

Energieberaterbericht

(auf Grundlage des BAFA-Berichts für Wohngebäude)



Gebäude: IGS – Eschersheim ehem. Peter-Peterson-Schule,
Frankfurt-Eschersheim

Eigentümer: Stadt Frankfurt am Main

Beraterin: Frau Jennifer Hauck, Laura Meyer, Kim Sturm und Stephanie Jones
FH Frankfurt, SoSe 2014, Master Zukunftssicher Bauen,
Pr.1 Ressourcenoptimiertes Bauen, LA Eboke u. LA Bretz

Datum.: 30.06.2014

Hinweise

Dieser Beratungsbericht wurde nach bestem Wissen auf Grundlage der verfügbaren Daten erstellt. Irrtümer sind vorbehalten.

Die Durchführung und der Erfolg einzelner Maßnahmen bleiben in der Verantwortung des Gebäudeeigentümers. Um den Erfolg zu sichern und Bauschäden aufgrund der bauphysikalischen Problematik im Altbau zu vermeiden, sollten eine sorgfältige fachliche Planung vor Durchführung sowie Überwachung während der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen erfolgen.

Dieser Beratungsbericht beinhaltet keinerlei Planungsleistungen insbesondere im Bereich von energetischen Nachweisen oder Fördergeldanträgen, Kostenermittlung, Ausführungsplanung oder Bauphysik. Die Berechnungen des vorliegenden Berichts basieren auf den Geometriedaten des unsanierten Gebäudes. Für sämtliche energetischen Nachweise sind grundsätzlich die Geometriedaten der Sanierungsplanung zugrunde zu legen. Die angegebenen Investitionskosten sind grobe Schätzungen. Die genauen Baukosten sollten durch Vergleichsangebote ermittelt werden. Die Annahmen zu Baukonstruktion und Anlagentechnik sind bei Durchführung der Maßnahmen vor Ort zu prüfen.

INHALTSVERZEICHNIS

1	Zusammenfassung	4
1.1	Empfehlungen für Gesamtsanierung in einem Zug	4
1.2	Empfehlungen bei Gesamtsanierung in Schritten (gebäudeweise)	5
1.3	Übersicht aller Maßnahmen	5
1.4	Berechnungsgrundlagen und Verbrauchsabgleich	6
1.5	Vorteile der energetischen Sanierung	6
1.6	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	7
1.6.1	Kosten- Verhältnis der Maßnahmen	7
1.7	Energie- und Schadstoffeinsparungen	8
1.7.1	Reduktion der Transmissionswärmeverluste in kWh	8
1.7.2	Reduktion des Endenergiebedarfs (Brennstoffbedarf) in kWh	8
1.7.3	Reduktion des Primärenergiebedarfs (ökologische Bewertung) in kWh/a	9
1.7.4	Reduktion der Schadstoffemissionen	10
1.8	Gesetze und Normen	10
1.8.1	Nachrüstverpflichtungen nach § 10 EnEV	10
2	BESTANDSAUFNAHME	11
2.1	Gebäudedaten allgemein	11
2.2	Gebäude A	12
2.2.1	Gebäudedaten	12
2.2.2	Ansichten	12
2.2.3	Zonierung nach DIN 18599	13
2.2.4	Darstellung der Zonierung	13
2.3	Gebäude B	15
2.3.1	Gebäudedaten	15
2.3.2	Ansichten	15
2.3.3	Zonierung nach DIN 18599	15
2.3.4	Darstellung der Zonierung	16
2.4	Gebäude D	17
2.4.1	Gebäudedaten	17
2.4.2	Ansichten	17
2.4.3	Zonierung nach DIN 18599	18
2.4.4	Darstellung der Zonierung	18
2.5	Gebäude F	19
2.5.1	Gebäudedaten	19
2.5.2	Ansichten	20

2.5.3	Zonierung nach DIN 18599	20
2.5.4	Darstellung der Zonierung.....	21
2.6	Baulicher Zustand und Wärmedämmung der Gebäudehülle	22
2.7	Wärmetechnische Einstufung der Gebäudehülle.....	23
2.8	Heizungsanlage.....	23
2.9	Trinkwarmwasseranlage	23
3	GEBÄUDEANALYSE.....	24
3.1	Energiebilanz der Gebäude.....	24
3.1.1	Gebäude A..... Fehler! Textmarke nicht definiert.	
3.1.2	Gebäude B	25
3.1.3	Gebäude D	26
3.1.4	Gebäude F.....	27
3.3	Energetische Einstufung der Gebäude	29
3.3.1	Gebäude A	29
3.3.2	Gebäude B	30
3.3.3	Gebäude D	31
3.3.4	Gebäude F.....	32
4	ENERGETISCHES SANIERUNGSKONZEPT	33
4.1	Gesamtsanierung in einem Zug	34
4.1.1	Wärmedämmung der Außenwände.....	34
4.1.2	Austausch der Fenster, der Eingangstüren und des Rolltors.....	36
4.1.3	Wärmedämmung des Flachdachs	38
4.1.4	Wärmedämmung der Bodenplatte.....	39
4.1.5	Wärmedämmung der Deckenplatte an Außenluft.....	40
4.1.6	Einbau von dezentralen Lüftungsgeräten	41
4.1.7	Einbau von einer solarthermischen Anlage.....	41
4.2	Gesamtsanierung in Schritten	42
4.2.1	Auflistung der zu sanierenden Gebäude	42
5	FÖRDERUNG	43
6	ANHANG.....	45

1 ZUSAMMENFASSUNG

1.1 Empfehlungen für Gesamtsanierung in einem Zug

Um die Sanierungsmaßnahmen

- baulich optimal aufeinander abstimmen zu können und
- die Investitionskosten für die empfohlenen Maßnahmenkombinationen so gering wie möglich zu halten

wird grundsätzlich die Durchführung aller Maßnahmen in einem Zug empfohlen.

Folgende Maßnahmen sollten gemäß Kap. 1.3 auf Seite 5 ausgeführt werden:

- **Modernisierung der Gebäudehülle**
 - Wärmedämmung der Außenwände, des Flachdaches und der Bodenplatte bzw. Deckenplatte
 - Austausch der Fenster, der Eingangstür und des Rollltors
- **Modernisierung der Anlagentechnik**
 - Einbau einer dezentralen Lüftungsanlage in jedem Klassen- und Aufenthaltsraum
 - Einbau einer Solarthermie Anlage auf dem Flachdach der Turnhalle zur Warmwasserbereitung

Die Gesamtsanierung in einem Zug beinhaltet die Gesamtsanierung aller Gebäude zum gleichen Zeitpunkt. Der einzige Vorteil der sich daraus ergibt ist eine enorme Kosteneinsparung

Zur optimalen Umsetzung der Maßnahmen empfehlen wir Ihnen eine unabhängige Planung und Bauleitung durch einen in der energetischen Sanierung erfahrenen Architekten oder Ingenieur.

Die im Rahmen der Energieberatung untersuchten Maßnahmen sind grundsätzlich auf die aktuellen Landesförderprogramme der WI-Bank (Wirtschafts- und Infrastrukturbank Hessen) abgestimmt und förderfähig.

1.2 Empfehlungen bei Gesamtanierung in Schritten (gebäudeweise)

Die Sanierung in Schritten wird üblicherweise in Maßnahmenpaketen in Abhängigkeit des energetischen Nutzens empfohlen. Da es sich aber um ein Objekt handelt, welches in einzelne Gebäude aufgegliedert ist, empfehlen wir eine Sanierung gebäudeweise.

Am sinnvollsten und effektivsten wäre es mit dem Gebäude anzufangen, welches nach der Sanierung die höchste Energie- und Energiekosteneinsparung aufzeigt. Bei den vier von uns untersuchten Gebäuden, wäre dies Gebäude A. Folgend von Gebäude F, D und B (siehe Kap. 4.2.1 S.42)

1.3 Übersicht aller Maßnahmen

In der Vor-Ort-Beratung wurden unter anderem die folgenden Maßnahmen untersucht und zu empfehlenswerten Maßnahmenkombinationen zusammengestellt:

Maßnahme	Ausführungsempfehlung	Fassade	Dach	Bodenplatte	Lüftung	Solarthermie
Außenwände	Ausfüllen der bestehenden Luftschicht (4cm) mit Zellulosefaserdämmstoff WLG 040, Anbringen einer Mineralfaser Dämmstoffplatte WLG 035 (5cm) und einer Rockpaneel Fassadenplatte entsprechend Kap. 4.1.1, Seite 34	X				
Fenster + Türen + Rolltor	3-Scheiben-Verglasung mit $U_w = 1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, Eingangstüren mit $U = 1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ und Rolltor mit $U = 2,90 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ entsprechend Kap. 4.1.2, Seite 36	X				
Flachdach	Dachaufbau von außen, durch eine Dämmung WLG 035 (12cm) z.B. Holzfaserdämmplatte ergänzen, entsprechend Kap. 4.1.3, Seite 38		X			
Bodenplatte	Bodenplatte gegen Erdreich durch eine Dämmung WLG 035 (12cm) z.B. Holzfaserdämmplatte von innen auf den Rohaufbau der Bodenplatte ergänzen, entsprechend Kap. 4.1.4, Seite 39			X		
Deckenplatte an Außenluft	Deckenplatte unterseits mit Zellulosefaserdämmstoff WLG 039 (14cm) aufdämmen und mit Wärmedämmputz WLG 060 verputzen, entsprechend Kap. 4.1.5, Seite 40	X				
Lüftung	Einbau dezentraler Lüftungsgeräte entsprechend Kap. 4.1.6, Seite 41				X	
Solarthermie	Einbau solarthermischen Anlage entsprechend Kap. 4.1.7, Seite 41					X

1.4 Berechnungsgrundlagen und Verbrauchsabgleich

Diese Energieberatung basiert auf dem Energiebedarf des Gebäudes. Dazu wurden Wärme- und Energiemengen rechnerisch nach den Vorgaben der **EnergieEinsparVerordnung EnEV** ermittelt. Diese beinhalten ein für ganz Deutschland einheitliches Klima und Nutzerverhalten im Gebäude. Dadurch werden alle äußeren Einflüsse auf das Gebäude ausgeblendet und so die Vergleichbarkeit mit anderen Gebäuden und mit Förderprogrammen gewährleistet.

Der gemessene Energieverbrauch weicht in der Regel – so auch bei Ihnen – von diesen Berechnungsergebnissen ab. Ihr gemessener durchschnittlicher Energieverbrauch der letzten drei Heizperioden liegt bei

- **94 % des berechneten Energiebedarfs für Gebäude A**
(berechneter Energiebedarf von 129.333,00 kWh/a gegen einen tatsächlichen Verbrauch von 122.835,00 kWh/a)
- **119 % des berechneten Energiebedarfs für Gebäude B**
(berechneter Energiebedarf von 279.443,56 kWh/a gegen einen tatsächlichen Verbrauch von 332.882,85 kWh/a)
- **71 % des berechneten Energiebedarfs für Gebäude D**
(berechneter Energiebedarf von 168.210,06 kWh/a gegen einen tatsächlichen Verbrauch von 118.904,28 kWh/a).
- **83 % des berechneten Energiebedarfs für Gebäude F**
(berechneter Energiebedarf von 229.646 kWh/a gegen einen tatsächlichen Verbrauch von 190.639,92 kWh/a).

Dies hat insbesondere Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen. Bei geringerem Energieverbrauch werden in der Regel auch geringere Energieeinsparungen erzielt. Bei gleich bleibenden Investitionskosten bedeutet dies längere Amortisationszeiten. Die Reihenfolge der Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen untereinander ändert sich dabei jedoch nicht.

Da sich die Nutzer und damit der Energieverbrauch jedoch während der Lebensdauer der Maßnahmen verändern können, sollten Investitionsentscheidungen nicht allein auf Grundlage des derzeitigen Energieverbrauchs getroffen werden. In der Praxis zeigt sich zudem häufig, dass nach einer Sanierung die Komfortanforderungen der Nutzer steigen, z. B. durch höhere Raumtemperaturen oder Beheizung zuvor gering beheizter Räume. Auch aus diesen Gründen werden prognostizierte Energieeinsparungen in der Praxis häufig nicht erreicht. Bei geringen Energiekosten leisten sich viele Nutzer gerne einen höheren Komfort.

1.5 Vorteile der energetischen Sanierung

- Energiekosteneinsparungen um bis zu 49% Kostensicherheit durch geringere Abhängigkeit von Energiepreisschwankungen
- Verbesserter Schallschutz durch neue Fenster und Wärmedämmung
- Steigerung des Komforts und höhere Behaglichkeit durch Vermeidung von Zugerscheinungen, höhere Oberflächentemperaturen, bessere Temperaturverteilung im Raum, Vermeidung von Fußkälte und verbesserten sommerlichen Wärmeschutz
- Geringere Gefahr von Schimmelpilzbildung durch höhere Oberflächentemperaturen
- Wertsicherung des Gebäudes durch Umwandlung von Energiekosten in Investitionen
- Ästhetische Aufwertung des Gebäudes
- Imageaufwertung und Beitrag zur Verbesserung des sozialen Umfeldes
- Gutes ökologisches Gewissen durch umweltfreundliches Gebäude

1.6 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

1.6.1 Kosten- Verhältnis der Maßnahmen

In der folgenden Tabelle sind die Prognosen der energetisch bedingten Investitionskosten, den öffentlichen Fördermitteln gegenübergestellt, für die einzelnen Sanierungsschritte. Aus dieser Tabelle wird ersichtlich welche Maßnahme auf alle vier Gebäude betrachtet am kostengünstigsten ist. Da wir in unserer nachfolgenden Betrachtung die Sanierung in Schritten Gebäudeweise vorgenommen haben, werden im nachfolgenden die einzelnen Bauteile nicht mehr aufgezeigt.

Istzustand vor Sanierung	67.342,00 €/a Energiekosten Gesamt 979.082,40 kWh/a Endenergiebedarf Gesamt	
Sanierungsschritte Beschreibung siehe Kap. 4.1, Seite 34	energetisch bedingte Investitions-kosten	öffentliche Fördermittel (siehe Kap. 5 S. 43)
	[€]	[€]
Außenwand Typ 1 normal beheizt	296.652, 70	148.326,35
Außenwand Typ 2 normal beheizt	139.042,50	69.521,25
Außenwand Typ 1 niedrig beheizt	39.636,00	19.818,00
Außenwand Typ 2 niedrig beheizt	20.150,40	10.075,20
Fenster	543.982,50	271.991,25
Türen	15.600,00	7.800,00
Rolltor	1.000,00	500,00
Flachdach normal beheizt	51.093,00	25.546,50
Flachdach niedrig beheizt	34.069,00	12.167,50
Bodenplatte gegen Erdreich normal beheizt	42.896,80	21.448,40
Bodenplatte gegen Erdreich niedrig beheizt	24.335,00	12.167,50
Deckenplatte an Außenluft	32.684,80	16.342,40
Lüftung	149.824,00	74.912,00
Solarthermie	69.375,00	34.687,50

Alle Kosten verstehen sich brutto.

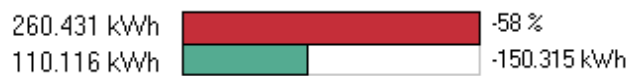
1.7 Energie- und Schadstoffeinsparungen

1.7.1 Reduktion der Transmissionswärmeverluste in kWh

- **Gebäude A:**



- **Gebäude B:**



- **Gebäude D:**



- **Gebäude F:**



1.7.2 Reduktion des Endenergiebedarfs (Brennstoffbedarf) in kWh

- **Gebäude A:**



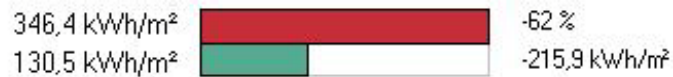
- **Gebäude B:**



- **Gebäude D:**

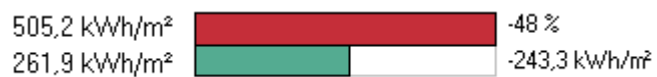


- **Gebäude F:**



1.7.3 Reduktion des Primärenergiebedarfs (ökologische Bewertung) in kWh/a

- **Gebäude A:**



- **Gebäude B:**



- **Gebäude D:**



- **Gebäude F:**



1.7.4 Reduktion der Schadstoffemissionen

- **Gebäude A:**



- **Gebäude B:**



- **Gebäude D:**



- **Gebäude F:**



1.8 Gesetze und Normen

Für Ihr Gebäude sind die folgenden gesetzlichen Anforderungen und Normen zu beachten:

1.8.1 Nachrüstverpflichtungen nach § 10 EnEV

Bei geänderten Nichtwohngebäuden besteht die Verpflichtung den Jahres-Primärenergiebedarf Q_p des Referenzgebäudes und die Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) um nicht mehr als 40% zu überschreiten. Bei unwesentlichen Änderungen (das heißt wenn die Fläche der geänderten Bauteile nicht mehr als 10% der gesamten jeweiligen Bauteilfläche des Gebäudes betrifft, besteht keine Nachweisverpflichtung.

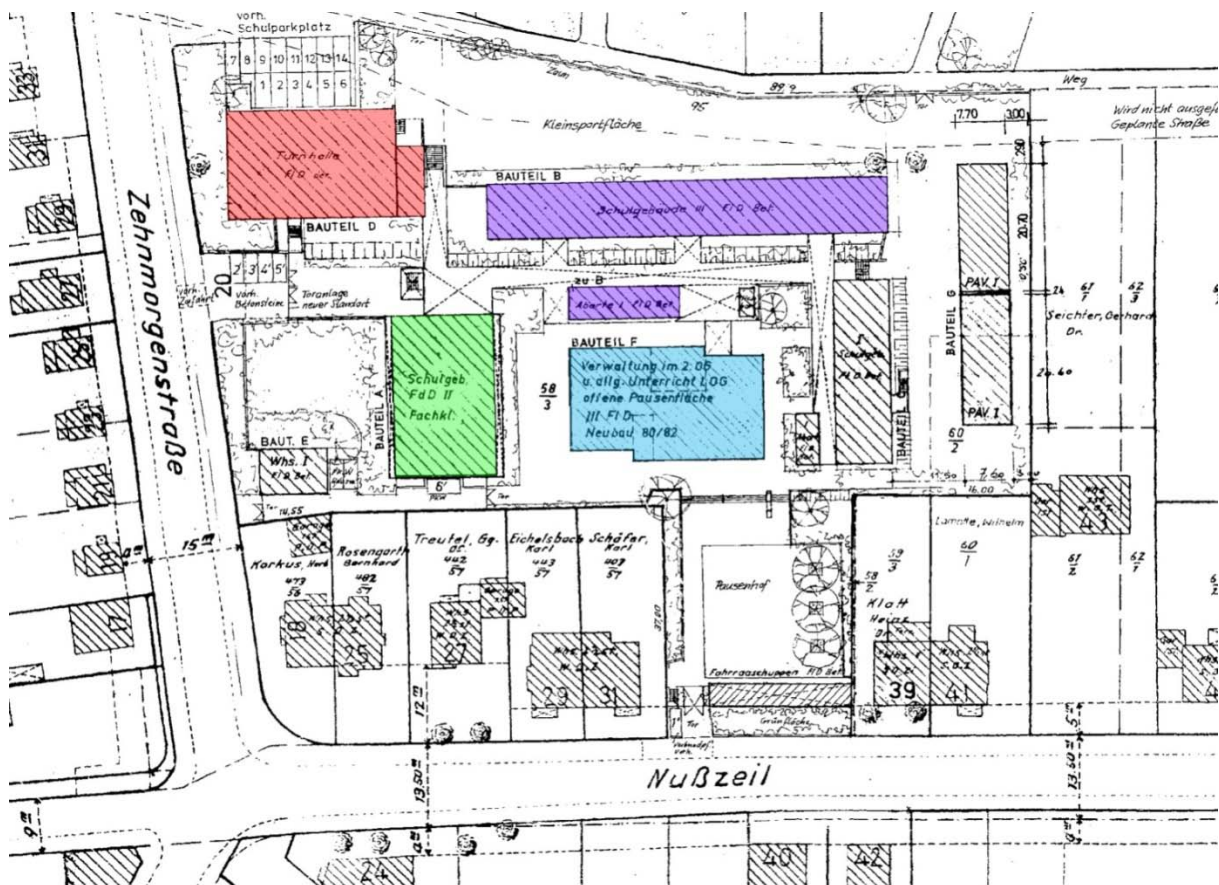
Die Nachrüstverpflichtungen wurden bei den untersuchten Maßnahmen berücksichtigt.

2 BESTANDSAUFNAHME

2.1 Gebäudedaten allgemein

Die IGS-Eschersheim ist eine Gesamtschule in Frankfurt am Main mit 871 Schülern, bestehend aus sieben Gebäudekomplexen. Der größte Teil der Schule wurde 1963 erbaut, erste Umbauten geschahen 1983 und ca. 2004 wurde das Bauteil G (Pavillon) errichtet. Somit sind so gut wie alle Bauteile - ausgenommen der zuletzt erstellte Pavillon - veraltet bzw. nicht mehr dem heutigen Standard entsprechend und sollten aus energetischen Gründen saniert werden.

Für die hier beschriebene Sanierung werden jedoch nur die vier größten Gebäude in Betracht gezogen. Die zu sanierenden Gebäude sind die Bauteile A, B, D und F.



Gebäudeart	Nicht-Wohngebäude
Gebäudetyp	Bestandsgebäude: 7 einzelne Gebäude (4 werden bewertet/saniert)
Baujahr	1962
Lage	geschützte Lage innerhalb einer Wohnsiedlung
Nutzung	Schule

2.2 Gebäude A

2.2.1 Gebäudedaten

Gebäudetyp speziell	Gebäude A
Nutzung	Übungsräume, Physik, Chemie, Biologie, Lager, Küche
Bauweise	Massivbauweise, Flachdach
Geschosse	3
Energiebezugsfläche	500 m ²
Hüllfläche	1.079 m ²
Volumen	1.750 m ³
bauliche Besonderheiten	-

2.2.2 Ansichten



Südost

Eingang
Nordost

Treppenhaus



Flur EG

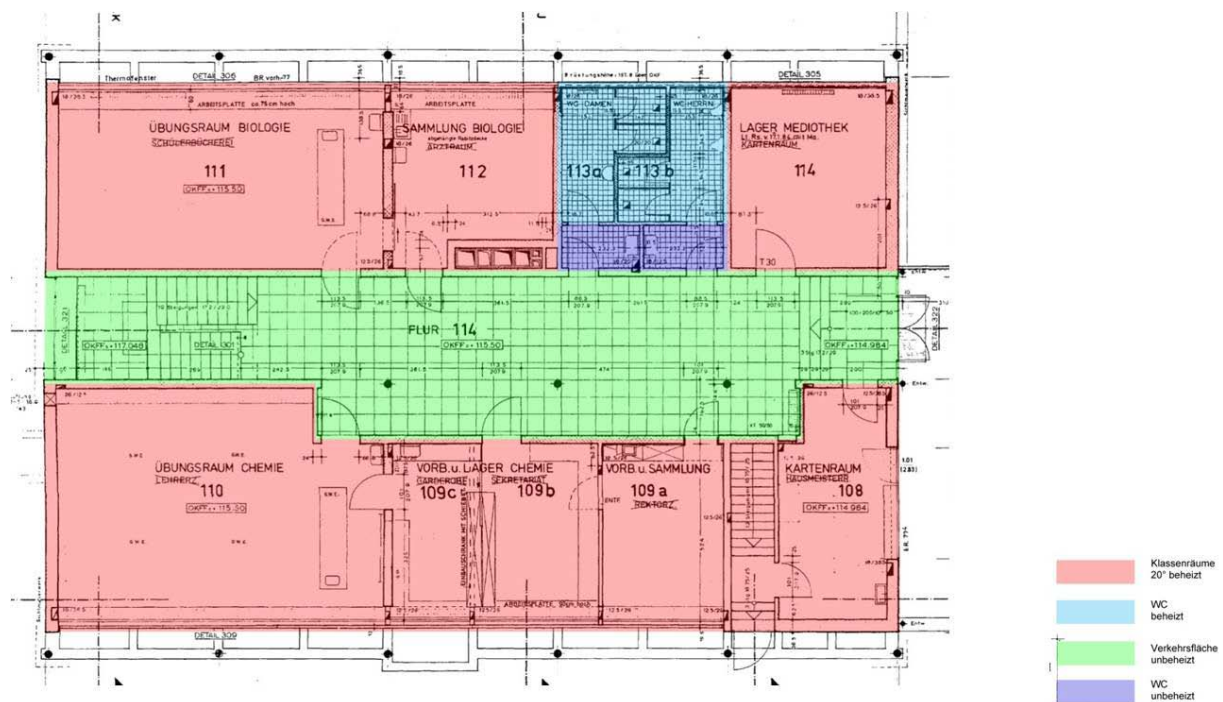
2.2.3 Zonierung nach DIN 18599

Nach DIN 18599 werden Nichtwohngebäude in Zonen nach Nutzung und Anlagentechnik untergliedert. Im Folgenden ist die Zonierung der einzelnen Gebäude aufgezeigt.

Nr.	Zone	Fläche [m²]	Anteil [%]	Hüllfläche [m²]	Konditionierung
1	Verkehrsfläche / unbeheizte Zone	(100,00)	-	-	Beleuchtung, keine Heizung und Kühlung
2	Klassenzimmer, Gruppenraum	100,00	20,00	749,04	Heizung und Beleuchtung
3	WC, Sanitärraum beheizt	100,00	20,00	15,51	Heizung und Beleuchtung
4	WC, Sanitärraum unbeheizt	(100,00)	-	-	Beleuchtung, keine Heizung und Kühlung
5	Lager	(100,00)	-	-	keine Heizung und Kühlung
6	Fotolabor	100,00	20,00	109,22	Heizung und Beleuchtung
7	Sonstige Aufenthaltsräume	100,00	20,00	69,88	Heizung und Beleuchtung
8	Werkstatt	(100,00)	-	-	Beleuchtung, keine Heizung und Kühlung
9	Küche	100,00	20,00	135,01	Heizung, Beleuchtung und TWW
		500,00		1078,66	

2.2.4 Darstellung der Zonierung

Erdgeschoss



Architectural floor plan of the 1st floor, showing various rooms and their functions. The plan is color-coded: red for rooms 204, 205a, 205b, 201, 203, and 202a; blue for room 205c; green for room 206; and yellow for room 202b. The plan includes detailed dimensions, door swings, and furniture layouts. Key rooms include:

- 204 Sprachlabor** (Language Lab)
- 205c Küche** (Kitchen)
- 205b Vorratsraum** (Storage Room)
- 205a Garderobe** (Closet)
- 206 Flur** (Corridor)
- 203 Übungsraum Physik** (Physics Practice Room)
- 202b Lager-u. Vorb. Naturkundlicher Unterricht** (Storage and Preparation for Natural Science Teaching)
- 201 Hörsaal (Phys., Ch., Bio., Video)** (Hearing Room)
- 202a Lager-u. Vorb. Naturkundlicher Unterricht** (Storage and Preparation for Natural Science Teaching)

The plan also shows a central corridor (Flur) and a staircase (Treppenhaus). Dimensions and door swings are indicated throughout the drawing.

Architectural floor plan of a building with color-coded rooms. The plan shows various rooms including a Keller (basement), Werkstatt (workshop), Lager (warehouse), Fotolabor (photo lab), Flur (corridor), and Aufenthaltsräume (living areas). Rooms are numbered 22 through 33. A legend on the right indicates heating status:

- Lager unbeheizt (Orange)
- Fotolabor 19° beheizt, besondere Lichtverhältnisse (Green)
- Verkehrsfläche unbeheizt (Light Green)
- Aufenthaltsräume 19° beheizt (Pink)
- Werkstatt unbeheizt (Blue)

2.3 Gebäude B

2.3.1 Gebäudedaten

Gebäudetyp speziell	Gebäude B
Nutzung	Klassenräume allgemein
Bauweise	Massivbauweise, Flachdach
Geschosse	3
Energiebezugsfläche	1.335 m ²
Hüllfläche	2.407 m ²
Volumen	4.235 m ³
bauliche Besonderheiten	Bodenplatte der beheizten Klassenräume grenzt direkt an das Erdreich

2.3.2 Ansichten



Nordost

Treppenhaus
Glasbausteine

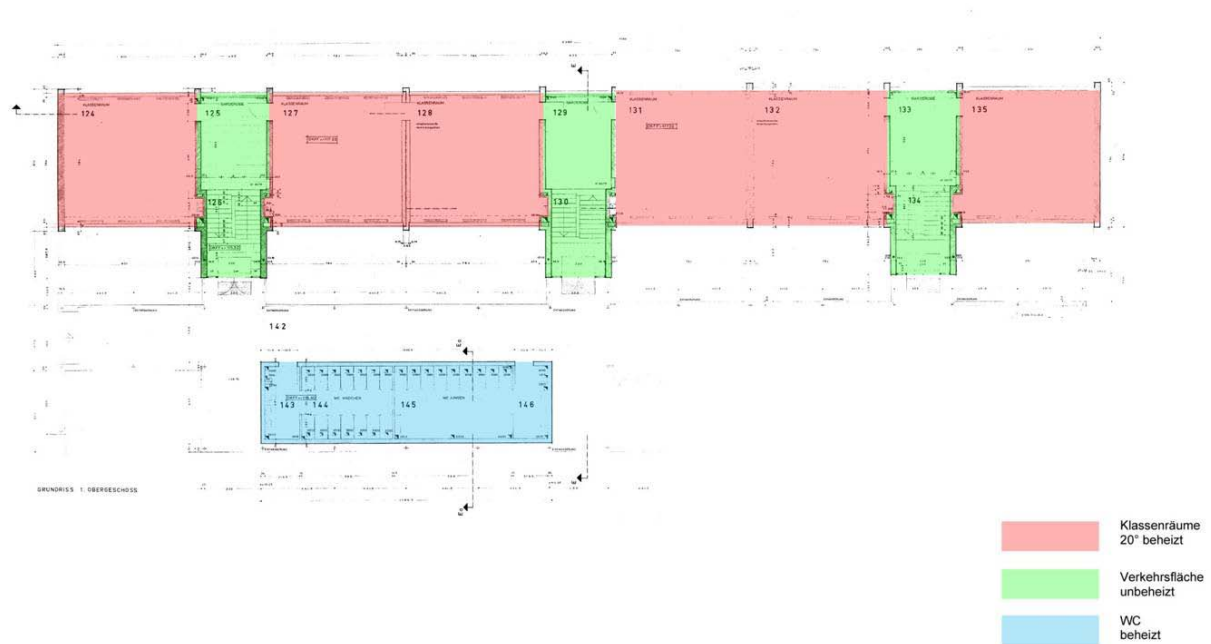
2.3.3 Zonierung nach DIN 18599

Nach DIN 18599 werden Nichtwohngebäude in Zonen nach Nutzung und Anlagentechnik untergliedert. Im Folgenden ist die Zonierung der einzelnen Gebäude aufgezeigt.

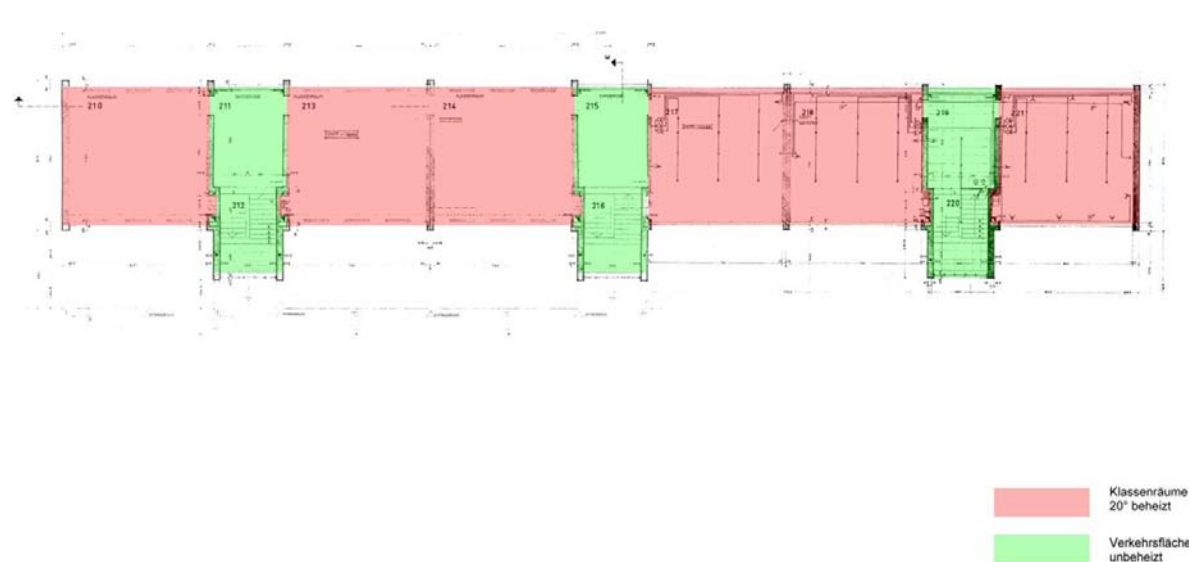
Nr.	Zone	Fläche [m ²]	Anteil [%]	Hüllfläche [m ²]	Konditionierung
1	Verkehrsfläche / unbeheizte Zone	(414,86)	-	-	Beleuchtung, keine Heizung und Kühlung
2	Klassenzimmer, Gruppenraum	1264,73	93,31	2066,39	Heizung und Beleuchtung
3	WC, Sanitärraum	90,62	6,69	341,00	Beleuchtung, Heizung
4	Lager, Technik, Archiv	(23,63)	-	-	Beleuchtung, keine Heizung und Kühlung
		1355,35		2407,36	

2.3.4 Darstellung der Zonierung

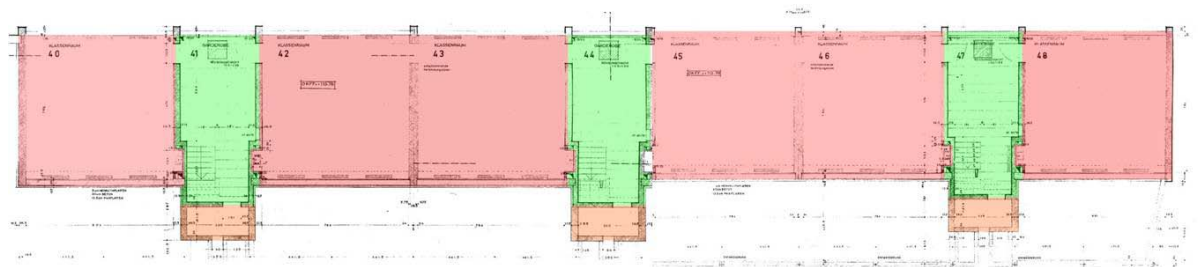
Erdgeschoss



1. Obergeschoss



Untergeschoss



2.4 Gebäude D

2.4.1 Gebäudedaten

Gebäudetyp speziell	Gebäude D
Nutzung	Turnhalle
Bauweise	Massivbauweise, Flachdach
Geschosse	2
Energiebezugsfläche	484 qm
Hüllfläche	1794 qm
Volumen	3094 cbm
bauliche Besonderheiten	-

2.4.2 Ansichten



Südwest



Nordost



Nordost



Eingang Südost

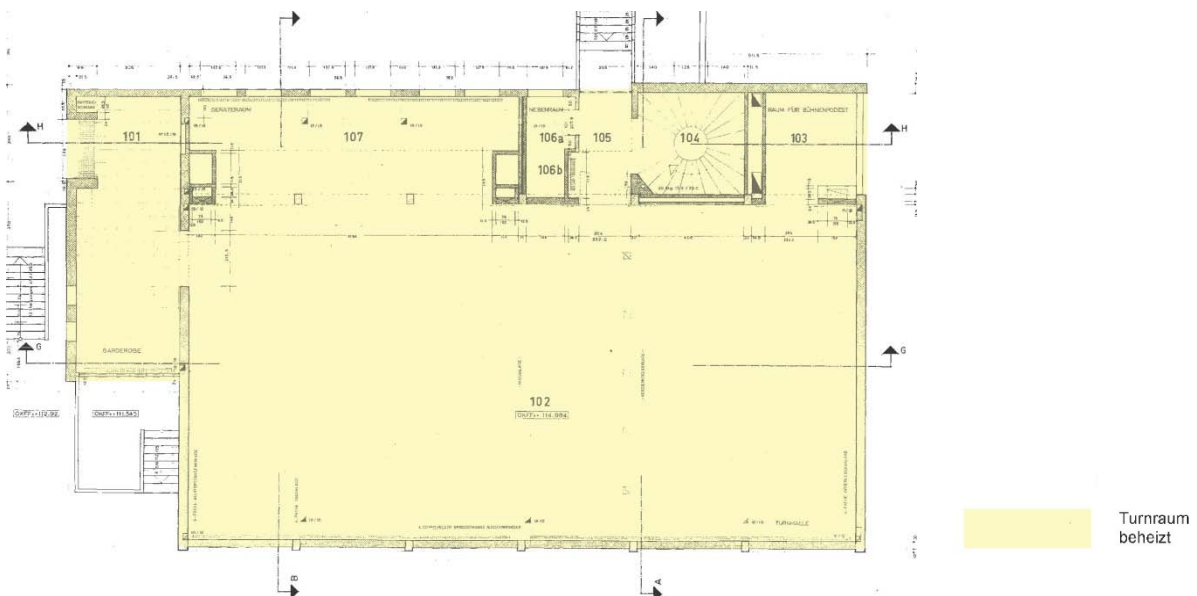
2.4.3 Zonierung nach DIN 18599

Nach DIN 18599 werden Nichtwohngebäude in Zonen nach Nutzung und Anlagentechnik untergliedert. Im Folgenden ist die Zonierung der einzelnen Gebäude aufgezeigt.

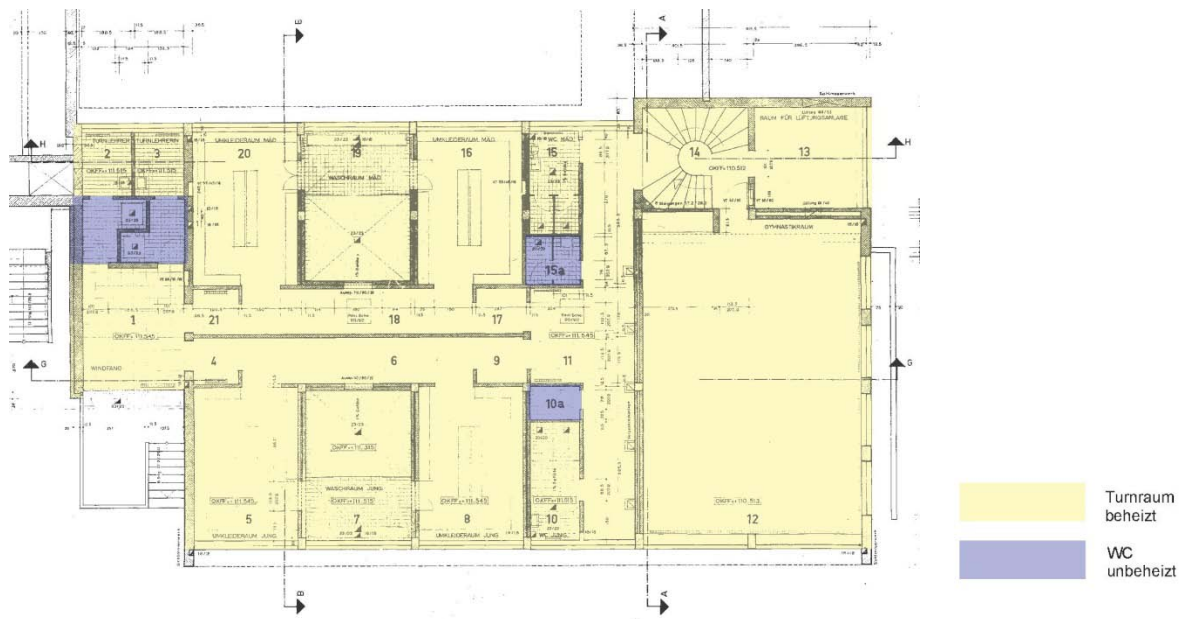
Nr.	Zone	Fläche [m²]	Anteil [%]	Hüllfläche [m²]	Konditionierung
1	Turnhalle beheizt	994,4	98,1	1577,9	Beleuchtung, Heizung, Warmwasser

2.4.4 Darstellung der Zonierung

Erdgeschoss



Untergeschoss



In Gebäude D wurde ein „Ein-Zonen-Modell“ hergestellt. Da die einzigen Räume, die von der Konditionierung der großen Mehrheit abweichen und weniger als 3% (1,9%) der Fläche repräsentieren kann diese Zone „WC unbeheizt“ der Zone „Turnraum beheizt“ zugelegt werden.

Fläche „Turnraum beheizt“ = $342,8 + 488,2 + 164,7 = 975,7 \text{ qm}$

Fläche „WC beheizt“ = $11,6 + 4,2 + 2,9 = 18,7 \text{ qm}$

2.5 Gebäude F

2.5.1 Gebäudedaten

Gebäudetyp speziell	Gebäude F
Nutzung	Verwaltung..
Bauweise	Massivbauweise, Flachdach
Geschosse	2
Energiebezugsfläche	484 qm
Hüllfläche	1794 qm
Volumen	3094 cbm
bauliche Besonderheiten	-

2.5.2 Ansichten



Südwest



Treppenhaus

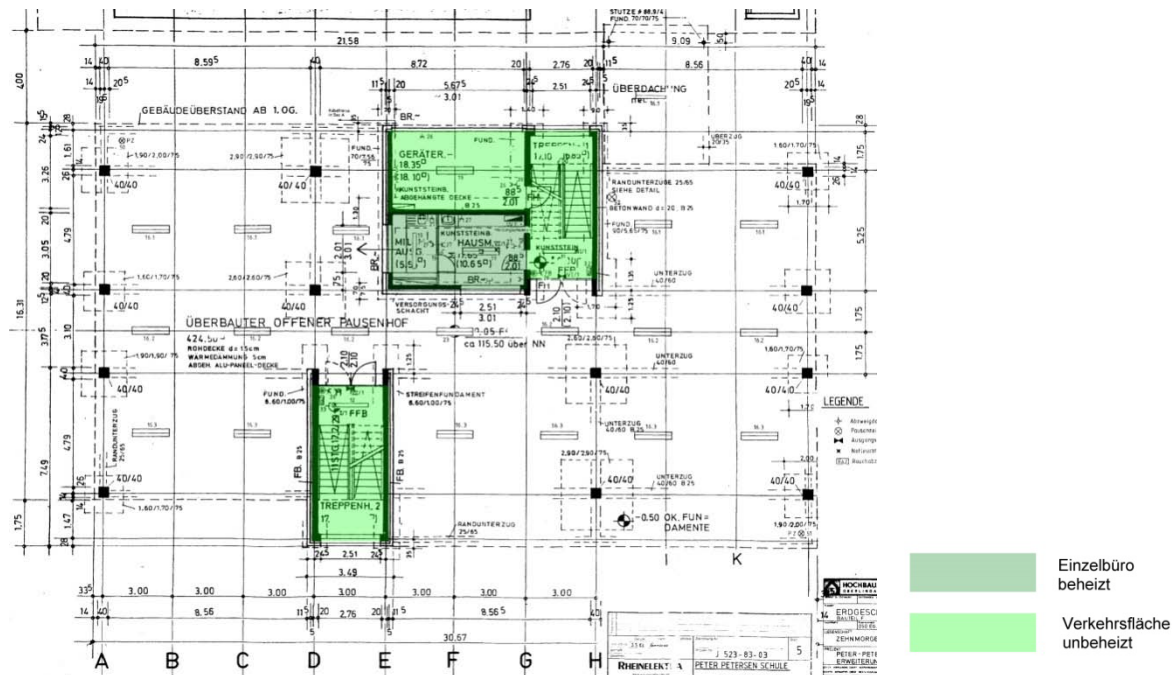
2.5.3 Zonierung nach DIN 18599

Nach DIN 18599 werden Nichtwohngebäude in Zonen nach Nutzung und Anlagentechnik untergliedert. Im Folgenden ist die Zonierung der einzelnen Gebäude aufgezeigt.

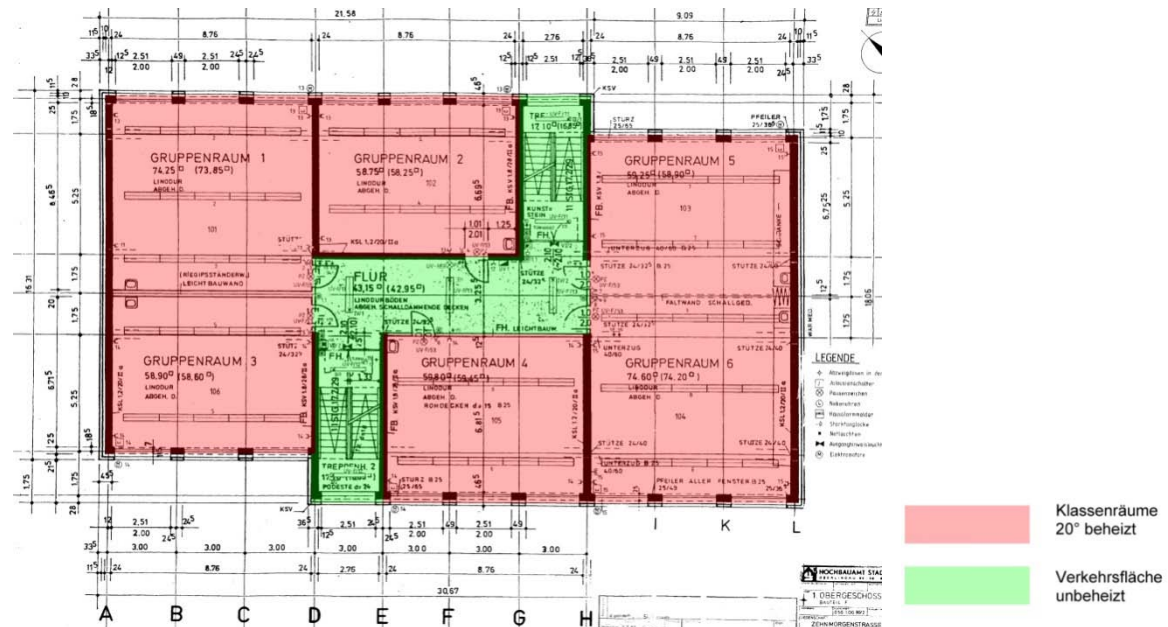
Nr.	Zone	Fläche [m ²]	Anteil [%]	Hüllfläche [m ²]	Konditionierung
1	Verkehrsfläche / unbeheizte Zone	(257,57)	-	-	Beleuchtung, keine Heizung und Kühlung
2	Klassenzimmer, Gruppenraum	377,00	48,59	891,51	Heizung und Beleuchtung
3	WC, Sanitärraum unbeheizt	(22,17)	-	-	Beleuchtung, keine Heizung und Kühlung
4	Einzelbüro	217,25	28,00	444,91	Heizung und Beleuchtung
5	Lehrerzimmer und Lehrmittel	181,68	23,41	2140,22	Heizung und Beleuchtung
		775,93		1476,64	

2.5.4 Darstellung der Zonierung

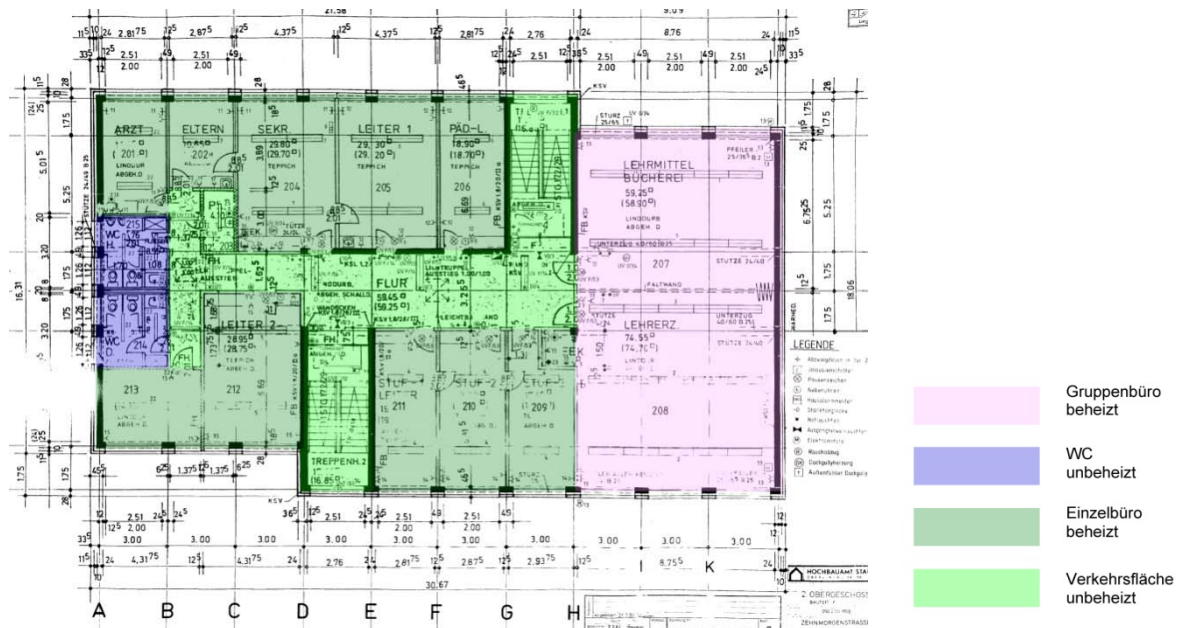
Erdgeschoss



1. Obergeschoss



2. Obergeschoss



2.6 Baulicher Zustand und Wärmedämmung der Gebäudehülle

Allgemein	Das Gebäude ist im Kern in einem guten baulichen Zustand. Es sind keine baulichen Mängel und Schäden am Gebäudekern (Durchfeuchtung, Risse, ...) erkennbar.
Außenwände ohne Putz	Zwei-schaliges hinterlüftetes Mauerwerk mit Zwischendämmung (17,5cm KS, 6cm Dämmung EPS, 4cm Luftschicht, 11,5cm Vollklinker als Außenschale)
Außenwände mit Putz	Mauerwerk (17,5), mit 6cm Dämmung (EPS), beidseitig verputzt
Fenster	2- Scheiben Isolierverglasung, Aluminium Randverbund, Kunststoffrahmen mit 3 Kammern, U-Wert = 2,94 W/m²K
Türen	Leichtmetallrahmentür mit einem U-Wert von 5,5 W/m²K
Rolltor	Veraltetes Rolltor
Flachdach	Flachdach mit Gefälledämmung (Rippenbetondecke 8cm, Gefällebeton 5cm, Abdichtungsbahnen, Gefälledämmung Schaumglas 8cm, Bitumendachbahnen 3-lagig)
Bodenplatte	Betonbodenplatte auf Streifenfundament (Beton 18cm, Abdichtungsbahn, Dämmung Polystyrol 4cm, Abdichtungsbahn, Zement-Estrich 3,5cm)
Deckenplatte gegen Außenluft	Deckenplatte aus Stahlbeton oberseitig mit Zementestrich und Bodenbelag, unterseitig verputzt
Wärmetechnische Schwachstellen, Wärmebrücken und unkontrollierte Lüftungsverluste	-Zurzeit ist keine Lüftungsanlage vorhanden, daher sind die Lüftungsverluste nicht kalkulierbar. -Glasbausteine -Gebäude F Stützen

2.7 Wärmetechnische Einstufung der Gebäudehülle

Der U-Wert ist ein Maß für den Wärmeverlust eines Bauteils. Je größer der U-Wert, desto schlechter ist das Bauteil. In der folgenden Tabelle werden die Bauteile Ihres Gebäudes mit den heutigen gesetzlichen Mindestanforderungen der EnEV (**E**nergie-**E**inspar-**V**erordnung) bei Sanierung von Außenbauteilen.

U-Werte der Gebäudehülle							
Bauteil	U-Werte [W/(m²K)]						energetische Bewertung des Bestandes
	Ist-Zustand				Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen von 12 bis unter 19°C	Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen min 19°C	
	A	B	D	F			
Außenwände	0,42 – 0,47	0,42 - 0,47	0,46	0,42	0,35	0,24	mittelmäßig
Fenster	2,94 – 3,53	2,91 - 3,57	2,86 – 3,57	2,9 - 3,09	1,9	1,3	schlecht
Außentüren	5,5	5,5	5,5	5,5	1,9	1,3	sehr schlecht
Flachdach	0,57	0,57	0,57	0,57	0,35	0,20	schlecht
Bodenplatte	0,62	0,62	0,62	-	-	0,5	schlecht
Decke nach unten an Außenluft	-	-	-	2,83	0,35	0,24	sehr schlecht

¹ Die Mindestanforderungen an U-Werte nach dem Bauteilverfahren der EnEV 2009 gelten nicht, wenn der Primärenergiebedarf des gesamten Gebäudes den Höchstwert für einen entsprechenden Neubau um nicht mehr als 40 % überschreitet. Die nächste EnEV-Novelle ist für 2014 geplant.

2.8 Heizungsanlage

Allgemein	Brennwertkessel mit 2x Gaskessel, Baujahr 2008, Nennleistung angenommen für 4500 qm, 675 kW
Wärmeerzeuger	Aufstellort unbeheizter Keller von Gebäude A
Speicher	Integrierter Speicher im Heizungskessel
Verteilung	nicht bekannt, nur angenommen
Wärmeübergabe und Regelung	Heizkörper mit Thermostatventilen mit hoher Regelungsnauigkeit (2 K) keine witterungsabhängige Vorlaufregelung, Nachtabenkung geregelt über den Thermometer, automatisch geregelt
besondere Schwachstellen	-

2.9 Trinkwarmwasseranlage

Allgemein	Kalttrinkwasserversorgung, in einzelnen Gebäuden Trinkwarmwasser
Wärmeerzeuger	Trinkwarmwasserstationen in Gebäude D Duschen und Gebäude A Küche
Speicher und Verteilung	Vor Ort

3 GEBÄUDEANALYSE

In der Gebäudeanalyse werden das Gebäude und seine Einzelteile in ihrem derzeitigen Zustand energetisch bewertet. Aus der Gebäudeanalyse ergeben sich Ansätze zu notwendigen und sinnvollen Sanierungsmaßnahmen.

3.1 Energiebilanz der Gebäude

3.1.1 Gebäude A

Die Energiebilanz des Gebäudes wird unter den vorgegebenen Randbedingungen der EnEV rechnerisch ermittelt (siehe auch Kap. 1.4 Seite 6).

Energiebilanz der Anlagenteile in [kWh/a] [kWh/(m³a)]						
	Gesamt	Heizung	Kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Warmwasser
Nutzenergie	140.803	119.817	0	0	10.986	10.000
	281,61	239,63	0	0	21,97	20,00
Endenergie	186.210	145.081	0	0	10.986	30.143
	372,42	290,16	0	0	21,97	60,29
Primärenergie	253.159	146.224	0	0	28.564	78.371
	506,32	292,45	0	0	57,13	156,74

Energiebilanz des Gebäudes	jährlich [kWh/a]	Anteilig [%]
Verluste		
Transmissionsverluste	111.495	52,8
Lüftungsverluste	54.251	25,7
Warmwasserbedarf	-	-
Anlagenverluste (Trinkwarmwasser, Heizung, Betriebsstrom)	45.407	21,5
gesamt	211.153	100
Gewinne		
solare Warmegewinne	32.208	70,1
interne Warmegewinne	13.721	29,9
gesamt	45.929	100
Endenergiebedarf Q_E		
gesamt	209,90	100
Primärenergiebedarf Q_P	253.159	

3.1.2 Gebäude B

Die Energiebilanz des Gebäudes wird unter den vorgegebenen Randbedingungen der EnEV rechnerisch ermittelt (siehe auch Kap. 1.4 Seite 6).

Energiebilanz der Anlagenteile in [kWh/a] [kWh/(m³a)]						
	Gesamt	Heizung	Kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Warmwasser
Nutzenergie	235.282	226.761	0	0	8521	0
	173,60	167,31	0	0	6,29	0
Endenergie	322.560	314.039	0	0	8521	0
	237,99	231,70	0	0	6,29	0
Primärenergie	339.573	317.419	0	0	22.154	0
	250,54	234,20	0	0	16,35	0

Energiebilanz des Gebäudes	jährlich [kWh/a]	Anteilig [%]
Verluste		
Transmissionsverluste	260.431,00	56
Lüftungsverluste	114.579,00	25
Anlagenverluste (Trinkwarmwasser, Heizung, Betriebsstrom)	87.278,00	19
gesamt	462.288,00	100
Gewinne		
solare Warmegewinne	92.097,00	62
interne Warmegewinne	56.151,00	38
gesamt	148.248,00	100
Endenergiebedarf Q_E		
gesamt	322.560,00	100
Primärenergiebedarf Q_P	339.573	

3.1.3 Gebäude D

Die Energiebilanz des Gebäudes wird unter den vorgegebenen Randbedingungen der EnEV rechnerisch ermittelt (siehe auch Kap. 1.4 Seite 6).

Energiebilanz der Anlagenteile in [kWh/a] [kWh/(m³a)]						
	Gesamt	Heizung	Kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Warmwasser
Nutzenergie	138.123	116.746	0	0	123.378	9000
	285,38	241,21	0	0	25,57	18,60
Endenergie	201.591	155.780	0	0	12.378	33.433
	416,51	321,86	0	0	25,57	69,08
Primärenergie	223.710	157.379	0	0	32.182	34.150
	462,21	325,16	0	0	66,49	70,56

Energiebilanz des Gebäudes	jährlich [kWh/a]	anteilig [%]
Verluste		
Transmissionsverluste	145.509	57,0
Lüftungsverluste	46.556	18,2
Anlagenverluste (Trinkwarmwasser, Heizung, Betriebsstrom)	63.467	24,8
gesamt	255.532	100
Gewinne		
solare Warmegewinne	51.909	68,9
interne Warmegewinne	23.410	31,1
gesamt	75.319	100
Endenergiebedarf Q_E		
gesamt	241,80	100
Primärenergiebedarf Q_P	223.710	

3.1.4 Gebäude F

Die Energiebilanz des Gebäudes wird unter den vorgegebenen Randbedingungen der EnEV rechnerisch ermittelt (siehe auch Kap. 1.4 Seite 6).

Energiebilanz der Anlagenteile in [kWh/a] [kWh/(m³a)]						
	Gesamt	Heizung	Kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Warmwasser
Nutzenergie	226.067	213.720	0	0	12.347	0
	291,35	275,44	0	0	15,91	0
Endenergie	268.779	256.432	0	0	12.347	0
	346,40	330,48	0	0	15,91	0
Primärenergie	288.683	256.580	0	0	32.103	0
	372,05	330,67	0	0	41,37	0

Energiebilanz des Gebäudes	jährlich [kWh/a]	anteilig [%]
Verluste		
Transmissionsverluste	214.971	66,7
Lüftungsverluste	64.905	20,1
Anlagenverluste (Trinkwarmwasser, Heizung, Betriebsstrom)	42.712	13,2
gesamt	322.588	100
Gewinne		
solare Warmegewinne	41.836	63,2
interne Warmegewinne	24.321	36,8
gesamt	66.157	100
Endenergiebedarf Q_E		
gesamt	268.779	100
Primärenergiebedarf Q_P	288.683	

3.2 Gemessener Energieverbrauch

Der Energieverbrauch ist die Brennstoffmenge, die in den letzten Jahren tatsächlich verbraucht wurde. Sie wird auf Basis der von Ihnen gelieferten Verbrauchsmessungen ermittelt. Im Energieverbrauch schlagen sich damit das individuelle Nutzerverhalten der Bewohner und das tatsächliche Außenklima am Standort des Gebäudes nieder. Die gemessenen Verbrauchswerte weichen daher in der Regel – so auch bei Ihnen – von der Bedarfsrechnung nach EnEV ab.

Der Erdgasverbrauch und Energieverbrauch für die einzelnen Gebäude ist der Tabelle zu entnehmen. Gemittelte Werte der letzten drei Jahre sind:

-Erdgasverbrauch 245,67 kWh/m²a

-Kosten Heizung 15,13 €/m²a

	Erdgasverbrauch [kWh/a]	Kosten Heizung [€/a]
Gebäude A	122.835,00	7.565,00
Gebäude B	332.882,85	20.501,15
Gebäude D	118.904,28	7.322,92
Gebäude F	190.639,92	11.740,88

Der gemessene durchschnittliche Energieverbrauch des Gebäudes A liegt damit bei ca. 94% des berechneten Energiebedarfs zur Wärmeerzeugung von 129.333,00 kWh/a.

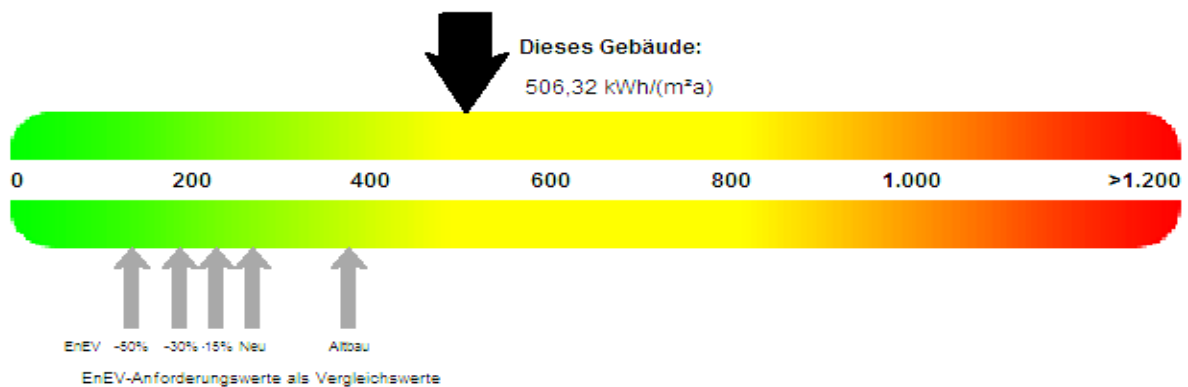
Der gemessene durchschnittliche Energieverbrauch des Gebäudes B liegt damit bei ca. 119% des berechneten Energiebedarfs zur Wärmeerzeugung von 279.443,56 kWh/a.

Der gemessene durchschnittliche Energieverbrauch des Gebäudes D liegt damit bei ca. 71% des berechneten Energiebedarfs zur Wärmeerzeugung von 168.210,06 kWh/a.

Der gemessene durchschnittliche Energieverbrauch des Gebäudes F liegt damit bei ca. 83 % des berechneten Energiebedarfs zur Wärmeerzeugung von 229.646,00 kWh/a.

3.3 Energetische Einstufung der Gebäude

3.3.1 Gebäude A



Einstufung gemäß Energieausweis nach EnEV

Primärenergiebedarf: 505 kWh/m²

Endenergie: 372 kWh/m²

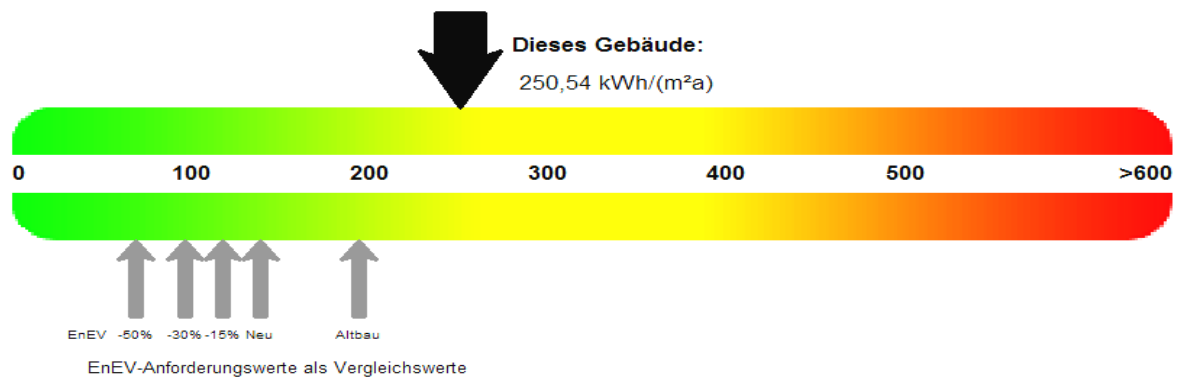
CO₂-Emissionen: 117 kg/m²

Einstufung gemäß Neubaustandard nach EnEV

	Bestand	Abweichung vom Neubau ¹
Primärenergiebedarf Q_p	506,32 kWh/(m²a)	+ 89 %
Mittlere U-Werte [W/(m²K)]		
- Opake Außenbauteile	0,504 W/m²K	+ 44 %
- Transparente Außenbauteile	3,145 W/m²K	+ 66 %

das Referenzgebäude beschreibt einen Neubaustandard nach EnEV

3.3.2 Gebäude B



Einstufung gemäß Energieausweis nach EnEV

Primärenergiebedarf: 250 kWh/m²

Endenergie: 238 kWh/m²

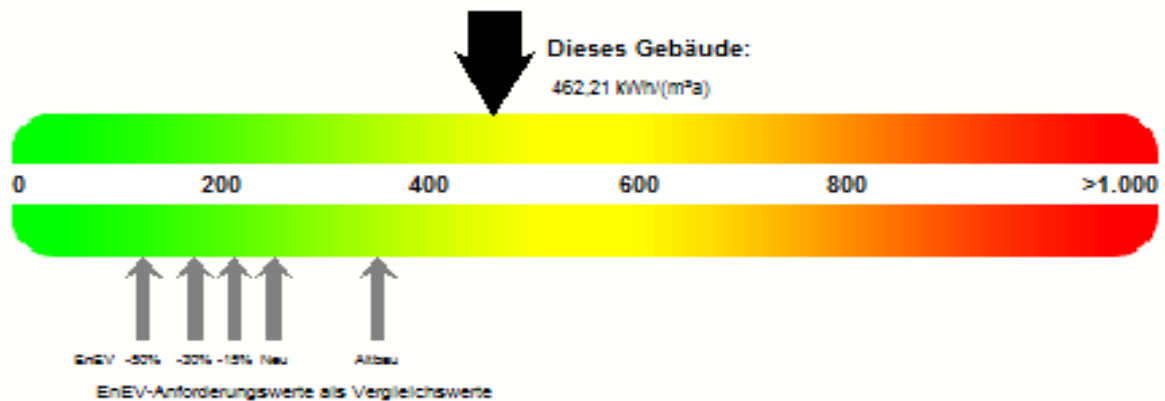
CO₂-Emissionen: 56 kg/m²

Einstufung gemäß Neubaustandard nach EnEV

	Bestand	Abweichung vom Neubau ¹
Primärenergiebedarf Q_p	194,16 kWh/(m²a)	+ 81 %
Mittlere U-Werte [W/(m²K)]		
- Opake Außenbauteile	0,448 W/m²K	+ 28 %
- Transparente Außenbauteile	2,900 W/m²K	+ 53 %

das Referenzgebäude beschreibt einen Neubaustandard nach EnEV

3.3.3 Gebäude D



Einstufung gemäß Energieausweis nach EnEV

Primärenergiebedarf: 462,21 kWh/m²

Endenergie: 416 kWh/m²

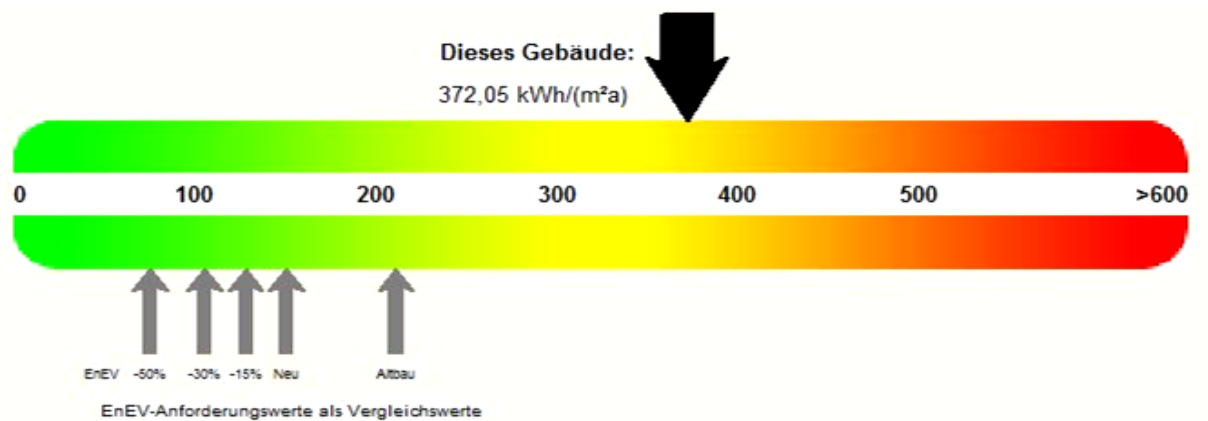
CO₂-Emissionen: 104 kg/m²

Einstufung gemäß Neubaustandard nach EnEV

	Bestand	Abweichung vom Neubau ¹
Primärenergiebedarf Q_p	462,2 kWh/(m²a)	+ 85 %
Mittlere U-Werte [W/(m²K)]		
- Opake Außenbauteile	0,48 W/m²K	+ 37 %
- Transparente Außenbauteile	2,86 W/m²K	+ 51 %

das Referenzgebäude beschreibt einen Neubaustandard nach EnEV

3.3.4 Gebäude F



Einstufung gemäß Energieausweis nach EnEV

Primärenergiebedarf: 372 kWh/m²

Endenergie : 346 kWh/m²

CO₂-Emissionen: 84 kg/m²

Einstufung gemäß Neubaustandard nach EnEV

	Bestand	Abweichung vom Neubau ¹
Primärenergiebedarf Q _P	372,05 kWh/(m²a)	+ 147 %
Mittlere U-Werte [W/(m²K)]		
- Opake Außenbauteile	1,229 W/m²K	+ 251 %
- Transparente Außenbauteile	2,896 W/m²K	+ 52 %

das Referenzgebäude beschreibt einen Neubaustandard nach EnEV

4 ENERGETISCHES SANIERUNGSKONZEPT

Aus der Analyse der einzelnen Bauteile und der Heizungs- und Trinkwarmwasseranlage wurden die im Folgenden dargestellten Energiesparmaßnahmen abgeleitet und unter energetischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten bewertet.

Für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit einer Energiesparmaßnahme werden allein die energetisch bedingten Investitionskosten herangezogen. Darin sind weder übliche Bauunterhaltskosten wie Maler- oder Spenglerarbeiten noch allgemeine Kosten einer Sanierung für z.B. Gerüste, Baustelleneinrichtung, Planungshonorare noch diejenigen Kosten ohnehin fälliger Sanierungen enthalten, die nicht zur energetischen Verbesserung beitragen wie Abbruch und Entsorgung oder eine Kaminsanierung. Die vollständige Kostenermittlung ist eine Planungsleistung im Rahmen der Sanierung.

Die Wirtschaftlichkeitsbewertung erfolgt über eine Kosten-Nutzen-Analyse. Die tatsächlichen Amortisationszeiten können je nach Finanzierungsbedingungen, Förderung und tatsächlichen zukünftigen Energiepreisentwicklungen auch deutlich kürzer ausfallen. Die Kosten-Nutzen-Analyse dient vor allem als Vergleichsmaßstab der Energiesparmaßnahmen untereinander. Sie beinhaltet keine Prognose der Kostenentwicklungen in der Zukunft. Als heutige Energiekosten wurden angesetzt:

- | | |
|----------|-------------|
| • Erdgas | 0,830 €/kWh |
| • Strom | 0,280 €/kWh |

Die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme sollte allerdings nicht allein den Ausschlag zur Entscheidung für oder gegen eine Maßnahme geben. Die untersuchten Energiesparmaßnahmen sind mit vielfachem Zusatznutzen verbunden. Genannt seien insbesondere der steigende Komfort, die Wertsicherung des Gebäudes, geringere Abhängigkeit von zukünftigen Energiepreisteigerungen sowie Aspekte der Ästhetik. Allen Entscheidungen zur Sanierung des Gebäudes sollten immer auch die größere Behaglichkeit z. B. durch höhere Wand- und Fußbodentemperaturen oder geringere Zugeffekte durch die neuen Fenster, Türen, Rollladenkästen und Dämmmaßnahmen im Dachbereich berücksichtigt werden. Da die zukünftigen Energiekostensteigerungen kaum einschätzbar sind, führen Investitionen in Energiesparmaßnahmen auch zu deutlich höherer Kostensicherheit. Die Folgekosten (Energiekosten) von heute nicht getätigten Investitionen in Energieeinsparung sind nicht kalkulierbar.

4.1 Gesamtsanierung in einem Zug

Selbst wenn die Gebäude A, B und F ebenfalls niedrig beheizte Zonen besitzen (Zonen mit Innentemperaturen von 12 bis unter 19°C), haben wir uns für eine durchgehende Dämmstärke in der Außenwand, dem Dach, der Bodenplatte und der Deckenplatte entschieden. Hintergrund dessen ist, dass sich die Funktion/Nutzung des jeweiligen Raumes zukünftig ändern kann.

Bei der Turnhalle (Gebäude D) handelt es sich zum größten Teil um niedrig beheizte Zonen, deshalb gehen wir davon aus, dass sich dort die Nutzung nicht ändern wird und man allgemein von einem niedrig beheizten Gebäude ausgehen kann. Aus diesem Grund werden bei den nachfolgenden Sanierungsmaßnahmen die ENEC Werte für niedrig beheizte Räume zugrunde gelegt.

Einstufung gemäß Neubaustandard für Nichtwohngebäude nach EnEV- Gemittelte Werte der Gebäude A,B,D und F.

	Bestand	Abweichung vom Neubau ¹
Primärenergiebedarf Q_P	397,78 kWh/(m²a)	+ 48 %
Mittlere U-Werte [W/(m²K)]		
- Opake Außenbauteile	0,666 W/m²K	+ 90 %
- Transparente Außenbauteile	2,950 W/m²K	+ 55 %

das Referenzgebäude beschreibt einen Neubaustandard nach EnEV

Maßnahmenkombination Wi-Bank bestehend aus: 4.1.1 Wärmedämmung der Außenwände (Seite 34) 4.1.2 Austausch der Fenster, der Eingangstür und des Rolltors (Seite 36) 4.1.3 Wärmedämmung des Flachdaches (Seite 38) 4.1.4 Wärmedämmung der Bodenplatte (Seite 39) 4.1.5 Wärmedämmung der Deckenplatte an Außenluft (Seite 40) 4.1.5 Einbau der dezentralen Lüftungsgeräte (Seite 41) 4.1.6 Einbau der solarthermischen Anlage (Seite 41)						
Energie- kosten nach Sanierung	energetisch bedingte Investitions- kosten	öffentliche Fördermittel (siehe Kap. 5 S. 28)	prognostizierte Einsparungen			Kosten / Nutzen
			Energie- bedarf	Energiekosten		
[€/a]	[€]	[€]	[kWh/a]	[€/a]	[%]	
41.543	1.495.672,20	747.836,10	456.214,80	25.791,00	61,70	29:1

4.1.1 Wärmedämmung der Außenwände

Es sind zwei verschiedene Bestandswände vorhanden. Die eine besteht aus einem zweischaligen hinterlüfteten Mauerwerk mit Kerndämmung (Typ 1):

1,5cm Putz

17,5cm KS (tragende Konstruktion)

6,0cm EPS Dämmung

4,0cm Luftschicht

11,5cm Vollklinker (Außenschale)

Die andere besteht aus Mauerwerk und einer außenliegenden Dämmung (Typ 2):

1,5cm Putz
 17,5cm KS (tragende Konstruktion)
 6,0cm EPS Dämmung
 2,0cm Putz

Desweiteren unterscheiden wir ja in niedrig und normal beheizten Zonen, wobei einzig die Turnhalle als niedrig beheizter Bereich gilt.

Bei Typ 1 wird die Luftschicht mit Zellulosefasern ausgefüllt, damit dieser Zwischenraum als Dämmschicht fungiert. Für die niedrig beheizten Räume (=Turnhalle) ist diese zusätzliche Dämmung dann schon ausreichend.

Bei den normal beheizten Räumen wird eine zusätzliche Dämmung notwendig, um die EnEV Werte zu erreichen. Hierfür schlagen wir vor, Faserdämmstoffplatten (Steinwolle) zu verwenden, mit WLG 040.

Sie wird gewonnen aus einer Glas- oder Gesteinschmelze, ist universell einsetzbar für die Wärmedämmung von Dach, Wand und Fußboden und verfügt über sehr gute Schall- und Brandschutzeigenschaften (Brandschutz: besonders im Vergleich zu WDVS mit EPS (=Styropor). Der geringe Bindemittelgehalt gilt im fachgerecht eingebauten Zustand als unbedenklich.

Anstatt einer eher anfälligen und Wartungsintensiven Putzfassade empfehlen wir (besonders, da es sich um eine Schule handelt) für beiden Typen ein Fassadenplatten-System. Hierfür werden Fassadenplatten vor die Dämmebene gehangen, als hinterlüftetes System. Es ist keine Grenze was die Farbwahl angeht gesetzt.

Vor der eigentlichen Sanierung müssen:

- die Regenfallrohre neu verlegt werden,
- der Dachüberstand an den Ortgängen vergrößert werden

sowie zur Vermeidung von Wärmebrücken

- die Fensterbänke außen durch neue, tiefere und wärmebrückenfreie Fensterbänke ersetzt werden

Dies erfordert in jedem Fall eine sorgfältige Detailplanung bei der Ausführung.

Wärmedämmung der Außenwände Typ 1 (Klinker) in normal beheizter Zone					
U-Wert nach Sanierung: 0,21 W/(m²K) (ENEV: 0,24 W/(m²K))					
Gebäude	Bauteilfläche	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt)
		spezifisch	pauschal	gesamt	
	[m²]	[€/m²]	[€]	[€]	[Jahre]
A	696,67	190	-	132.367,30	30
B	182,01		-	34.581,90	
F	682,65		-	129.703,50	
Gesamt	1561,33		-	296.652,7	

Alle Kosten verstehen sich brutto.

Wärmedämmung der Außenwände Typ 2 (Putz) in normal beheizter Zone

U-Wert nach Sanierung: 0,22 W/(m²K) (ENEV: 0,24 W/(m²K))

Gebäude	Bauteilfläche	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt)
		spezifisch	pauschal	gesamt	
	[m²]	[€/m²]	[€]	[€]	[Jahre]
B	926,95	150	-	139.042,50	30

Alle Kosten verstehen sich brutto.

Wärmedämmung der Außenwände Typ 1(Klinker) in niedrig beheizter Zone

U-Wert nach Sanierung: 0,31 W/(m²K) (ENEV: 0,35 W/(m²K))

Gebäude	Bauteilfläche	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt)
		spezifisch	pauschal	gesamt	
	[m²]	[€/m²]	[€]	[€]	[Jahre]
D	264,24	150	-	39.636,00	30

Alle Kosten verstehen sich brutto.

Wärmedämmung der Außenwände Typ 2 (Putz) in niedrig beheizter Zone

U-Wert nach Sanierung: 0,31 W/(m²K) (ENEV: 0,35 W/(m²K))

Gebäude	Bauteilfläche	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt)
		spezifisch	pauschal	gesamt	
	[m²]	[€/m²]	[€]	[€]	[Jahre]
D	167,92	120	-	20.150,40	30

Alle Kosten verstehen sich brutto.

4.1.2 Austausch der Fenster, der Eingangstüren und des Rolltors

Die Fenster befinden sich zwar in einem guten Zustand aber entsprechen nicht mehr dem heutigen Standard. Bei einer Dämmung der Außenwände ist dringend zu empfehlen auch die Fenster auf den heutigen Stand zu bringen, da es sonst zu Schimmelbildung wegen der unterschiedlichen Wärmedurchlasswiderstände führen kann.

Die Verglasungen in den Ein- und Ausgangstüren verfügen über sehr schlechte Wärmedämmeigenschaften und sollten daher ebenfalls ersetzt werden.

Empfohlen wird der Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit einem UW-Wert für das gesamte Fenster inklusive Rahmen von 1,3 W/(m²K) oder besser. Die neuen Eingangstüren sollten ebenfalls einen U-Wert von 1,3 W/(m² K) haben. Das Rolltor sollte maximal einen U-Wert von 2,9 W/(m³K) aufweisen, da dies sich in einer niedrig beheizten Zone befindet.

Beim Einbau der neuen Fenster, Eingangstüren und des Rolltors ist auf den luftdichten Anschluss an das Mauerwerk zu achten.

Bei einer gleichzeitigen Fassadensanierung wie in 4.1.1 „Wärmedämmung der Außenwände“ beschrieben ergeben sich hohe Synergieeffekte beim Anschluss der neuen Fenster, Eingangstüren und des Rolltors an die Fassade. Dies kann zu erheblichen Investitionskosteneinsparungen bei der Sanierung führen. Zudem kann die Lage von Fenstern, Eingangstüren etc. zur neuen Dämmebene optimiert werden, um Wärmebrücken und Verschattungen durch Laibungen zu reduzieren und eine durchgängige luftdichte Ebene herzustellen. Somit ist eine gleichzeitige Sanierung von Fenstern, Eingangstüren und Fassade aus bautechnischer Sicht auf jeden Fall zu empfehlen. Die für die Wirtschaftlichkeitsbewertung angesetzten Investitionskosten gelten daher ebenfalls bei gleichzeitiger Fassadensanierung.

Für die Fenster wurden 450,00 €/m² angesetzt, für die Eingangstüren pauschal je 1.300,00 € und für das Rolltor pauschal 1.000 €/m².

Neue 3-Scheiben-Wärmeschutzfenster					
U-Wert Fenster nach Sanierung: 0,70 W/(m ² K) (ENEV: 1,3 W/(m ² K))					
Gebäude	Bauteilfläche	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt)
		spezifisch	pauschal	gesamt	
	[m ²]	[€/m ²]	[€]	[€]	[Jahre]
A	254,70	450	-	114.615,00	30
B	701,5		-	315.675,00	
D	80		-	3.600,00	
F	244,65		-	110.092,50	
Gesamt	1280,85			543.982,5	

Alle Kosten verstehen sich brutto.

Einbau von neuen Türen				
U-Wert Tür nach Sanierung: 1,3 W/(m ² K) (ENEV: 1,3 W/(m ² K))				
Gebäude	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt)
	Anzahl	Stückpreis	gesamt	
		[€]	[€]	[Jahre]
A	4	1300	5.200	30
B	4		5.200	
D	2		2.600	
F	2		2.600	
Gesamt	12		15.600	

Alle Kosten verstehen sich brutto.

Einbau eines neuen Rolltors					
U-Wert Rolltor nach Sanierung: 2,4 W/(m²K) (ENEV: - W/(m²K))					
Gebäude	Bauteilfläche	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt)
		Anzahl	Stückpreis	gesamt	
	[m²]		[€]	[€]	[Jahre]
F	5,5	1	1000	1000	30

Alle Kosten verstehen sich brutto.

4.1.3 Wärmedämmung des Flachdachs

Die Flachdächer der verschiedenen Gebäude beschließen jeweils das oberste Geschoss in welchem sich ebenfalls normal beheizte Räume befinden. Aus diesem Grund ist es sinnvoll eine durchgehende Wärmedämmung des Daches von außen vorzuschlagen. Somit wird die lichte Raumhöhe nicht beeinträchtigt und es wird eine die Gebäudehülle von außen umschließende Gesamfläche mit der Dämmung der Außenwände erzeugt. Eventuell entstehende Wärmebrücken an Bauteilübergängen von Außenwand zu Dachfläche werden somit vermieden. Vorausgesetzt die Außenwände werden im gleichen Zuge energetisch saniert.

Es sollte eine druckfeste Dämmung vorgesehen werden, um Begehungen und das eventuelle Anbringen von Solarpaneeln zu ermöglichen. In unserem Sanierungskonzept wurden druckfeste Holzfaserdämmplatten verwendet, da diese aus rein natürlichen Materialien bestehen.

Die Holzfaserdämmplatte wurde mit 12 cm Stärke für den normal beheizten Bereich angesetzt, (und mit 4cm Stärke für den niedrig beheizten Bereich = Turnhalle, Gebäude D) bei einer Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/mK.

Die Dämmung des Flachdaches ist eine effiziente Dämmmaßnahme, da sie schnell und mit wenig Aufwand erledigt werden kann. In keinem anderen Bereich kann Wärmeschutz so kostengünstig und damit effizient umgesetzt werden.

Wärmedämmung des Flachdaches mit 12 cm WLG 035 von außen im normal beheizten Bereich					
U-Wert nach Sanierung: 0,19 W/(m²K) (ENEV: 0,20 W/(m²K))					
Gebäude	Bauteilfläche	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt)
		spezifisch	pauschal	gesamt	
	[m²]	[€/m²]	[€]	[€]	[Jahre]
A	481,00	100	-	48.100,00	30
B	660,56		-	66 056,00	
F	510,93		-	51.093,00	
Gesamt	1652,49			51.093	

Alle Kosten verstehen sich brutto.

Wärmedämmung des Flachdaches mit 4 cm WLG 035 von außen im niedrig beheizten Bereich					
U-Wert nach Sanierung: 0,34 W/(m²K) (ENEV: 0,35 W/(m²K))					
Gebäude	Bauteilfläche	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt)
		spezifisch	pauschal	gesamt	
	[m²]	[€/m²]	[€]	[€]	[Jahre]
D	486,70	70	-	24.335,00	30

Alle Kosten verstehen sich brutto.

4.1.4 Wärmedämmung der Bodenplatte

Die Bodenplatten der normal beheizten Räume grenzen ans Erdreich an. Hier sollte über eine Dämmung von innen nachgedacht werden. Das Geschoss hat eine lichte Raumhöhe von 3,44 m, also genug Höhe um eine Dämmung aufzubringen. Leider zieht diese Art der Dämmung weitere Kosten mit sich, da die Türblätter und Zargen bei einem höheren Bodenaufbau angepasst werden müssen. Jedoch sind die Kosten im Vergleich zu einer unterseitigen außenliegenden Dämmung wesentlich geringer und einfacher auszuführen.

Es würde sich empfehlen hier mit einer Dämmung welche eine niedrige Wärmeleitfähigkeit aufweist und mit einem geringen Aufbau auskommt zu arbeiten, wie zum Beispiel mit einer Vakuumdämmstoffplatte. Jedoch ist dieser Dämmstoff alleine von den Materialkosten im Vergleich zu anderen Materialien kostspielig. Daher würden wir für ein Schulgebäude eine druckfeste Dämmung aus natürlichen Bestandteilen empfehlen. Somit sind auch eventuelle Ausdünstungen von giftigen Stoffen im Innenraum so gering wie möglich zu halten um den Schülern und Lehrern eine saubere Raumluft zu bieten.

Es wird eine Holzfaserdämmplatte mit einer Stärke von 12 cm und einer Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/mK angesetzt.

Die Wärmedämmung des Kellerbodens trägt wesentlich zur Verbesserung des Komforts in den darüber liegenden Räumen bei. Durch die Dämmung erhöht sich die Oberflächentemperatur des Fußbodens im Untergeschoss. Dies wiederum führt zu einer angenehmeren Temperaturschichtung in den Klassenräumen (geringere Temperaturdifferenz von unten nach oben) und Vermeidung von Fußkälte.

Für den niedrig beheizten Bereich sind 6cm Dämmung ausreichend.

Wärmedämmung der Bodenplatte mit 12 cm WLG 035 innenseitig normal beheizt					
U-Wert nach Sanierung: 0,27 W/(m²K) (ENEV: 0,30 W/(m²K))					
Gebäude	Bauteilfläche	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt)
		spezifisch	pauschal	gesamt	
	[m²]	[€/m²]	[€]	[€]	[Jahre]
A	525,00	80	-	42.000,00	50
B	660,56		-	52.844,80	
Gesamt	1185,56			42.896,8	

Alle Kosten verstehen sich brutto.

Wärmedämmung der Bodenplatte mit 6 cm WLG 035 innenseitig niedrig beheizt U-Wert nach Sanierung: 0,34 W/(m²K) (ENEV: - W/(m²K))					
Gebäude	Bauteilfläche	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt)
		spezifisch	pauschal	gesamt	
	[m²]	[€/m²]	[€]	[€]	[Jahre]
D	486,70	50	-	24.335,00	50

Alle Kosten verstehen sich brutto.

4.1.5 Wärmedämmung der Deckenplatte an Außenluft

Gebäude F ist auf Stützen aufgelagert und wird erschlossen über zwei im Erdgeschoss liegende Eingangsbereiche. Somit ergibt sich eine großflächige Deckenplatte, die an die Außenluft stößt und somit den unteren Gebäudeabschluss bildet

Von daher ist es notwendig diesen unteren Gebäudeabschluss ebenfalls zu sanieren. Es ist genügend Platz vorhanden, um die Deckenplatte unterseits mit 14 cm Holzfaserdämmplatten WLG 039 und 2 cm Wärmedämmputz WLG 060 aufzudämmen.

Zusätzlich sollte auf eine genaue Detailplanung bei der Ausführung geachtet werden, da im Bereich der Stützen Wärmebrücken entstehen können.

Die Wärmedämmung der Deckenplatte trägt wesentlich zur Verbesserung des Komforts in den darüber liegenden Räumen bei. Durch die Dämmung erhöht sich die Oberflächentemperatur des Fußbodens im 1. Obergeschoss. Dies wiederum führt zu einer angenehmeren Temperaturschichtung in den Räumen (geringere Temperaturdifferenz von unten nach oben) und Vermeidung von Fußkälte.

Wärmedämmung der Deckenplatte mit 14 cm WLG 039 und Wärmedämmputz 2 cm WLG 060 außenseitig U-Wert nach Sanierung: 0,23 W/(m²K) (ENEV: 0,30 W/(m²K))					
Gebäude	Bauteilfläche	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt)
		spezifisch	pauschal	gesamt	
	[m²]	[€/m²]	[€]	[€]	[Jahre]
F	408,56	80	-	32.684,80	50

4.1.6 Einbau von dezentralen Lüftungsgeräten

Nach einer umfassenden Sanierung der gebäudeumfassenden Flächen ist ein Einbau einer Lüftungsanlage sehr wichtig, um an die Sanierung anzuknüpfen. Etwaige Verluste durch Fensterlüftung werden ausgeschlossen und die im Raum vorhandene Wärme kann mit einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung wieder aufgenommen werden und geht nicht verloren. Zusätzlich ist es gerade in Schulen wichtig, die Luftqualität konstant zu halten. Der CO₂-Anteil in der Luft ist verantwortlich für Konzentrationsstörungen der Schüler. Diesem kann mit einer Fensterlüftung in den Pausen nicht zu genüge entgegengesteuert werden.

Einbau von dezentralen Lüftungsgeräten					
Gebäude	Bauteilfläche	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt)
		spezifisch	pauschal	gesamt	
	[m ²]	[€/m ²]	[€]	[€]	[Jahre]
A	407,9	50	-	20.395	50
B	1280,2		-	64.010	
D	571,8		-	28.565	
F	737,08		-	36.854,00	
Gesamt	2996,98			149.824	

Alle Kosten verstehen sich brutto.

4.1.7 Einbau von einer solarthermischen Anlage

Durch den Einbau einer Solarthermieanlage sind sie unabhängig von steigenden Energiepreisen, tragen aktiv zum Klimaschutz bei und steigern den Wert der Immobilie. Da das Gebäude über ein Flachdach verfügt, ist eine freie Ausrichtung der Kollektorfläche möglich. Es lässt sich ein großer Sonneneintrag erwirtschaften, da die Fläche nicht von z.B. angrenzenden Nachbargebäuden bzw. Bäumen verschattet wird.

Einbau von einer solarthermischen Anlage					
Gebäude	Bauteilfläche	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt)
		spezifisch	pauschal	gesamt	
	[m ²]	[€/m ²]	[€]	[€]	[Jahre]
D	462,5	150		69.375	30

Alle Kosten verstehen sich brutto.

4.2 Gesamtsanierung in Schritten

Die Sanierung in Schritten wird üblicherweise in Maßnahmenpaketen in Abhängigkeit des energetischen Nutzens empfohlen. Da es sich aber um ein Objekt handelt, welches in einzelne Gebäude aufgegliedert ist, empfehlen wir eine Sanierung gebäudeweise.

4.2.1 Auflistung der zu sanierenden Gebäude

		Gebäude A	Gebäude B	Gebäude D	Gebäude F
Energiekosten nach Sanierung [€/a]		16.514,00	20.046,00	13.565,00	17.217,00
Energiekosten nach Sanierung [€/a]		8.369,00	14.157,00	9.677,00	9.340,00
energetisch bedingte Investitionskosten[€]		362.677,30	538.367,70	229.650,40	364.976,80
öffentliche Fördermittel (siehe Kap. 5 S. 43) [€]		181.338,65	284.183,85	114.825,20	182.488,40
Prognostizierte Einsparungen	Energiebedarf[kWh/a]	122.200,00	113.278,00	73.374,40	147.362,40
	Energiekosten[€/a]	8.145,00	5.889,00	3.888,00	7.869,00
	Energiekosten[%]	49 %	29 %	29 %	-46 %
Kosten / Nutzen		22:1	48:1	29:1	23:1

Alle Kosten verstehen sich brutto.

5 FÖRDERUNG

Für die empfohlenen Maßnahmen können Sie nach heutigem Stand verschiedene Förderprogramme in Anspruch nehmen.

Wi-Bank

Die Wirtschafts- und Infrastrukturbank Hessen (kurz Wi-Bank) bietet ein Zuschuss-Programm für die energetische Modernisierung von kommunalen Nichtwohngebäuden der sozialen Infrastruktur an. Ihr Ziel ist eine Steigerung der jährlichen energetischen Sanierungsquote von Gebäuden von derzeit 0,75% auf mindestens 2,5-3%.

Die Wi-Bank (auch „bewilligende Stelle“ bezeichnet) ist mit der Abwicklung der Förderung des Landes betraut. Die bewilligende Stelle ist Ansprechpartner für die Antragssteller. Mit der technischen Antragsprüfung, der fachtechnischen Begleitung und der fachtechnischen Prüfung des Endverwendungsnachweises können Dritte beauftragt werden.

Gefördert werden folgende energetische Modernisierungsmaßnahmen:

Gruppe 1: baulicher Wärmeschutz

- Wärmedämmung der Außenwände
- Wärmedämmung des Daches oder der obersten Geschossdecke
- Wärmedämmung der Kellerdecke, von erdberührten Wand- und Bodenflächen beheizter Räume oder von Wänden zwischen beheizten und unbeheizten Räumen
- Ersatz der Fenster durch Wärmeschutzfenster
- Ersatz von Außentüren durch Türen mit hohem Wärmeschutz

Gruppe 2: Anlagen zur effizienten Wärmebereitstellung

- Brennwertkessel
- Anlagen, die zur Deckung des Wärmeenergiebedarfs durch die anteilige Nutzung von Erneuerbaren Energien nach Maßgabe des EEWärmeG dienen. Dazu gehören Solarkollektoren, Anlagen zur Nutzung von Biomasse, Geothermie und Umweltwärme sowie Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen

Gruppe 3: Sonstige Anlagentechnik

- Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung
- Einbau von außenliegenden Sonnenschutzeinrichtungen mit Tageslichtfunktion oder Ersatz dieser Einrichtungen
- Austausch der Beleuchtung gegen ein energieoptimiertes Beleuchtungssystem

Gefördert werden kann eine umfassende energetische Modernisierung des Gebäudes in verschiedene Qualitätsstufen oder die energetische Modernisierung einzelner Bauteile oder Anlagen.

Die Zuwendungsfähigen Ausgaben (=Zuschuss) werden von der bewilligenden Stelle geprüft.
Die Höhe der Förderung beträgt in der Regel

- 50% der ermittelten zuwendungsfähigen Ausgaben für die energetischen Modernisierung auf EnEV Standard
- 60% der ermittelten zuwendungsfähigen Ausgaben für die energetischen Modernisierung auf EnEV Standard minus 30%

Wir werden also von einem Zuschuss der Wi-Bank von 50% der ermittelten Kosten ausgehen (egal ob Einzelmaßnahme oder Modernisierung in einem Zug).

Der Zinsvorteil ergibt sich aus der Zinsvergünstigung der Wi-Bank gegenüber marktüblichen Konditionen.

Weitere Informationen und aktuelle Konditionen unter:

<https://www.wibank.de/de/Foerderprogramme/BauenUndWohnen/SB-EEM-kommunale-Nichtwohngebaeude.html>

6 ANHANG

- Sicherungsdatei der Softwareeingabe
- Produktvorschläge
- Außenwand: Rockpanel Produktlinie
- Flachdach
- Bodenplatte gegen Erdreich
- Deckenplatte gegen Außenluft
- Lüftungsgeräte
- Solarthermie