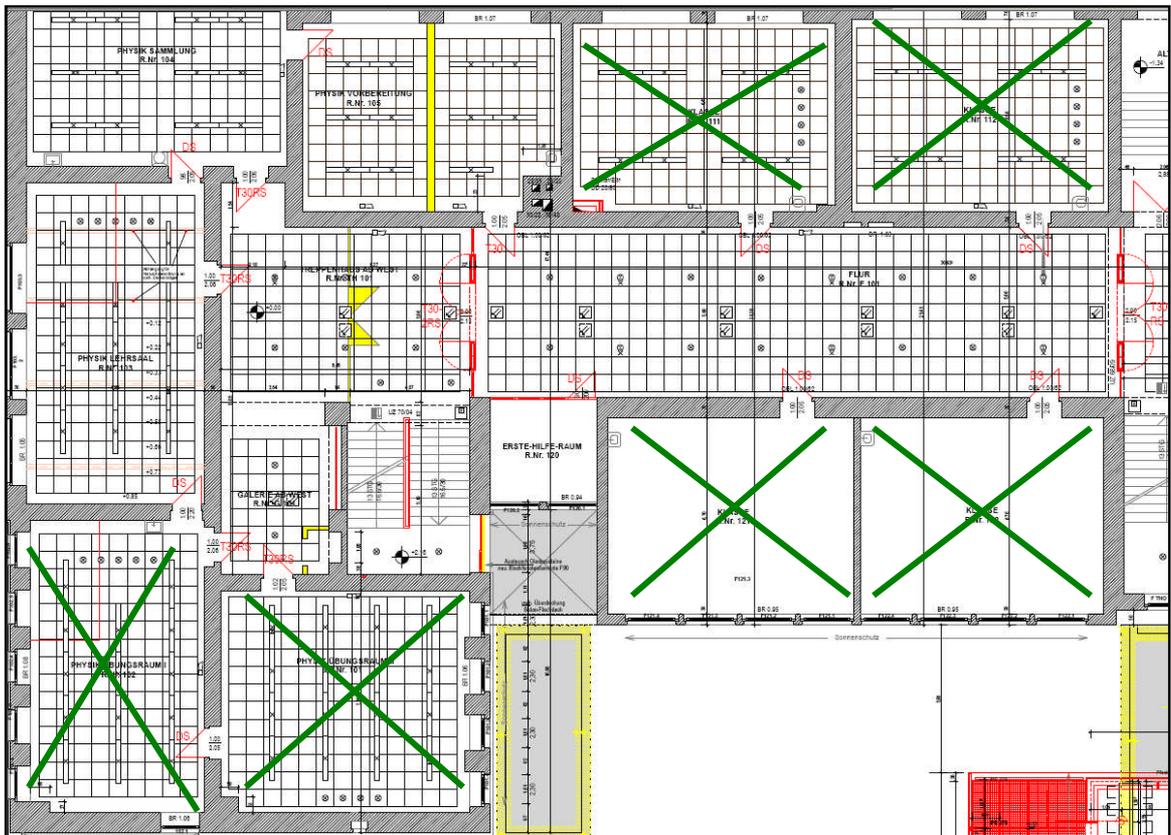


Einbaubeispiel: Zuluftverteilung über Schlitzauslässe, Trennung von Fort- und Außenluft.

Für den Einbau dieser Geräte ist es nötig einen Teil der Klassenzimmerdecke abzukoffern, aber aufgrund der Größe der Anlagen ergeben sich dadurch keine Nachteile für den Schulunterricht. Die Anlagen sind am günstigsten am Anfang oder am Ende des Raumes zu installieren.

Im Erdgeschoss, 1. Obergeschoss, 2. Obergeschoss und 3. Obergeschoss wird vorgeschlagen diese Geräte in die beiden rückwärtigen Klassenräume und dessen

gegenüberliegenden Klassenräume sowie die beiden nach Räume des Westflügels-Hofseite einzubauen.



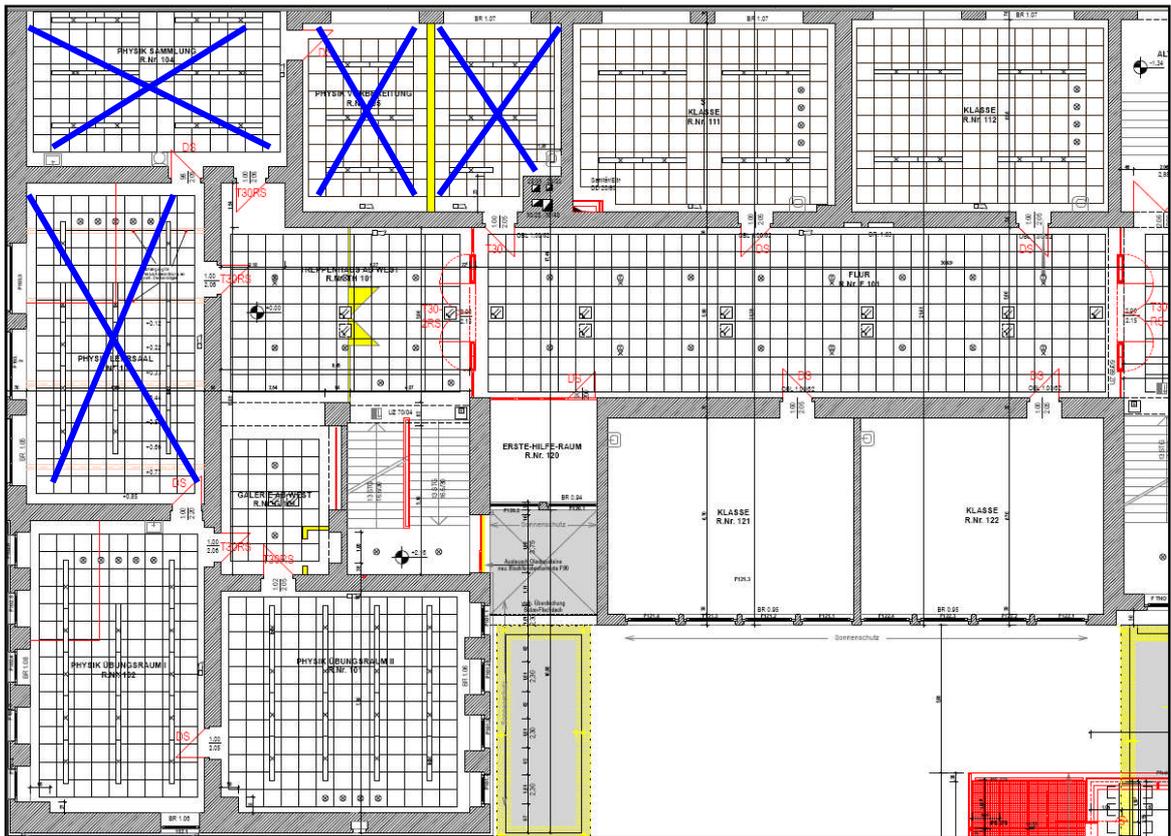
Markierte Klassenräume sollen mit dezentrale Lüftungsgeräte ausgestattet werden

Die Kosten für die Installierung dieser Geräte müssen mit ca. 8.500 € netto zzgl. Planung u. MWSt. inkl. Lieferung und Montage für die beiden Klassenräume zur Hofseite angesetzt werden. Für die vier anderen Geräte je Geschoss müssen ca. 10.000 € netto zzgl. Planung u. MWSt. inkl. Lieferung und Montage veranschlagt werden.

	Einfache Installation	Aufwendigere Installation
EG	2 Räume	4 Räume
1. OG	2 Räume	4 Räume
2. OG	2 Räume	4 Räume
3. OG		3 Räume
Summe	6 Räume	15 Räume

Die Gesamtkosten belaufen sich für alle Lüftungsgeräte in den Geschossen Erdgeschoß bis 3. Obergeschoß auf ca. 200.000 € netto zzgl. Planung u. MWSt. inkl. Lieferung und Montage.

Die restlichen Fenster sollen mit Fensterfalzlüftungen vorgesehen werden. In der folgenden Abbildung sind die Räume bezeichnet, welche mit Fensterfalzlüftungen vorgesehen werden sollten.



Markierte Klassenräume sollen mit Fensterfalzlüfter ausgestattet werden

In den markierten Räumen werden Fensterfalzlüftungen vorgesehen. Pro Raum ist ein Lüftungsriegel pro Fenster vorzusehen. Ein solcher Lüftungsriegel kostet ca. 100 €/Stück netto.

Damit ergeben sich für die Lüftungsvariante ein Investitionskostenaufwand von ca. 4.500 € netto. Dieses System ist von den Investitionskosten wesentlich günstiger als ein dezentrales Lüftungsgerät, allerdings sind die Luftwechselraten geringer und werden nicht ganz die Leistung erbringen können, die für diese Klassenräume gebraucht werden. Allerdings ist mit dieser Art von Belüftung wenigstens ein Teil der benötigten Luftwechsel innerhalb einer Schulstunde möglich, die das Stoßlüften während der Pausen unterstützen.

Alternative Variante Lüftungsanlage für Klassenräume

Als Alternativ zu den dezentralen Lüftungsgeräten könnten eine im Spitzbodenbereich eingebaute Ab- u. Zuluftanlagen mit Wärmerückgewinnung sein. Durch vertikal angebundene separate Lüftungsleitungen könnten die Klassenräume be- und entlüftet werden.

Die Art einer möglichen manuellen Belüftung der Klassenräume des Altbaus kann in diesem Energiekonzept nicht abschließend geklärt werden und bedarf weiterer detaillierte Planungen.

5.6 Zusammenfassung Maßnahmen Haustechnik

Die einzelnen technischen Maßnahmen waren in die Formulare des Gebäudemanagement der Stadt Frankfurt einzutragen. Allerdings sind die verschiedenen Maßnahmen nicht auf die einzelnen Varianten aus dem Gesamtkostenformular eintragbar. Daher wurde sich dazu entschlossen die technischen Änderungen in diesem Schlussbericht aufzuführen. Die einzelnen Kosten sind für die Varianten, die in eine Umsetzung gebracht werden soll, um die Kosten der technischen Geräte zu erweitern. In den Fällen in denen keine Kosten benannt werden konnten sind die einzelnen Vorschläge aus diesem Schlussbericht mit aufzunehmen.

Im Bereich der technischen Anpassung der Schule sollten folgende Maßnahmen umgesetzt werden.

Sollte eine Innenfassadendämmung beschlossen werden, ist die Anpassung der Heizkörper unabdingbar. Auch wenn diese Modernisierung der Heizkörper nötig wird, sollte auf alle Fälle ein hydraulischer Abgleich der gesamten Anlage in der Musterschule vorgesehen werden.

Der Einbau von dezentralen Lüftungsanlagen kann in Betracht gezogen werden, allerdings sind die Investitionskosten entsprechend hoch anzusetzen, da ein Eingriff in die einzelnen Klassenraumbereichen vorzunehmen ist. Der Einbau der Fensterfalzlüfter ist wieder relativ einfach zu realisieren, allerdings kann nur bedingt die Wirkung erreicht werden, die in den Klassenräumen benötigt wird. Es ist allerdings ein Kompromiss dazu einen Klassenraum ganz ohne Be- und Entlüftungsanlage betreiben zu müssen.

	Einzelmaßnahmen	Status / Investitionskostenschätzung	Einsparung
1	Sanierung Heizungszentrale	Bereits in Umsetzung	
2	Erweiterung Heizungszentrale um ein BHKW	Mehrinvestitionen: ca. 90.000 € brutto	ca. 20.000 €/a brutto
3	Einzelraumregelung	Bereits in Umsetzung	
4	Heizkörpererneuerung West- und Nordfassade	ca. 53.500 € brutto	Einsparung durch Innendämmung, siehe Einzelmaßnahme Hüllfläche
5	Best. RLT-Anlagen	Änderung Betrieb: Alternierend, keine Investitionen	Vollastbetrieb: ca. 10.900 €/a brutto Teillastbetrieb: ca. 4.700 €/a brutto
6	Neue RLT-Anlagen - Fensterfalzlüftung - Dezentrale Lüftungsgeräte mit WRG	ca. 5.400 € brutto ca. 238.000 € brutto	ca. 12.000 €/a brutto
			ca. 42.900 €/a brutto

6. Sonstige Maßnahmen

6.1 Nichtinvestive und organisatorische Maßnahmen

- **Treppenhaustüren z. Pausenhof, Bereich Altbau:** Die versenkbare Bodendichtung der neuwertigen Treppenhaustüren zum Pausenhof ist zurzeit defekt. Es findet über die im Bodenbereich einströmende Kaltluft eine Auskühlung der Treppenhäuser und Flurbereiche statt. Es wird die Reparatur der versenkbaren Bodendichtungen empfohlen.
- **Klassenbeauftragter Schüler/in zum Energiesparen:** Die Musterschule nimmt bereits am Energiesparprojekt der Stadt Frankfurt, betreut durch das Stadtschulamt, Verein Umweltlernen (www.umweltlernen-frankfurt.de) und dem Hochbauamt, teil. Wir empfehlen die Intensivierung des Projekts unter Teilnahme jeder Klasse in der Musterschule. Es könnten z. B. 1-2 beauftragte Schüler/in je Klasse (Klassen-Energiebeauftragte) das Nutzerverhalten der Klassen im Bereich Energiesparen (z.B. gekippte Fenster in der Heizperiode, „Licht aus“ bei Klassenwechsel, regelmäßige Stoßlüftung/siehe auch unter „Lüftung Klassenräume Altbau“ etc.) überprüfen und energiesparendes Verhalten einüben. Über die Einführung eines erfolgreichen „Energieteam“ in Schulen können Sie unter www.energieteam-bvsg.de informieren.
- **Windfang alter Haupteingang Altbau/EG:** Während der Vorortbegehung wurde der Windfang des alten Haupteingangs/Altbau durch einen im Windfangbereich montierten Heizkörper beheizt. Es sollte überprüft werden, inwieweit die Beheizung des Windfangs notwendig ist, und der Heizkörper ggf. entfernt werden kann.
- **PV- Bürgersolaranlage:** Bereitstellung der süd-orientierten, 30 Grad geneigten Dachflächen Altbau und Flachdachflächen Anbau-2 für eine PV- Bürgersolaranlage (Kontakt Energieferrat, Stadt Frankfurt). Gründung Schüler AG (evtl. d. Gruppe Energiesparprojekt) zur Betreuung der PV-Anlage.

6.2 Sonnenschutz Süd- u. Westfassade Altbau

Südfassade Altbau

Im Zuge der Dämmmaßnahme Südfassade wird die Erneuerung und Ergänzung des außen liegenden Sonnenschutzes empfohlen. Ein außen liegender Sonnenschutz bietet die effektivste Maßnahme zum Schutz vor Überhitzung der Schulräume in den Sommermonaten. Das Sonnenschutzelement kann flächenbündig in das Wärmedämmverbundsystem eingebaut werden. Dabei entsteht zwischen Sonnenschutz und bestehenden Mauerwerk eine geringere Dämmdicke, die mit einem Dämmstoff mit verbesserter Wärmeleitfähigkeit (z.B. Polyurethan $\lambda = 0,024$ WmK, Vakuumisulationspaneel $\lambda = 0,008$ WmK, Resol-Hartschaum $\lambda = 0,022$ WmK) ausgeführt werden sollte. Es wird der Einbau von Sonnenschutzlamellen/Raffstore empfohlen. Die Raffstore ermöglichen eine Regulierung des Tageslichteinfalls durch die Einstellung der Lamellen. Auch der Einsatz von Sonnenschutzlamellen mit Tageslichtlenkung, bei denen die oberen Lamellen das einfallende Licht an die Zimmerdecke reflektieren, sollte geprüft werden. Der Sonnenschutz sollte mit Sonnen- und Windwächter mit Zeitreglung betrieben werden, jedoch auch individuell manuell bedienbar bleiben. Bei den Rundbogenfenstern ist nur ein innenliegender Sonnenschutz praktikabel.

Westfassade Altbau

Aufgrund der erhaltenswerten äußeren Gestalt der Westfassade wurde im Energiekonzept für diese Fassade keine Wärmedämmverbundsystem vorgeschlagen. Es wird der Einbau einer innen liegenden Lichtlenkjalousie empfohlen. Diese gewährleistet einen Sonnenschutz, sowie die gleichzeitige Nutzung von Tageslicht durch Lichtlenkung in den Innenraum. Der innen liegende Sonnenschutz kann die hohe Schutzfunktion eines außen liegenden

Sonnenschutzes nicht erbringen, ist aufgrund der erhaltenswerten Fassade die einzige praktikable Möglichkeit einen Sonnenschutz herzustellen.

6.3 Sonstige Maßnahmen

- **Treppenhaustüren z. Fluchttreppenhaus, Bereich Anbau-2:** Die Fluchttüren zum unbeheizten Treppenhaus sind alte Stahltüren mit Einfachverglasung und ohne Dichtungen. Die energetische schlechte Ausführung der Fluchttüren führt zur Auskühlung der beheizten Flurbereich über das unbeheizte Treppenhaus

Innerhalb der Maßnahmen zur Brandschutzsanierung sollten die alten Türen durch neue, dichte Türelemente mit Wärmeschutzverglasung ersetzt werden.



Treppenhaustüren, Stahltüren m. Einfachverglasung, z. Fluchttreppenhaus Anbau-2

6.4 Contracting

Contracting ist ein Oberbegriff für verschiedene Arten von **Energiedienstleistungen**, die gerade auf den liberalisierten Energiemärkten in Europa eine immer stärkere Rolle spielen.

Contracting ist insbesondere zur Umsetzung von Effizienzverbesserungen bei Energieumwandlungs- und -verteilungsanlagen in generell allen Verbrauchsbereichen geeignet, da oft die Erschließung wirtschaftlicher Energiesparpotenziale in Gebäuden sowohl in der Privatwirtschaft als auch bei der öffentlichen Hand durch knappe Investitionsmittel verhindert wird. Somit wird ein Teil des technischen Gebäudemanagements Facility Management ausgelagert (Outsourcing).

Formen von Contracting

Weiterhin werden vier verschiedene Contracting-Varianten in ihren reinen Ausprägungen definiert und die Aspekte: - Leistungskomponenten, - Art der Leistungsvergütung, - Anwendungsbereiche und relevante rechtliche Grundlagen erläutert. Bei den vier Contracting-Varianten handelt es sich um:

Das **Energieliefer-Contracting** (auch Anlagen-Contracting oder Nutzenergie-Lieferung genannt) beinhaltet das Betreiben einer Energieerzeugungsanlage auf eigenes Risiko zur Nutzenergielieferung durch einen Contractor auf Basis von Langfristverträgen (übliche Laufzeiten: zehn bis 15 Jahre).

Das **Einspar-Contracting** (auch Performance-Contracting oder Energie-Einspar-Contracting genannt) hat die gewerkeübergreifende Optimierung der Gebäudetechnik und des Gebäudebetriebes durch einen Contractor auf Basis einer partnerschaftlich gestalteten Zusammenarbeit (übliche Laufzeiten: fünf bis zehn Jahre) zur Aufgabe. Im Gegensatz zu den anderen Contracting-Varianten bilden hier die im Vergleich mit dem Zustand vor Umsetzung des Contracting-Modells (der so genannten "Baseline") eingesparten Energiekosten die Grundlage für die Refinanzierung der Investitionen und die Gewinnerwartung des Contractors. Wird die vertraglich vereinbarte Einspargarantie jedoch nicht erreicht, so geht dies ausschließlich zu finanziellen Lasten des Contractors.

Finanzierungs-Contracting (auch Third-Party- Financing oder Anlagenbau-Leasing genannt) wird zur Bereitstellung einer abgegrenzten technischen Einrichtung oder Anlage genutzt, um einen sicheren, wirtschaftlichen und umweltschonenden Betrieb zu ermöglichen.

Das **technische Anlagenmanagement** (auch Betriebsführungs- Contracting oder Technisches Gebäudemanagement genannt) beinhaltet die Umsetzung technischer Dienstleistungen durch einen Contractor, um einen sicheren, wirtschaftlichen und umweltschonenden Betrieb von technischen Anlagen sicherzustellen und zu erhalten.

mehr dazu unter www.forum-contracting.de und www.pecu.de

7. Förderung von Energiesparmaßnahmen

Da es eine Vielzahl von Förderprogrammen gibt, erhebt die nachfolgende Übersicht keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie stellt vielmehr eine Auswahl von Fördermöglichkeiten dar, die für die vorgeschlagenen Sanierungsmöglichkeiten in Frage kommen könnten. Teilweise sind die Programme, je nach den jeweils zur Verfügung stehenden Mitteln, auch nur zeitweise verfügbar.

BAFA

Der Bund fördert im Rahmen des **Marktanreizprogrammes - Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt** - über das **Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)** die drei Bereiche thermische Solar-, Biomasse- und Wärmepumpenanlagen.

Auszüge aus dem Förderprogramm, Förderung im Gebäudebestand
Gefördert werden

1. **Thermische Solaranlagen** bis 40m² Kollektorfläche
zur Warmwasserbereitung - Förderzuschuss 60 € / pr. m² Kollektorfläche
zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung - Förderzuschuss 105 € / pr. m² Kollektorfläche
2. **Pelletkessel** 5 kW bis max. 100 kW, Förderzuschuss 36 € / pr. kW Leistung
3. **Umwälzpumpe Heizungsanlage**: Förderzuschuss 200 € je Heizungsanlage
4. **Solarpumpe**: Förderzuschuss 50 € je Pumpe

ggf. Kesselaustauschbonus, Effizienzbonus, Regenerativer Kombinationsbonus, Innovationsförderung

Weitere Förderungen für

Mini- KWK-Anlagen
Energieeffiziente gewerbliche Kälteanlagen
Stromvergütung KWK-Anlagen
Energiesparberatung Wohngebäude

Weitere Informationen erhalten Sie bei

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)

Frankfurt Straße 29-35

D-65760 Eschborn

Tel. 06196/ 908-625

www.bafa.de

KfW-Förderbank

Kfw - Programm Erneuerbare Energien

Zinsvergünstigter Investitionskredit für Maßnahmen zur Nutzung Erneuerbarer Energien

Auszüge aus dem Förderprogramm

Gefördert werden

1. **Thermische Solaranlagen** mit mehr als 40m² Kollektorfläche zur Warmwasserbereitung, Heizungsunterstützung, Bereitstellung von Prozesswärme oder solaren Kälteerzeugung
2. **Biomasse - Anlagen** zur Verbrennung v. fester Biomasse für die thermische Nutzung
3. **KWK- Biomasseanlage** über 100 kW
4. **Wärmenetze** die aus erneuerbaren Energien gespeist werden
5. **Große Wärmespeicher** mit mehr als 20m³ aus erneuerbaren Energien gespeist
6. **Anlagen zur Aufbereitung von Biogas und Biogasleitungen**
7. **Anlagen zur Erschließung und Nutzung von Tiefengeothermie** (mehr als 400 Meter Bohrtiefe)

ggf. Tilgungszuschüsse, Bonuszahlungen

Kfw – Investitionskredit Kommunen

Finanzierung (Kredite) von Investitionen der Kommunen in die kommunale und soziale Infrastruktur sowie im Bereich der Wohnwirtschaft

Auszüge aus dem Förderprogramm

Gefördert werden

1. Investitionen sowie Investitionsfördermaßnahmen im Rahmen des Vermögenshaushaltes/ Vermögensplanes des aktuellen Haushaltsjahres (inklusive Haushaltsreste des Vorjahres)
2. Investitionen in die kommunale und soziale Infrastruktur
3. Investitionen in wohnwirtschaftliche Projekte
4. Aufwendungen lokaler Mikrofinanzierer, für den Auf- und Ausbau der betrieblichen Infrastruktur in der Kommune

Kfw – Energieeffizient Sanieren Kommunen

Finanzierung (Kredite) der energetischen Sanierung von Schulen, Schulsporthallen, Kindertagesstätten und Gebäuden der Kinder- und Jugendarbeit

Auszüge aus dem Förderprogramm

Gefördert werden

1. Energetische Sanierungen auf Neubau- Niveau
2. Einzelmaßnahmen/ Maßnahmenpakete zur Energieeinsparung

Finanzierungsanteil:

bei GA-Gebieten 100%, sonstige Gebieten 70%

Kreditbetrag:

bei Sanierung auf Neubau Niveau max. 350 €/ pr. m² Nettogrundfläche/ NGF

bei Einzelmaßnahmen/ Maßnahmenpaketen 50- 300 €/ pr. m² Nettogrundfläche/ NGF

Es werden Gebäude gefördert die bis zum 1.01.1990 fertiggestellt wurden.

Weitere Informationen zu den Förderprogrammen der KfW erhalten Sie bei

KfW-Förderbank

Beratungszentrum
Bockenheimer Landstraße 104
60325 Frankfurt am Main
Info-Hotline Förderkredite, Tel. 0180-1335577
www.kfw-foerderbank.de

Land Hessen

Förderung der energetisch optimierten Modernisierung von Wohngebäuden und ausgewählten Nichtwohngebäuden (Verwaltungsgebäude, Schulen, Kindergärten und -tagesstätten, Sporthallen in Verbindung mit Schulen) **mit passivhaustauglichen Komponenten**

Auszüge aus dem Förderprogramm

Gefördert werden

1. Energetische Sanierung mit Passivhauskomponenten, Reduzierung des Jahresheizwärmebedarfs des Gebäudes nach der Sanierung auf max. 25 kWh/m²a Nutzfläche/ Wohnfläche
2. Ausnahmefälle (z.B. denkmalgeschützte Gebäude) können mit bauteilbezogene Investitionskosten gefördert werden. Bauteilanforderung sanierte Außenwand $U_{AW} \leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$, Dach $U_D \leq 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$, Fenster $U_w \leq 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$

Der Jahresheizwärmebedarf ist mit dem Passivhaus- Projektierungspaket/ PHPP (oder vergleichbares Berechnungsprogramms) nachzuweisen.

Förderbetrag/ Zuschuss

Investiver Mehraufwand im Vergleich zur konventioneller Bauausführung

1. Außenwand: Förderzuschuss 50 € / pr. m² Bauteilfläche
2. Dach: Förderzuschuss 40 € / pr. m² Bauteilfläche
3. Oberste Geschoßdecke: Förderzuschuss 15 € / pr. m² Bauteilfläche
4. Grundfläche: 15 € / pr. m² Bauteilfläche
5. Fenster: 100 € / pr. m² Bauteilfläche
6. Investiver Mehraufwand für energieeffiziente Technische Gebäudeausrüstung (z.B. Lüftungsanlagen m. WRG)
7. Planungsmehrkosten
8. Luftdichtheitstest, Messprogramm

Weitere Informationen zum Förderprogramm erhalten Sie bei

Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr u. Landesentwicklung

Kaiser-Friedrich-Ring 75
65185 Wiesbaden
Tel. 0611/ 815- 2604, Fr. Purper
www.wirtschaft.hessen.de

Modellvorhaben

Modellvorhaben - Niedrigenergiehaus im Bestand für Schulen - Dena / Deutsche Energie-Agentur

Auszüge aus dem Förderprogramm
Gefördert werden

1. Sanierung von Schulgebäuden auf EnEV Neubau minus 20%
2. Sanierung von Schulgebäuden auf EnEV Neubau minus 40%

Förderung der Dena

1. Einbindung von Schülern, Lehrern, Eltern in am Sanierungsprozess
2. Fachseminare für die beteiligten Kommunen durch Coaches
3. Regionale Fachveranstaltungen „dena-Dialog kommunal“ zur Sanierung, Energiemanagement, Contracting, Energieausweis
4. Veröffentlichung der Projekte im Internet, ggf. Initiierung v. Artikeln u. Fernsehbeiträgen

Weitere Informationen zu dem **Modellvorhaben** erhalten Sie bei

Deutsche-Energie-Agentur GmbH (dena)

Energieeffizienz im Gebäudebereich
Chausseestraße 128a,
10115 Berlin
Tel. 030/ 726165-669, Fr. Nicole Pillen
www.zukunft-haus.info

Förderung von Klimaschutzprojekten in sozialen, kulturellen, und öffentlichen Einrichtungen - Klimaschutzinitiative des Bundes

Auszüge aus dem Förderprogramm
Gefördert werden

1. Erstellung von Klimaschutzkonzepten und Teilkonzepten sowie die begleitende Beratung bei der Umsetzung („Klimaschutzmanager“)
2. Die Anwendung von Klimaschutztechnologien bei der Stromnutzung mit vergleichsweise geringer Wirtschaftlichkeitsschwelle
3. Modellprojekte mit dem Leitbild der CO₂- Neutralität (Nichtwohngebäude/ Altbauten, Einsparung 70% CO₂ od. 60% im Vergl. z. EnEV-Neubau)

Projektgrößen: ab ca. 10 Gebäuden oder 10.000m²

Weitere Informationen erhalten Sie bei

Projektträger Jülich (PtJ), Geschäftsbereich Erneuerbare Energien (EEN) Klimaschutzinitiative

Forschungszentrum Jülich GmbH
Zimmerstraße 26-27
10969 Berlin
Tel. 030/ 20 199 577
www.fz-juelich.de/ptj/klimaschutzinitiative

8. Anhang

Nachfolgend sind detaillierte Beschreibungen einzelner Förderprogramme, Berechnungsblätter/ U-Wert Berechnung, Gesamtkostenberechnung-Übersicht, Energieausweis/Verbrauchsausweis, Verbrauchswerte EVU, Planunterlagen der Gebäude sowie die bauphysikalische Untersuchung der Innendämmung/ Ingenieurbüro Heinrichs GBR, beigefügt.