

# Energieberatungsbericht

## Grundschule Riedberg - Passivhaus -

**Durchgeführt im Rahmen des Forschungsprojektes  
Teilenergiekennwerte von Nicht-Wohngebäuden**

Entwurf Stand: 30.11.11

Erstellt durch:

Hochbauamt Frankfurt am Main

Energiemanagement

Gerbermühlstraße 48

60594 Frankfurt am Main

Projektleitung: Institut Wohnen und Umwelt GmbH

Förderung: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Förderkennzeichen: 0327431J)

## Impressum

Projekt	Teilenergiekennwerte von Nicht-Wohngebäuden – Methodische Grundlagen, empirische Erhebungen und systematische Analyse
Kurztitel	<b>TEK</b>
Gefördert durch	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
Projektteilnehmer	<ul style="list-style-type: none"><li>• Institut Wohnen und Umwelt – IWU (Projektleitung)</li><li>• Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme ISE</li><li>• Karlsruher Institut für Technologie KIT - Fachbereich Bauphysik &amp; Technischer Ausbau fbta</li><li>• ARGE-Benchmark</li><li>• Energie 2000</li><li>• Ingenieurbüro Jung</li><li>• Stadt Frankfurt am Main</li><li>• Techem Energie-Contracting</li></ul>
Geschäftsadresse	Institut Wohnen und Umwelt GmbH Rheinstraße 65 64295 Darmstadt  Tel. +49 (0) 6151 / 2904 -0 Fax +49 (0) 6151 / 2904 -97
Dokument	Standardbericht_Grundschole Riedberg_1.3_22.11.11.doc

### Dieser Energieberatungsbericht wurde erstellt durch:

Hochbauamt Frankfurt am Main

Energiemanagement

Estelle Wüsten

Gerbermühlstraße 48

60594 Frankfurt am Main

Tel: 069 212-38697

e-mail: [estelle.wuesten@stadt-frankfurt.de](mailto:estelle.wuesten@stadt-frankfurt.de)

30.11.11, Frankfurt a.M.

Datum, Ort

Unterschrift, Stempel

## Inhalt

<b>1 Zusammenfassung</b> .....	<b>4</b>
<b>2 Einleitung und Aufgabenstellung</b> .....	<b>6</b>
<b>3 Projekt- und Gebäudebeschreibung</b> .....	<b>7</b>
<b>4 Bewertung des Ist-Zustandes</b> .....	<b>14</b>
4.1 Gemessene Verbrauchsdaten.....	14
Lastganganalyse elektrische Energie.....	17
4.2 Rechnerische Bilanzierung des Energieaufwandes des Gebäudes.....	19
4.2.1 Vergleich der Berechnung mit dem gemessenen Verbrauch.....	19
4.2.2 Berechnete Energiekennwerte.....	20
<b>5 Gebäudeanalyse über Teilenergiekennwertbewertung</b> .....	<b>23</b>
<b>6 Durchgeführte Messungen</b> .....	<b>24</b>
<b>Anhang – Literatur</b> .....	<b>26</b>
<b>7 Anhang: Datenerhebung</b> .....	<b>27</b>
7.1 Vom Eigentümer zur Verfügung gestellte Unterlagen.....	27
7.2 Annahmen aufgrund fehlender Daten .....	28
<b>8 Anhang: Weitere Analysen zum Lastgang des Gebäudes</b> .....	<b>29</b>
<b>9 Anhang: TEK – Bewertung je Nutzungseinheit</b> .....	<b>30</b>
<b>10 Anhang: TEK – Bewertung auf Zonenebene</b> .....	<b>31</b>
<b>11 Anhang: TEK - Kurzdokumentation</b> .....	<b>36</b>
<b>12 Interner Anhang: Energetische Bilanzierung mit dem TEK-Tool</b> .....	<b>43</b>
12.1 Anmerkungen zu Plausibilitätsprüfung und Anpassungen.....	43
12.2 Differenzen zu Standardnutzungsprofilen DIN V 18599 .....	43
12.3 Vereinfachte Hüllflächenermittlung.....	44
12.4 Teilenergiekennwertbewertung .....	44
<b>13 Interner Anhang – Kurzzeitmessungen</b> .....	<b>47</b>
<b>14 Interner Anhang Zeitaufwand</b> .....	<b>52</b>

# 1 Zusammenfassung

Im vorliegenden Energieberatungsbericht wird das zu bewertende Gebäude mit Hilfe einer Gebäudeanalyse nach dem Verfahren Teilenergiekennwerte von Nicht-Wohngebäuden (TEK) untersucht. Für die Berechnung wichtige Anmerkungen wurden in **Rot** dargestellt.

Bei der untersuchten Schule handelt es sich um ein 3-geschossiges und nur unwesentlich durch andere Bauwerke verschattetes U-förmiges Gebäude mit einer Kindertagesstätte (KiTa) und einer 2-Feld-Sporthalle in exponierter Lage am Hang.

Nach intensiven Beratungen wurde im Frühjahr 2003 von der Stadt Frankfurt beschlossen, den Neubau der Grundschule und Kindertagesstätte im Baugebiet Riedberg im Passivhausstandard durchzuführen. Der Sporthalle wurde der energetische Standard EnEV 2004 -45% zugrunde gelegt.

Bereits nach 14 Monaten Bauzeit wurde die Schule im September 2004 fertig gestellt. Die Energiebezugsfläche des gesamten Gebäudekomplexes beläuft sich auf **7.785m<sup>2</sup>**. Die Wärmebereitstellung erfolgt über vollautomatische Holzpellet-Kessel (2 x 60 kW). Insgesamt ist die Grundschule Riedberg, für 400 Grundschüler in 16 Klassen, 100-125 Kinder in der KiTa und 50 Angestellte konzipiert.



Im Folgenden sind als Ergebnis der Untersuchung Handlungsempfehlungen dargelegt. Weitere Informationen dazu können den entsprechenden Kapiteln des vorliegenden Berichts entnommen werden.

Da es sich bei dem untersuchten Gebäude um ein neuwertiges Gebäude im Passivhausstandard handelt und im Vergleich zu herkömmlichen Gebäuden nur etwa 10% der Heizenergie benötigt und auch die Verbräuche hinsichtlich der Warmwasserbereitstellung, Beleuchtung und Luftförderung bereits sehr gering sind, können an dieser Stelle keine wirtschaftlichen Modernisierungsempfehlungen gegeben werden. Dennoch haben sich nach der Untersuchung vor Ort 2 Handlungsempfehlungen für den Betrieb der Schule ergeben.

**Aus den Untersuchungen können folgende Handlungsempfehlungen abgeleitet werden:**

Um den Strombedarf für die Beleuchtung der Verkehrsflächen und der Sporthalle trotz geringer Gesamtverbräuche weiter zu reduzieren, wurde in den Verkehrsflächen jede 2. Leuchte außer Betrieb genommen.

Die Sporthalle verfügt derzeit nur über einen ON/OFF Schalter, darüber wird die gesamte Hallenbeleuchtung aktiviert/deaktiviert. Sie erhält in Kürze einen Funktionstaster durch den je nach Bedarf und Nutzung nur Teilbereiche der Beleuchtung aktiviert werden können.

## **2 Einleitung und Aufgabenstellung**

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderten Forschungsprojektes „Teilenergiekennwerte von Nicht-Wohngebäuden“ (Förderkennzeichen: 0327431J Teilenergiekennwerte) werden Werkzeuge für die energetische Analyse von bestehenden Nicht-Wohngebäude entwickelt mit dem Ziel, im Rahmen einer Gebäuediagnose die Schwachstellen eines Gebäudes aufzudecken und erste Modernisierungsvorschläge zu machen. Diese Werkzeuge werden an 75 Gebäuden auf ihre Praxistauglichkeit getestet. In dem Zusammenhang wird die vorliegende Gebäudeanalyse erstellt.

Der Kurzbericht umfasst:

Eine kurze Beschreibung des Projektes und des Gebäudes,

die Bewertung des Ist-Zustands des Gebäudes,

die Angabe von Modernisierungsmaßnahmen unter Nennung der Energieeinsparung, der Grobkosten und der sich hieraus ergebenden Wirtschaftlichkeit,

einen Anhang mit ausführlichen Informationen zur Gebäudeanalyse.

### 3 Projekt- und Gebäudebeschreibung

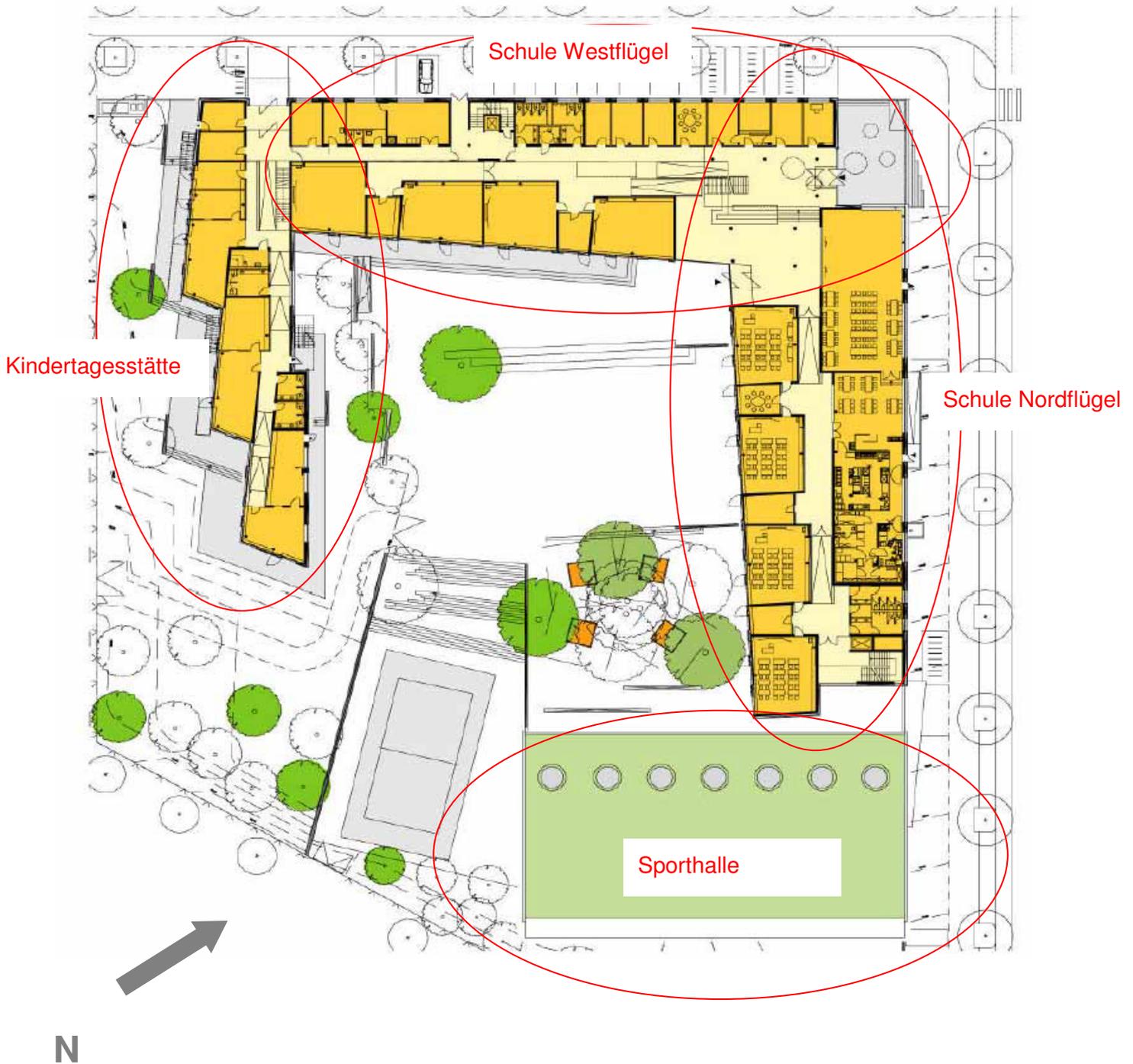
1.1 Allgemeine Projektinformationen		
TEK Gebäudebewertung _ 1. Testlauf		
Gebäude	Eigentümer	Energieberatung
Grundschule Riedberg + Turnhalle und Kindertagesstätte Zur Kalbacher Höhe 15 60438 Frankfurt am Main	Stadtschulamt (40) Seehofstr. 41 60594 Frankfurt am Main	Passivhaus Institut und Energiemanagement HBA Gerbermühlstr. 48 60594 Frankfurt am Main



1.2 Allgemeine Gebäudeeigenschaften			
Gebäudekategorie	Schulen, Kindertagesstätten	en. Qualität Gebäudehülle $H_T$	0,21 W/(m <sup>2</sup> <sub>BTF</sub> K)
Unterkategorie	Grund-, Haupt-, Realschulen, Gymnasium	en. Qualität Lüftung $H_V$	0,10 W/(m <sup>3</sup> /h K)
		Fensterant. (oberirdisch)	34 %
Baujahr Gebäude	2004	Anzahl beheiz. Geschosse	2,2
Energiebezugsfläche	7.785 m <sup>2</sup>	Anzahl der Zonen	8
davon	künst. belichte	Anzahl der RLT-Anlagen	3
	mech. belüftet	Anzahl zentr. Kälteerz.	0
	gekühlt	Anzahl zentr. Wärmeerz.	1
	befeuchtet		
A/V-Verhältnis	0,31 m <sup>-1</sup>		

Abbildung 3-1: Zusammenfassende Darstellung der wichtigsten Gebäudeeigenschaften

Die Passivhausschule wurde 2004 fertig gestellt und besteht aus einem U-förmigen Baukörper der sich nach S/O öffnet. Die Kindertagesstätte befindet sich im linken Flügel, die Grundschule gliedert sich in den Verbindungskörper und den rechten Flügel und beinhaltet eine Schulmensa und einen Mehrzweckraum. Die angrenzende Turnhalle befindet sich im S/O und wurde im Niedrigenergiestandard (EnEV 2004 -45%) errichtet.



**Außenwand:**

Die Stahlbetonkonstruktion mit massiven Außenwänden ist mit einer wärmegeämmten Vorhangfassade bekleidet. Die Vorhangfassade wurde mit einer Dämmstärke von 280 mm Mineralwolle ausgeführt. Die vorgehängte Verkleidung ist hinterlüftet (Spaltweite 20mm). Die Befestigung der Vorhangfassade wurde mittels Edelstahl-U-Profilen auf Thermostopp (8 mm) realisiert. Die Verkleidung aus Eternitplatten auf Konstruktionsvollholz wurde gewählt, um eine robuste Konstruktion der Verkleidung zu erreichen, weil diese bei Schulgebäuden und Kindertagesstätten erfahrungsgemäß erhöhten Belastungen ausgesetzt sind.

**Fenster:**

Der Fenstereinbau in der Dämmebene erfolgte mittels Winkeln auf PU-Recycling-Blöcken. Die Fenster weisen einen Gesamt-U-Wert (inkl. Rahmen) von  $U_w = 0,74\text{W/m}^2\text{K}$  auf.



**Bodenplatte:**

Die Bodenplattendämmung hat für ein hochwärmegeprägtes Gebäude eine relativ geringe thermische Qualität ( $U = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ). Die aussteifenden Betonwände und Säulen gehen ohne thermische Trennung bis auf die Bodenplatte, wobei die Dämmung auf der Bodenplatte liegt. Um diese Dämmung zu optimieren und die Wärmebrückeneffekt abzuschwächen, wurden umlaufenden 2 m tiefe Dämmschürzen ausgebildet. Die Betonteile der Schürzen waren aus statischen Gründen (Lage am Hang) notwendig und konnten so verwendet werden, um den Dämmstoff zu fixieren. Die auftretenden Schubspannungen bei der Hanglage hätten z.B. von einer Schaumglas Dämmung mit Bitumeneinbettung nicht aufgenommen werden können. Daher wurde die möglicherweise kostengünstigere Lösung mit der Verlängerung der sowieso notwendigen Frostschürzen realisiert. Die Trittschalldämmung wurde mit 10 cm Wärmedämmung ergänzt.

Zur Bestimmung der Wirksamkeit der Dämmschürzen wurden an zehn Punkten Erdreichtemperaturen gemessen.

**Ergebnis:** Durch den Einsatz der Dämmschürze ergibt sich eine Verbesserung des U-Wert für die Bodenplatte von  $-0,22 \text{ W}/\text{m}^2 \text{ K}$ . Daraus resultiert ein gesamt U-Wert  $_{\text{Bodenplatte}}$  von  **$0,13 \text{ W}/\text{m}^2 \text{ K}$** .



### **Wärmebereitstellung:**

Die Beheizung des Gebäudes erfolgt über zwei kaskadierte Holzpelletkessel mit automatischer Pelletförderung aus einem Lagerbunker neben dem Heizraum (im 2.UG). Die Kessel verfügen über je 60 kW Leistung. Die Räume werden - abweichend vom „klassischen“ Passivhauskonzept - einzeln über kleine Heizkörper beheizt.



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

### **Sommerlicher Wärmeschutz:**

Zur Realisierung einer ausreichenden „freien“ Sommerlüftung sind die Klassenräume mit je zwei Lüftungsklappen ausgerüstet. Bei „Übertemperatur“ im Sommer (innen 2 K wärmer als außen) und wenn es die Wetterbedingungen (Wind/Regen) erlauben, werden die Klappen in den Räumen und die RWA-Klappen des Gebäudes außerhalb der Nutzungszeit automatisch geöffnet. Dadurch kann Wärme abgeführt werden. Die Außenverschattung des Gebäudes (Jalousien) wird im Sommer tagsüber nur so weit geschlossen, dass noch Tageslichtnutzung möglich ist. Außerhalb der Nutzungszeit sollen sie im Sommer auch geschlossen gehalten werden.



## Luftdichtheit:

Die Luftdichtheit des Gebäudes wurde mittels Luftdichtheitsmessung nach Fertigstellung des Rohbaus und aller an der luftdichten Hülle tangierenden Arbeiten überprüft. Das Endergebnis der Messung betrug **n50 = 0,46 1/h**. Der Passivhausgrenzwert für die Luftdichtheit von  $n50 = 0,6$  1/h wurde damit unterschritten.

->Hinweis: Eine bessere Luftdichtigkeit als der vorgegebene Wert von 0,6 1/h konnte im TEK Tool nicht berücksichtigt werden.



## Lüftung:

Insgesamt wird dem Gebäudekomplex über zentrale Lüftungsanlagen ein Nennvolumenstrom über 20.000m<sup>3</sup>/h im intermittierenden Betrieb zu,- und abgeführt. Der tatsächliche Wärmebereitstellungsgrad der Lüftungsanlagen wurde anhand der aufgeführten Werte im späteren Betrieb ermittelt.

Daten: Mo. bis Fr, 8:00 bis 18:00 ohne Ferienzeiten Vp > 500 m <sup>3</sup> /h	Abluft		Fortluft	
	Rel. Luftfeuchte [%]	Temperatur [°C]	Rel. Luftfeuchte [%]	Temperatur [°C]
<b>Mittelwert Winter</b> (1.10.05 bis 30.4.06)	35,7	20,4	60,0	8,6
<b>Mittelwert Kernwinter</b> (1.11.05 bis 28.2.06)	33,4	19,8	64,3	5,6
<b>Minimalwert</b>	22,7	17,9	20,5	1,0
<b>Maximalwert</b>	59,4	22,6	77,9	22,7

Es ergab sich aus den Messdaten (Stundenmittel) ein Wert von  $\eta = 84,2$  %, für den Kernwinter (Dezember und Januar).

->Hinweis: Eine höhere Wärmerückgewinnung als der vorgegebene Wert von 75% konnte im TEK Tool nicht berücksichtigt werden.

Die Stromeffizienz der Lüftungsanlagen ist ein wesentliches Kriterium für das energetische Konzept insbesondere von Schulgebäuden, da hier im Vergleich zum Wohnungsbau deutlich höhere Volumenströme benötigt werden. Das Stromeffizienzkriterium wird bei im Winter 2005/2006 mit **0,43 Wh/m<sup>3</sup>** eingehalten (Passivhauskriterium: max. 0,45 Wh/m<sup>3</sup>).

### Warmwasser:

Die Warmwassererzeugung erfolgt nur für die im Nordteil der Schule gelegenen Zapfstellen (Küche, Waschbecken, Putzräume) und für die Turnhalle (Duschen, Waschbecken, Putzräume).

### Nutzungszeiten:

Die normalen Nutzungszeiten des **Schul,- und KiTa** Betriebs sind:

**Mo. –Fr. von 07:00 Uhr – 16:00 Uhr.**

Die **Küche** stellt zusätzlich zu den Mahlzeiten für die GS Riedberg auch Essen für umliegende Schulen her. Insgesamt 2100 Essen/Woche **auch außerhalb der Schulzeit** für Hortkinder.

Nutzungszeiten: **Mo. – Fr. von 07:00 Uhr – 16:00 Uhr.**

Die Schulküche der GS Riedberg wurde nach Aussage des Schulhausverwalters erst 2008 in Betrieb genommen. Die Anzahl der Essen wurde in der Berechnung wie folgt berücksichtigt:

Während der Schulzeit -> 39 Wochen/a -> 2.100 Essen/Woche

Außerhalb der Schulzeit -> 11 Wochen/a -> 525 Essen/Woche (1/4)

Geschlossen -> 2 Wochen/a

= über das Jahr ergeben sich so im Durchschnitt ->87.675 Essen/a -> **1.680 Essen/w**

gemessener Stromverbrauch (Zählerab-lesung –E2)	2005*	2006*	2007	2008**	2009	2010	
Küche Gesamt	10.040	6.201	25.580	55.040	56.760	66.800	kWh

Daraus ergeben sich folgende Größenordnungen für den Strombedarf pro Essen:

1.680 Essen/Woche				0,62	0,64	0,76	kWh/Essen
-------------------	--	--	--	------	------	------	-----------

\*Ablesung unvollständig

\*\*Küchenbetrieb wurde erst 2008 aufgenommen

->**Hinweis: Der berechnete Strombedarf wird in keinem Verhältnis zum tatsächlichen Verbrauch abgebildet. Die Ursache hierfür konnte nicht gefunden werden. Nähere Erläuterung siehe S.21**

Die **Turnhalle** wird außerhalb des Schulbetriebs von Vereinen mit genutzt, aber nicht in den Ferien. Nutzungszeiten: **Mo. – So. von 08:00 Uhr – 22:00 Uhr**

## 4 Bewertung des Ist-Zustandes

Im Folgenden wird der Ist-Zustand des Gebäudes unter energetischen Gesichtspunkten bewertet. Zur energetischen Bewertung werden zunächst die Verbrauchskennwerte des Gebäudes für Brennstoff bzw. Nah-/Fernwärme (im Weiteren vereinfacht als Brennstoff bezeichnet) sowie für elektrische Energie den Vergleichswerten der EnEV 2009 für bestehende Gebäude [3] gegenübergestellt (Abschnitt 1) und der zeitaufgelöste Lastgang des Gebäudes analysiert (Abschnitt 0). Nach dieser ersten Grobbewertung erfolgt eine Bewertung der Effizienz auf der Grundlage einer Bilanzberechnung (Abschnitt 4.2.2). Um die Realitätsnähe der Berechnung zu überprüfen, werden dabei zunächst die Berechnungsergebnisse den gemessenen Verbräuchen gegenübergestellt (Abschnitt 4.2.1).

### 4.1 Gemessene Verbrauchsdaten

Für die Verbrauchsanalyse werden die folgenden Verbrauchsdaten des Gebäudes herangezogen: Brennstoff bzw. Nah-/Fernwärme)

- Monatliche Verbrauchsdaten des Pelletbezugs für den Zeitraum von 2005 bis 2010

->Hinweis: In der Berechnung wurde nur der Zeitraum von **2007 bis 2010** berücksichtigt, da die Werte aus den vorangegangenen Jahren nicht vollständig vorlagen.

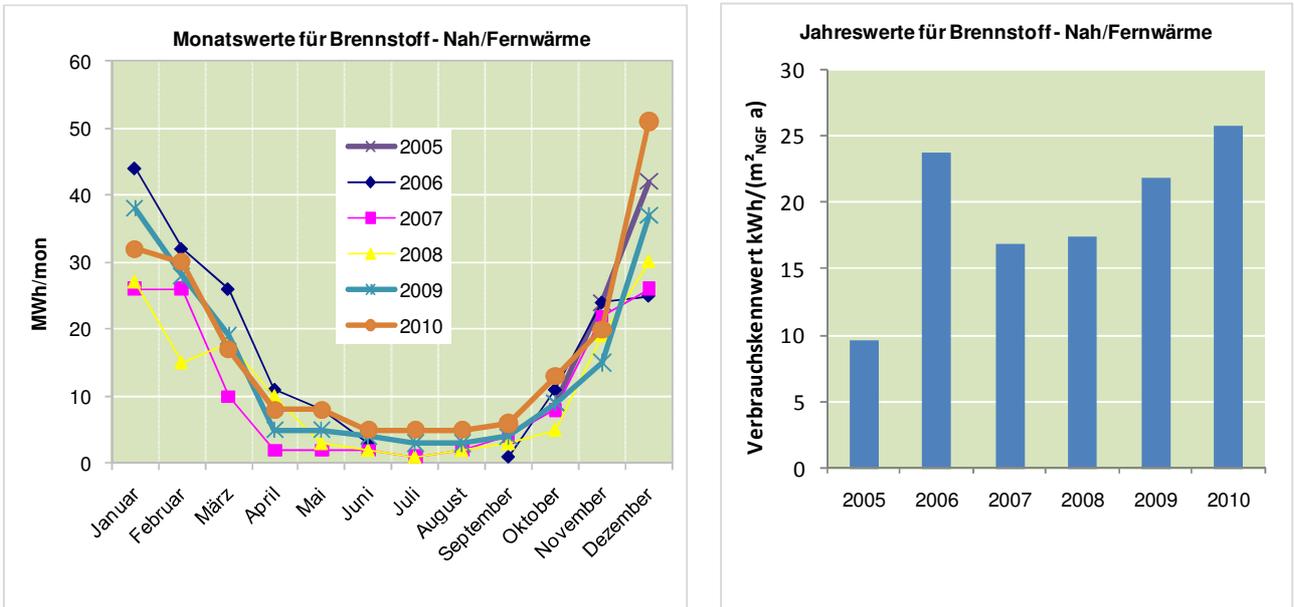
Die Daten wurden einer Klimabereinigung gemäß [3] unterzogen.

Elektrische Energie

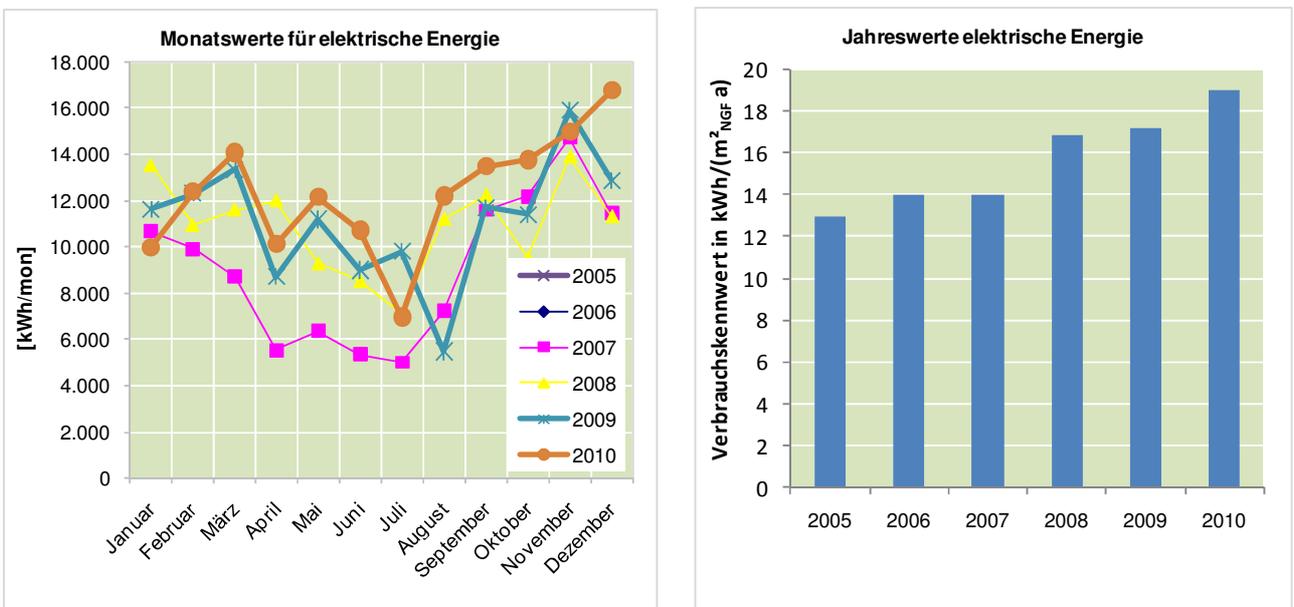
- Monatliche Verbrauchsdaten des Elektrizitätsbezugs für den Zeitraum von 2005 bis 2010

->Hinweis: In der Berechnung wurde nur der Zeitraum von **2008 bis 2010** berücksichtigt, da sich der Stromverbrauch ab 2008 um mehr als 22.000 kWh/a erhöht hat. Dies ist darauf zurück zu führen, dass der Küchenbetrieb erst 2008 aufgenommen wurde.

Die Abbildung 4-1 und Abbildung 4-2 zeigen die Monatsverläufe sowie Jahreswerte der bereinigten Verbrauchskennwerte für die ausgewerteten Jahre.

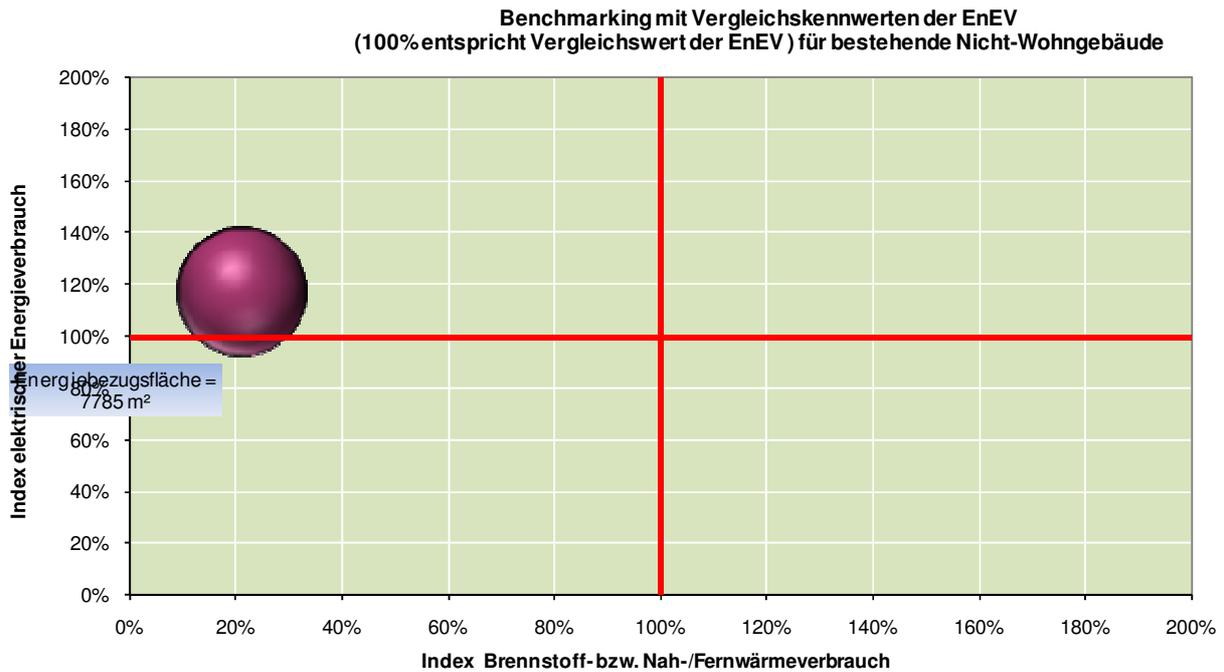


**Abbildung 4-1: Witterungsbereinigte Monats- und Jahresverbräuche für Brennstoff bzw. Nah-/Fernwärme der letzten 6 Jahre)**



**Abbildung 4-2: Monatsverbräuche elektrischer Energie der letzten 5 Jahre**

Die Jahresmittelwerte für Brennstoff bzw. Nah-/Fernwärme sowie elektrische Energie sind in Abbildung 4-3 den Vergleichswerten der vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung veröffentlichten Bekanntmachung „Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand“ [3] gegenübergestellt. Der Ist-Verbrauch des untersuchten Gebäudes ist dabei als Prozentwert der Referenzwerte angegeben, d. h. die Referenzwerte entsprechen 100 %.



**Abbildung 4-3: Bewertung des gemessenen Energieverbrauchs durch Vergleich mit den Referenzwerten der [Bekanntmachung 2009] (entsprechend dem Wert 100 %)**

Der spezifische Verbrauch der elektrischen Energie liegt geringfügig über den EnEV 2009-Werten. Dies ist wahrscheinlich darauf zurück zu führen, dass der gesamte Gebäudekomplex inkl. KiTa, Sporthalle und Schulmensa als ein Gebäude betrachtet wurde.

Die Verbräuche der Heizenergie liegen wie vermutet weit unter den EnEV 2009-Werten und sind auf die Ausführung in Passivhausqualität zurück zu führen.

## Lastganganalysen

Neben den Monats- bzw. Jahresverbräuchen werden im Folgenden zeitlich hochaufgelöste Verbrauchsdaten analysiert. Für die Lastganganalysen standen folgende Verbrauchsdaten des Gebäudes zur Verfügung:

### Elektrische Energie

- ¼ Stunden Verbrauchswerte aus der automatischen Verbrauchserfassung (Heidec-Sol)  
-> hierbei handelt es sich um den gesamt Strombedarf der Schulküche

### Lastganganalyse elektrische Energie

Abbildung 4-4 zeigt das Wochenprofil des elektrischen Energieverbrauchs. Die orangene Linie stellt den Mittelwert aller ausgewerteten Wochen dar, die die grauen Linien den Maxi- und Minimalwert. In Abbildung 4-5 ist die numerische Auswertung der Lastganganalyse aufgeführt. Dargestellt sind Kennwerte bezogen auf den gesamten ausgewerteten Zeitraum, die Nutzungszeit und die Standby-Zeit (außerhalb der Nutzungszeit).

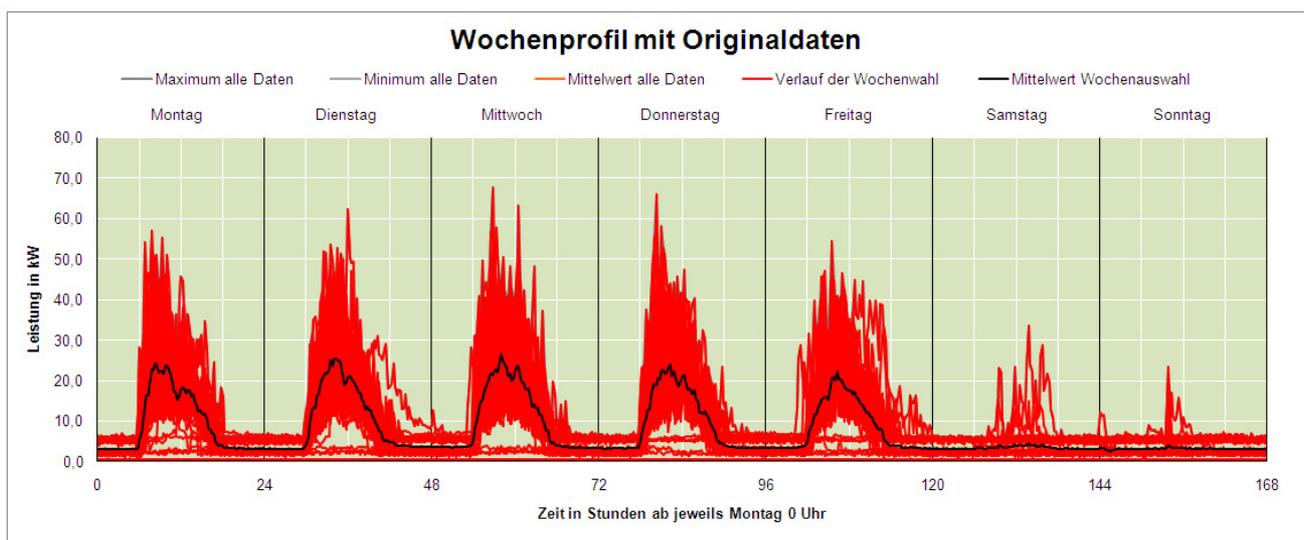


Abbildung 4-4: Wochenprofile des elektrischen Energieverbrauchs

Gesamter Zeitraum		
	absolut [kW]	spezifisch [W/m <sup>2</sup> ]
Maximale Leistung	67,7	564,00
Minimale Leistung	0,5	4,00
Mittlere Leistung	7,8	64,66

Verhältnis Standby zu Gesamtzeit [%]	
Zeit	73,2%
Leistung	51,8%
Verbrauch	37,9%

Nutzungszeit		
Dauer	45 h/woche	
	absolut [kW]	spezifisch [W/m <sup>2</sup> ]
Maximale Leistung	67,7	564,00
Minimale Leistung	0,5	4,00
Mittlere Leistung	18,0	149,90

Verhältnis Standby zu Nutzungszeit [%]	
Zeit	273,3%
Leistung	22,3%
Verbrauch	61,0%

Standbyzeit		
Dauer	123 h/woche	
	absolut [kW]	spezifisch [W/m <sup>2</sup> ]
Maximale Leistung	2,4	20,00
Minimale Leistung	0,6	5,33
Mittlere Leistung	4,0	33,47

**Abbildung 4-5: Auswertung des elektrischen Energieverbrauchs in der Nutzungszeit und der Standby-Zeit des Gebäudes**

Aus dem Diagramm geht hervor, dass die Grundlast in zwei Linien abgebildet wird. Eine Grundlastlinie verläuft im Bereich von ca. 2,5 kW, die zweite Grundlastlinie im Bereich von ca. 5,0 kW. Die Nachtabschaltung der Technischen Anlagen erfolgt kontinuierlich. An den Wochenenden bzw. außerhalb der Betriebszeiten fällt die Leistung auf einen sehr niedrigen Wert ab, wodurch ein optimierter, nutzerbezogener Betrieb bestätigt wird. Insgesamt sind die Leistungswerte auf sehr niedrigem Niveau.

## 4.2 Rechnerische Bilanzierung des Energieaufwandes des Gebäudes

Um die Struktur des Energieverbrauchs des Gebäudes zu analysieren und Schwachstellen zu identifizieren, wird dieser über eine Energiebilanzberechnung nachvollzogen. Die Berechnung wird in Anlehnung an die DIN V 18599 durchgeführt, wobei unterschiedliche Vereinfachungen und Modifikationen bei der Berechnung vorgenommen wurden [4].

Eine Dokumentation der wichtigsten Eigenschaften und Randbedingungen des Berechnungsmodells ist im Abschnitt 11 zu finden.

### 4.2.1 Vergleich der Berechnung mit dem gemessenen Verbrauch

Um zu überprüfen, wie gut das Berechnungsmodell den tatsächlichen Verbrauch des Gebäudes abbildet, werden zunächst in Abbildung 4-6 die berechneten Energiebedarfskennwerte (siehe Abschnitt 12) den gemessenen Energieverbrauchskennwerten (siehe Abschnitt 1) gegenübergestellt (Endenergieebene). Die Farblgende zur Grafik sowie die Zahlenwerte sind in der Tabelle rechts dargestellt. Die Gebäudesummen als Kennwerte in kWh/(m<sup>2</sup>a) sowie als Absolutwert in MWh/a sind in der Tabelle unten links aufgeführt. Die letzte Zeile dieser Tabelle zeigt das Verhältnis von berechnetem Bedarf zu gemessenem Verbrauch fb/v.

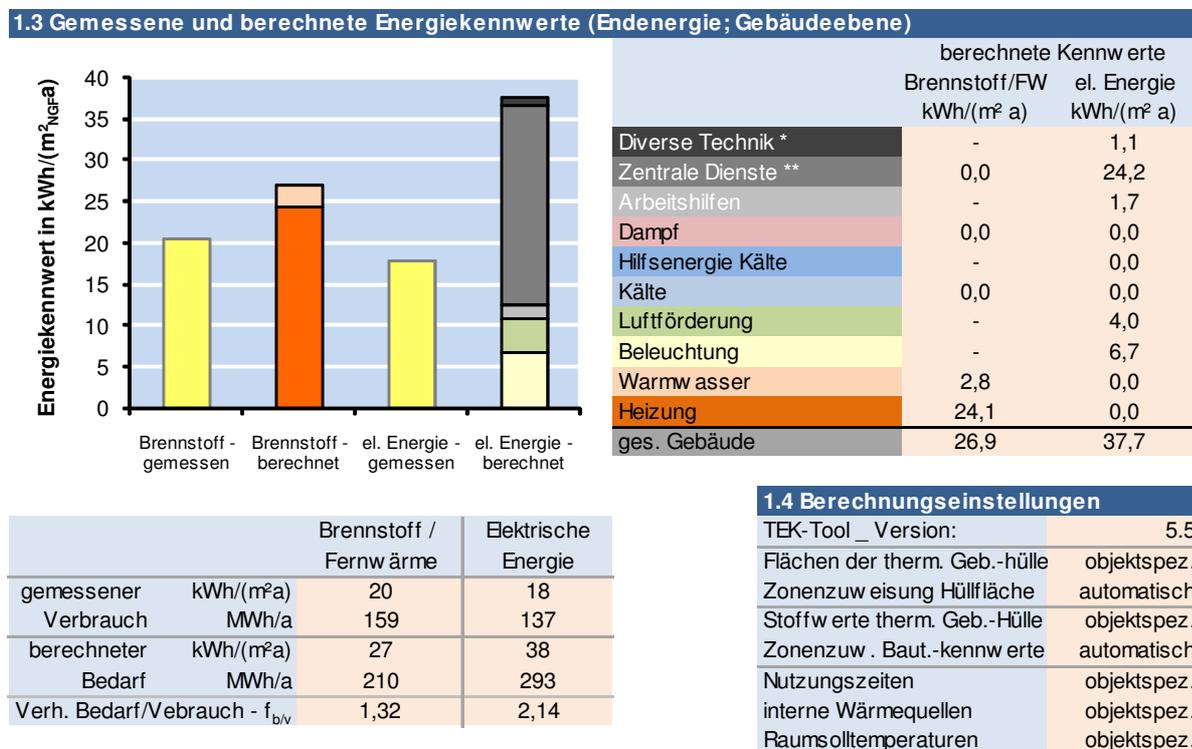


Abbildung 4-6: Vergleich von gemessenem Verbrauch und berechnetem Bedarf

Bei dem berechneten Gebäude handelt es sich um ein neuwertiges Gebäude im Passivhausstandard. Es verfügt über einen rundherum hochwertigen Wärmeschutz, eine besonders luftdichte Gebäudehülle, 3-fach Wärmeschutzverglasung, Lüftungsanlagen mit >75% WRG und über eine qualitativ hohe technische Gebäudeausstattung.

Die berechneten Verbrauchswerte bezogen auf den Brennstoff weichen zwar um ca. **40%** von den gemessenen Brennstoffverbrauchswerten ab, hierbei handelt es sich jedoch nur um eine scheinbar hohe Abweichung, da durch den insgesamt sehr niedrigen Verbrauch, jegliche Abschweifungen (hier: ca. 7 kWh/m²a) unverhältnismäßig hohe Prozentzahlen ergeben.

Bei den Verbrauchswerten der elektrischen Energie verhält es sich anders. Hier ergeben sich exorbitante Abweichungen zwischen den tatsächlichen (18kWh/m²a) und gemessenen Verbrauchswerten (38 kWh/m²a).

Dies steht im Zusammenhang mit der Essensanzahl der Schulkantine. Nimmt man die Essensanzahl der Schulküche aus der Berechnung heraus ergeben sich nur noch marginale Differenzen.

**Zum Vergleich:** Ohne Berücksichtigung der Essen -> ca. 16 kWh/m²a

Mit Berücksichtigung der Essen -> ca. 38 kWh/m²a

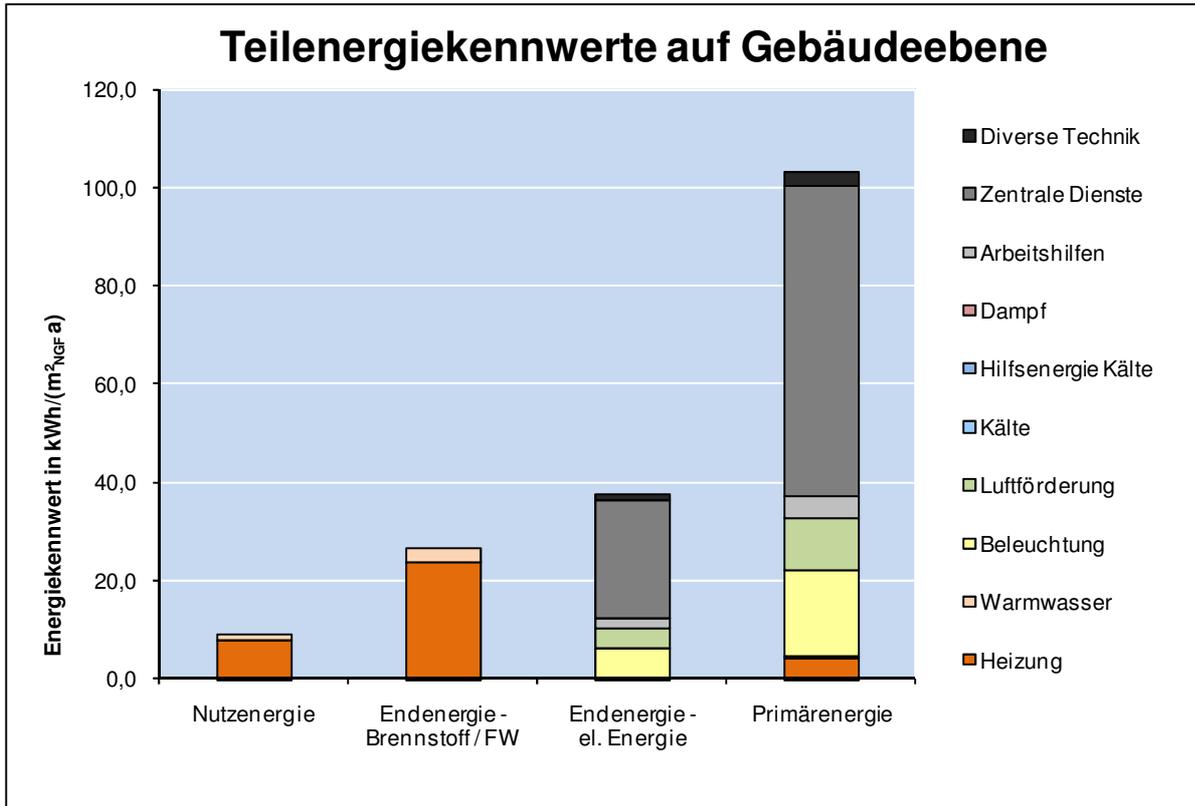
gemessen: ca. 18 kWh/m²a (inkl. Küche)

#### 4.2.2 Berechnete Energiekennwerte

Auf der Grundlage der Energiebilanzberechnung wird in Tabelle 4-1 und Abbildung 4-7 die Entwicklung des Energiebedarfs von der Nutzenergie über die Endenergie (unterschieden nach Brennstoff und elektrischer Energie) bis zur Primärenergie für die unterschiedlichen Gewerke (Heizung bis Diverse Technik) dargestellt werden. In der letzten Spalte von Tabelle 4-1 sind ergänzend die CO<sub>2</sub>-Emissionen in kg/(m²a) differenziert nach Gewerken und für das gesamte Gebäude dargestellt.

1.5 Teilenergiekennwerte und CO <sub>2</sub> -Emissionen auf Gebäudeebene						
	Nutzenergie		Endenergie		Primär-energie	CO <sub>2</sub> -Emission kg/(m² a)
	Zonen/RLT	Erzeuger	Brennstoff kWh/(m² a)	el. Energie		
Heizung	8,0	14,9	24,1	0,0	4,5	0,8
Warmwasser	1,3	1,7	2,8	0,0	0,5	0,1
Beleuchtung	-	-	-	6,7	17,4	4,2
Luftförderung	-	-	-	4,0	10,4	2,5
Kälte	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hilfsenergie Kälte	-	-	-	0,0	0,0	0,0
Dampf	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0
Arbeitshilfen	-	-	-	1,7	4,4	1,1
Zentrale Dienste	-	-	0,0	24,2	63,0	15,3
Diverse Technik	-	-	-	1,1	2,8	0,7
gesamt	9,3	16,6	26,9	37,7	103,0	24,8

**Tabelle 4-1: Teilenergiekennwerte und Bewertung für den Ist-Zustand**



**Abbildung 4-7: Teilenergiekennwerte für den Ist-Zustand**

Der Beitrag der einzelnen Gewerke zum Gesamtprimärenergiebedarf des Gebäudes sowie die TEK- Effizienzbewertung in die fünf Energieaufwandsklassen:

Sehr hoch

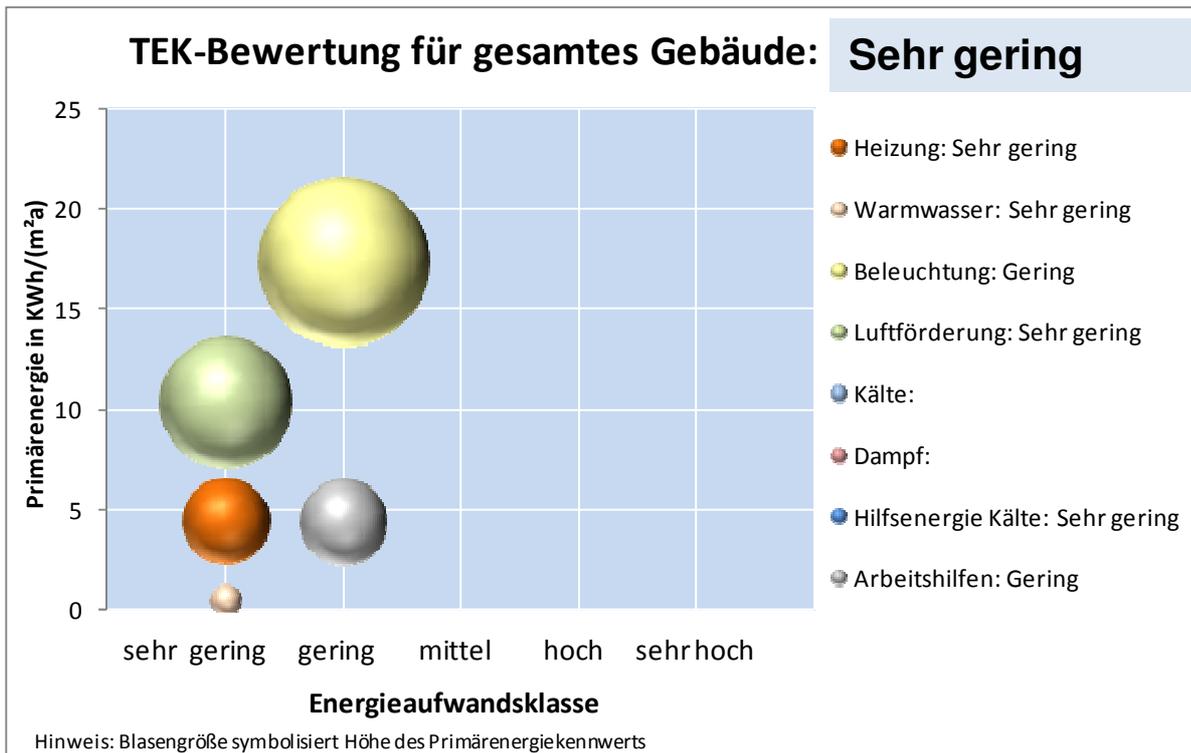
Hoch

Mittel

Gering

Sehr gering

(siehe [4]) ist in Abbildung 4-8 dargestellt. Bei der Teilenergiekennwertbewertung werden die Energiebedarfe der Gewerke auf Zonenebene mit typischen tabellierten Teilenergiekennwerten verglichen (siehe Abschnitt 10). Diese Bewertung wird von der Zonenebene (Abschnitt 10) über die Nutzungseinheit (Abschnitt 9) bis auf die Gebäudeebene aggregiert (siehe Abbildung 4-8). Die gewerkebezogene Bewertung auf Gebäudeebene wird dann zu einer Gesamtbewertung des Gebäudes zusammengefasst. Ausgeklammert bei dieser Bewertung werden die Gewerke „Zentrale Dienste“ und „Diverse Technik“, da für diese beiden keine sinnvollen Benchmarks gebildet werden können.



**Abbildung 4-8: Beitrag der Gewerke zum Gesamtprimärenergiebedarf des Gebäudes und TEK-Effizienzbewertung**

Durch den hohen energetischen Standard der Gebäudehülle und den hohen Anforderungen an die Technik erreicht das Gebäude in allen Bereichen sehr niedrige Verbrauchswerte. Da der Heizwärmebedarf in Passivhäusern so gering ist ( $< 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ) dominieren meist andere Verbraucher wie Warmwasser und Beleuchtung. Für die Grundschule Riedberg hat sich dies nicht bestätigt, da Warmwasser nur für die Duschen der Sporthalle und die Küche bereitgestellt wird.

Trotz des bereits geringen Bedarfs an Beleuchtungsstrom werden hier in Kürze Vorkehrungen getroffen um den Verbrauch auf das notwendigste zu reduzieren.

Besonders fällt der sehr niedrige Energieverbrauch für die Luftförderung auf. Dies ist auf die Vorgaben des Passivhausstandards zurück zu führen, dass der gesamte Strombedarf der Lüftungsanlage  $0,45 \text{ Wh/m}^3$  nicht überschreiten darf. Zudem ist die Lüftung nur während der Heizperiode in Betrieb. Im Sommer erfolgt die Lüftung über die Fenster.

## 5 Gebäudeanalyse über Teilenergiekennwertbewertung

Da es sich bei dem untersuchten Gebäude um ein neuwertiges Gebäude im Passivhausstandard handelt und im Vergleich zu herkömmlichen Gebäuden nur etwa 10% der Heizenergie benötigt und auch die Verbräuche hinsichtlich der Warmwasserbereitstellung, Beleuchtung und Luftförderung bereits sehr gering sind, können an dieser Stelle keine wirtschaftlichen Modernisierungsempfehlungen gegeben werden. Dennoch haben sich nach der Untersuchung vor Ort 2 Handlungsempfehlungen für den Betrieb der Schule ergeben.

### **Aus den Untersuchungen können folgende Handlungsempfehlungen abgeleitet werden:**

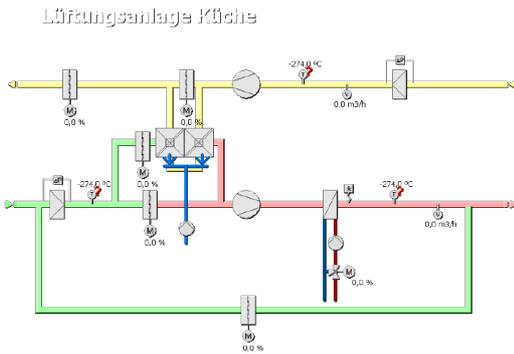
Um den Strombedarf für die Beleuchtung der Verkehrsflächen und der Sporthalle trotz geringer Gesamtverbräuche weiter zu reduzieren, wurde in den Verkehrsflächen jede 2. Leuchte außer Betrieb genommen.

Die Sporthalle verfügt derzeit nur über einen ON/OFF Schalter, darüber wird die gesamte Hallenbeleuchtung aktiviert/deaktiviert. Sie erhält in Kürze einen Funktionstaster durch den je nach Bedarf und Nutzung nur Teilbereiche der Beleuchtung aktiviert werden können.

## 6 Durchgeführte Messungen

Die technisch hochwertig ausgestattete Liegenschaft verfügt wie oben beschrieben über eine Vielzahl von Lüftungsanlagen, für die Kurzzeitmessung wurde die Anlage der Küchenlüftung herangezogen.

Es handelt sich dabei um die Anlage 04 - Küche



Prognose Luftförderung				Grundschule Riedberg	
<b>Messwerte:</b>					
Datum	Zeit	Energieverbrauch Luftförderung kWh/d	Schultag ja/nein		
01.01.2011	00:00:01	1,00	nein		
02.01.2011	00:00:01	2,00	nein		
03.01.2011	00:00:01	28,00	ja	Ferien, aber Schulküche auch außerhalb der Schulnutzung in Betrieb	
04.01.2011	00:00:01	27,00	ja		
05.01.2011	00:00:01	35,00	ja		
06.01.2011	00:00:01	36,00	ja		
07.01.2011	00:00:01	33,00	ja		
08.01.2011	00:00:01	2,00	nein		
09.01.2011	00:00:01	2,00	nein		
10.01.2011	00:00:01	35,00	ja	1. Schultag nach den Weihnachtsferien	
11.01.2011	00:00:01	35,00	ja		
12.01.2011	00:00:01	33,00	ja		
13.01.2011	00:00:01	46,00	ja		
14.01.2011	00:00:01	71,00	ja		
15.01.2011	00:00:01	77,00	nein	Veranstaltung?	
16.01.2011	00:00:01	73,00	nein	Veranstaltung?	
17.01.2011	00:00:01	76,00	ja		
18.01.2011	00:00:01	77,00	ja		
19.01.2011	00:00:01	55,00	ja		
20.01.2011	00:00:01	34,00	ja		
21.01.2011	00:00:01	35,00	ja		
22.01.2011	00:00:01	2,00	nein		
23.01.2011	00:00:01	2,00	nein		
24.01.2011	00:00:01	34,00	ja		
25.01.2011	00:00:01	35,00	ja		
26.01.2011	00:00:01	33,00	ja		
27.01.2011	00:00:01	36,00	ja		
28.01.2011	00:00:01	37,00	ja		
14.01.2011		35,43			



Die Messungen lassen die komplette Abschaltung an den Wochenenden erkennen.  
Aus den gemessenen Tagesverbräuchen errechnete das Excel-Tool: einen Jahresverbrauch von **12.931 kWh/a.**

#### Prognosen

Energieverbrauch	12931 kWh/Jahr
Luftförderung	107,76 kWh/m <sup>2</sup> Jahr

In der TEK-Tool-Berechnung wurde die Küchenlüftung für die Zone Küche einzeln erfasst, somit lässt sich der Jahresverbrauch ermitteln. In der TEK-Tool-Berechnung beläuft sich der Jahresverbrauch auf insg. **16.416 kWh/a.**

## Anhang – Literatur

- [1] Knissel, Jens und Hörner, Michael: Bewertung des Stromeinsatzes in Nicht-Wohngebäuden mit der Teilkennwertmethode; HLH Bd. 56, Dez. 2005, S. 66-70
- [2] VDI 3807-4: VDI 3807-4:2008-08 Energie- und Wasserverbrauchskennwerte für Gebäude, Teilkennwerte elektrische Energie; Beuth Verlag, Berlin 2008
- [3] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand; Berlin, 2009
- [4] Knissel, Jens: Berechnungsgrundlagen des TEK-Tools; Teilbericht im Rahmen des Forschungsprojekts „Teilenergiekennwerte von Nicht-Wohngebäuden“ (FKZ :03274331J) gefördert vom BMWi/PTJ; Darmstadt 2011
- [5] Messtechnische Analyse Grundschule Riedberg:  
verfügbar unter [www.energiemanagement.stadt-frankfurt.de](http://www.energiemanagement.stadt-frankfurt.de)

## 7 Anhang: Datenerhebung

### 7.1 Vom Eigentümer zur Verfügung gestellte Unterlagen

Von der untersuchten Liegenschaft liegen Pläne vor, allerdings ist eine Vollständigkeit nicht gegeben. Dies betrifft vor allem die Technische Seite.

Parallel zur Planung, Ausführung und dem späteren Betrieb der Liegenschaft wurden umfangreiche Messungen und ausführliche Untersuchungen durchgeführt. Die Angaben zu den Technischen Anlagen und der Gebäudehülle wurden der PPHP-Berechnung, der Gesamtkostenberechnung der Stadt Frankfurt am Main, dem Bericht zur Messtechnischen Begleitung entnommen und teilweise vor Ort ermittelt.

Beschreibung	Aktualität (- / 0 / +)	Bemerkung
<input checked="" type="checkbox"/> Architektenpläne <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> bemaßte Grundrisse, 1:200</li> <li><input type="checkbox"/> bemaßte Schnitte, 1:200</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Ansichten</li> </ul>	+	
<input checked="" type="checkbox"/> Baubeschreibung	+	-
<input checked="" type="checkbox"/> EnEV-Nachweis oder Vergleichbares zum Bauantrag/Baufertigstellung	+	-
<input type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Raumbuch, Flächenangaben</li> <li><input type="checkbox"/> Angaben für Gesamtgebäude nach Kategorien DIN 277</li> <li><input type="checkbox"/> Angaben geschossweise</li> <li><input type="checkbox"/> Angaben nach Nutzungszonen</li> </ul>		-
<input checked="" type="checkbox"/> Technische Unterlagen Gebäudehülle <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Bauteilkatalog</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Sonstiges</li> </ul>	+	
<input checked="" type="checkbox"/> Technische Unterlagen Wärmeversorgungsanlagen <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Schemata</li> <li><input type="checkbox"/> Anlagen- und Funktionsbeschreibung</li> <li><input type="checkbox"/> Darstellung der Versorgungsbereiche im Grundriss</li> </ul>	+	Anlagen und Funktionsbeschreibung
<input type="checkbox"/> Technische Unterlagen Kälteversorgungsanlagen	+	Anlagenbeschreibung vorhanden

lagen <input type="checkbox"/> Schemata <input type="checkbox"/> Anlagen- und Funktionsbeschreibung <input type="checkbox"/> Darstellung der Versorgungsbereiche im Grundriss		den und genutzt für Name des Kompressors
<input checked="" type="checkbox"/> Technische Unterlagen RLT-Anlagen <input checked="" type="checkbox"/> Schemata <input type="checkbox"/> Anlagen- und Funktionsbeschreibung <input type="checkbox"/> Lüftungsgesuch <input type="checkbox"/> Abnahmemessungen <input type="checkbox"/> Darstellung der Versorgungsbereiche im Grundriss	+	Sehr gute Dokumentation vorhanden, genutzt: RLT-Schema, Komponentenbeschreibung Ventilatoren
<input type="checkbox"/> Technische Unterlagen Beleuchtungsanlage <input type="checkbox"/> Anlagen- und Funktionsbeschreibung <input type="checkbox"/> Darstellung der Versorgungsbereiche im Grundriss		Nicht gesucht, da nicht gebraucht
<input type="checkbox"/> Wartungsunterlagen <input type="checkbox"/> Verträge <input type="checkbox"/> Protokolle		Vermutlich vorhanden, nicht gebraucht
<input type="checkbox"/> Sonstige Unterlagen		Bestandsaufnahme Schmidt-Reuter

## 7.2 Annahmen aufgrund fehlender Daten

*Auflistung der wesentlichen fehlenden Daten und Angabe zu den hierfür getroffenen Annahmen.*

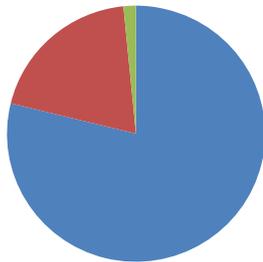
Nr.	Größe	Angenommene Ausprägung	Bemerkung

## **8 Anhang: Weitere Analysen zum Lastgang des Gebäudes**

*Weitere Analysen bzw. Auswertungen, die in Bezug auf den Lastgang durchgeführt wurden. Abbildung sind in diesem Kapitel manuell einzufügen*

## 9 Anhang: TEK – Bewertung je Nutzungseinheit

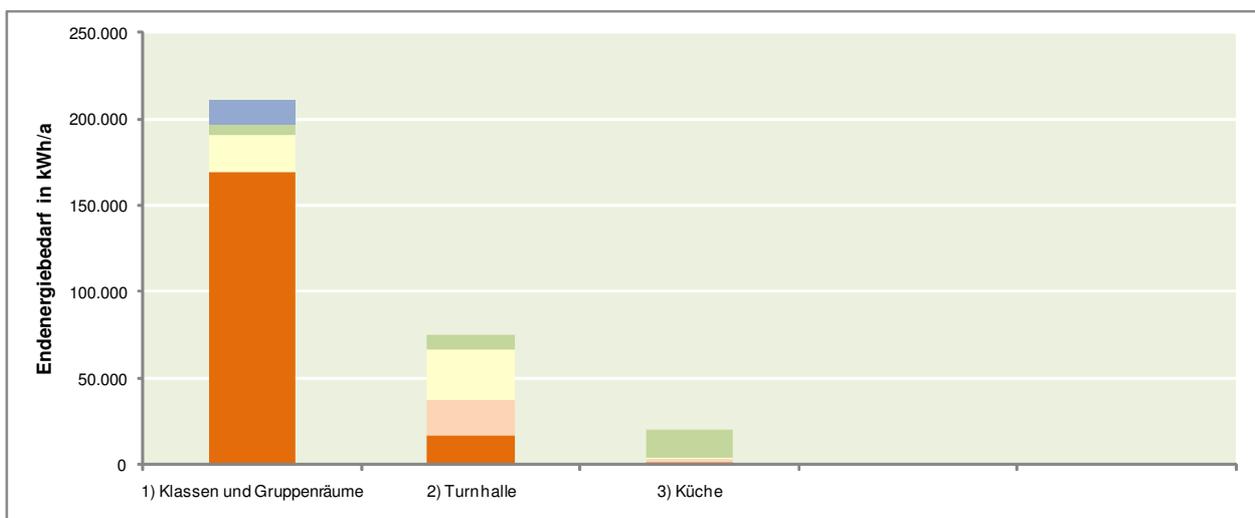
### 2.1 Flächen der Nutzungseinheiten



- 1) Klassen und Gruppenräume
- 2) Turnhalle
- 3) Küche
- 3) Küche

	Fläche m²	Anteil an beh. NGF
1) Klassen und Gruppenräume	6.135	79%
2) Turnhalle	1.530	20%
3) Küche	120	2%
	7.785	100%

### 2.2 Endenergiebedarf der Gewerke je Nutzungseinheit



### 2.3 Teilenergiekennwertbewertung je Nutzungseinheit

Bezeichnung	1) Klassen und Gruppenräume		2) Turnhalle		3) Küche		#WERT!		#WERT!		
	Fläche der Nutzungseinheit	6135 m²	1530 m²	1530 m²	120 m²	120 m²	TEK-Bew. ert.	PE-Kennw. ert.	TEK-Bew. ert.	PE-Kennw. ert.	
		TEK-Bew. ert.	PE-Kennw. ert.	TEK-Bew. ert.	PE-Kennw. ert.	TEK-Bew. ert.	PE-Kennw. ert.	TEK-Bew. ert.	PE-Kennw. ert.	TEK-Bew. ert.	PE-Kennw. ert.
		-	kWh/(m²a)	-	kWh/(m²a)	-	kWh/(m²a)	-	kWh/(m²a)	-	kWh/(m²a)
Arbeitshilfen	Mittel	2		0		0					
Dampf		0		0		0					
Kälte		0		0		0					
Luftförderung	Sehr gering	1		Sehr gering	5	Mittel	137				
Beleuchtung	Gering	3		Mittel	19	Gering	7				
Warmwasser		0		Sehr gering	13	Sehr gering	13				
Heizung	Sehr gering	28		Sehr gering	11	Sehr gering	16				

Abbildung 9-1: Bewertung je Nutzungseinheit

## 10 Anhang: TEK – Bewertung auf Zonenebene

3.1 Heizung										
Nr. und Name	Std.-nutzung	Fläche m²	Nutz.- einheit	Ist-Wert Zone (Endenergie)				Vergleichswert - gering		
				TEK-Bewert.	kWh/(m²a)	W/m²	h/a	kWh/(m²a)	W/m²	h/a
1) Verkehrsfläche	19 Verkehrsflä	1.850	1	Sehr gering	27,4	16,2	1.697	529,8	233,5	2.269
2) WC und Sanitärräume	16 WC, Sanitä	255	1	Sehr gering	40,1	29,2	1.372	1140,8	2507,4	455
3) Klassenzimmer und Grup	08 Klassenzim	2.600	1	Sehr gering	28,9	42,1	687	538,0	1840,3	292
4) Schulmensa (Küche)	15 Küche, Lag	120	3	Sehr gering	16,1	262,2	61	742,2	2509,2	296
5) Büro/Verwaltung	01 Einzelbüro	470	1	Sehr gering	24,6	22,9	1.076	484,0	927,4	522
6) Sporthalle EnEV-45%	31 Sporthalle	1.530	2	Sehr gering	11,2	37,9	294	239,0	1016,3	235
7) sonstige Aufenthaltsräu	17 sonstige Au	260	1	Sehr gering	15,3	19,3	795	539,7	1340,0	403
8) Nebenflächen ohne Aufe	18 Nebenfläch	700	1	Sehr gering	24,6	12,7	1.935	548,8	255,1	2.151

Tabelle 10-1: Bewertung auf Zonenebene - Heizung

3.2 Beleuchtung										
Nr. und Name	Std.-nutzung	Fläche m²	Nr. Beleuch- tungsanlage	Ist-Wert Zone (Endenergie)				Vergleichswert - gering		
				TEK-Bewert.	kWh/(m²a)	W/m²	h/a	kWh/(m²a)	W/m²	h/a
1) Verkehrsfläche	19 Verkehrsflä	1.850	2	Gering	1,2	3,4	372	1,5	4,5	334
2) WC und Sanitärräume	16 WC, Sanitä	255	4	Sehr gering	1,0	4,5	226	1,9	9,0	210
3) Klassenzimmer und Grup	08 Klassenzim	2.600	1	Mittel	5,7	6,1	935	4,3	7,9	542
4) Schulmensa (Küche)	15 Küche, Lag	120	1	Gering	7,3	6,1	1.196	5,5	12,2	447
5) Büro/Verwaltung	01 Einzelbüro	470	1	Sehr gering	5,7	6,1	933	22,1	17,2	1.280
6) Sporthalle EnEV-45%	31 Sporthalle	1.530	3	Mittel	19,4	9,8	1.988	14,3	8,1	1.758
7) sonstige Aufenthaltsräu	17 sonstige Au	260	2	Sehr gering	2,9	3,4	873	11,2	9,3	1.200
8) Nebenflächen ohne Aufei	18 Nebenfläch	700	2	Mittel	0,8	3,4	242	0,6	3,0	212

**Tabelle 10-2: Bewertung auf Zonenebene: Beleuchtung**



### 3.3 Luftförderung

Nr. und Name	Std.-nutzung	Fläche m²	Nr. RLT- anlage	Ist-Wert Zone (Endenergie)				Vergleichswert - gering		
				TEK-Bewert.	kWh/(m²a)	W/m²	h/a	kWh/(m²a)	W/m²	h/a
1) Verkehrsfläche	19 Verkehrsflä	1.850	1	Sehr gering	0,0	0,0	810	0,0	0,0	3.250
2) WC und Sanitärräume	16 WC, Sanitä	255	1	Sehr gering	2,1	4,9	432	40,6	12,5	3.250
3) Klassenzimmer und Grup	08 Klassenzim	2.600	1	Sehr gering	2,0	3,3	613	15,0	8,3	1.800
4) Schulmensa (Küche)	15 Küche, Lag	120	2	Mittel	136,8	63,3	2.160	56,3	12,5	4.500
5) Büro/Verwaltung	01 Einzelbüro	470	1	Sehr gering	0,9	1,3	655	10,8	3,3	3.250
6) Sporthalle EnEV-45%	31 Sporthalle	1.530	3	Sehr gering	5,4	3,3	1.638	12,8	2,5	5.100
7) sonstige Aufenthaltsräu	17 sonstige Au	260	1	Sehr gering	1,1	2,3	498	19,0	5,8	3.250
8) Nebenflächen ohne Aufei	18 Nebenfläch	700	1	Sehr gering	0,0	0,0	810	0,4	0,1	3.250

**Tabelle 10-3: Bewertung auf Zonenebene: Luftförderung**

3.4 Kälte										
Nr. und Name	Std.-nutzung	Fläche m <sup>2</sup>	Nutz.- einheit	Ist-Wert Zone (Endenergie)				Vergleichswert - gering		
				TEK-Bewert.	kWh/(m <sup>2</sup> a)	W/m <sup>2</sup>	h/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)	W/m <sup>2</sup>	h/a
1) Verkehrsfläche	19 Verkehrsflä	1.850	1							
2) WC und Sanitärräume	16 WC, Sanitä	255	1							
3) Klassenzimmer und Grup	08 Klassenzim	2.600	1							
4) Schulmensa (Küche)	15 Küche, Lag	120	3							
5) Büro/Verwaltung	01 Einzelbüro	470	1							
6) Sporthalle EnEV-45%	31 Sporthalle	1.530	2							
7) sonstige Aufenthaltsräu	17 sonstige Au	260	1							
8) Nebenflächen ohne Aufe	18 Nebenfläch	700	1							

**Tabelle 10-4: Bewertung auf Zonenebene: Kälte**



### 3.5 Dampfbefeuchtung

Nr. und Name	Std.-nutzung	Fläche m²	Nutz.- einheit	Ist-Wert Zone (Endenergie)				Vergleichswert - gering		
				TEK-Bewert.	kWh/(m²a)	W/m²	h/a	kWh/(m²a)	W/m²	h/a
1) Verkehrsfläche	19 Verkehrsflä	1.850	1							
2) WC und Sanitärräume	16 WC, Sanitä	255	1							
3) Klassenzimmer und Grup	08 Klassenzim	2.600	1							
4) Schulmensa (Küche)	15 Küche, Lag	120	3							
5) Büro/Verwaltung	01 Einzelbüro	470	1							
6) Sporthalle EnEV-45%	31 Sporthalle	1.530	2							
7) sonstige Aufenthaltsräu	17 sonstige Au	260	1							
8) Nebenflächen ohne Aufei	18 Nebenfläch	700	1							

**Tabelle 10-5: Bewertung auf Zonenebene Dampfbefeuchtung**

## 11 Anhang: TEK - Kurzdokumentation

### 2.1 Gebäudebezogene Übersichtsdarstellung - Kennwerte sind auf die beheizte Nettogrundfläche des Gebäudes bezogen

#### 2.1.1 spezifische Hüllfläche

	Bauteilfläche (BTF)		U-Wert	g_tot
	spezifisch $m^2_{BTF}/m^2_{NGF}$	absolut $m^2_{BTF}$	W/(m <sup>2</sup> K)	-
Außenwand	0,450	3.501	0,18	-
Dach	0,542	4.217	0,11	-
Kellerdecke	0,548	4.267	0,13	-
Fenster O,S,W	0,178	1.383	0,81	0,07
Fenster N	0,051	395	0,80	0,07
Fenster hor.	0,007	52	2,08	0,10
ges. Gebäude	1,775	13.815	0,23	0,07

#### 2.1.2 Mittlere Nutzungseigenschaften

spez. hyg. Mindestaußenluftvolumenstrom	4,81 m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> h)
Raumsolltemperatur Heizung	18,7 °C
Raumsolltemperatur Kühlung	0,0 °C
Wartungswert der Beleuchtungsstärke	253 Lux
Nutzungszeit	2.114 h/a
Wärmequellen (Personen und Arbeitshilfen)	132 Wh/(m <sup>2</sup> d)

#### 2.1.5 Luftförderung

	Zuluftvent.	Abluftvent.	
Nennvolumenstrom	20.425	20.425	m <sup>3</sup> /h
Dimensionierungsfaktor	51%	51%	
installierte Leistung	11,80	11,80	kW
spezifische Ventilatorleistung	2,08	2,08	kW/(m <sup>3</sup> s)
Vollbetriebszeit	1317	1317	h/a
Endenergiebedarf	2,0	2,0	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Primärenergiebedarf	5,2	5,2	kWh/(m <sup>2</sup> a)

#### 2.1.6 Wärmeerzeugung Heizung und Warmwasser (zentral + dezentral)

Nutzenergiebedarf	9,3 kWh/(m <sup>2</sup> a)
davon Warmwasser	1,3 kWh/(m <sup>2</sup> a)
zusätzliche Verluste Verteilung*	7,3 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Erzeugernutzwärmeabgabe	16,6 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Nennleistung (Soll: Heiz. berechnet * 1,3)	209 kW
Dimensionierungsfaktor** (nur zentr. Erz.)	57%
Erzeugeraufwandszahl	1,62 -
Endenergie Wärmeerzeugung	26,9 kWh/(m <sup>2</sup> a)
davon elektrische Energie	0 %
Primärenergie Wärmeerzeugung	5,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)

Tabelle 11-1: Gebäudebezogene Übersichtsdarstellung (Kennwerte auf Energiebezugsfläche bezogen) – Teil 1



### 2.1.3 Nutzenergie Raum- und RLT-System

Nutzenergiebedarf Heizung und Kühlung			
	Heizung	Kälte	Dampf
	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> a)		
Raumsystem	8,0	0,0	-
RLT-Anlage	0,0	0,0	0,0
Summe	8	0	-

max. Heiz- bzw. Kühllast		
	Heizung	Kälte
	W/m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub>	
Raumsystem	21	0
RLT-Anlage	0	0
Summe	21	0

### 2.1.4 Beleuchtung

installierte Leistung	45 kW
mittlere Bew ertungsleistung	5,8 W/m <sup>2</sup>
Vollbetriebszeit	1.156 h/a
Endenergie Beleuchtung	7 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Primärenergie Beleuchtung	17 kWh/(m <sup>2</sup> a)

### 2.1.7 Kälteerzeugung (zentral + dezentral)

Nutzenergiebedarf	0,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)
zusätzliche Verluste Übergabe, Verteilung	0,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Erzeugernutzkälteabgabe	0,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)
maximale thermische Kälteleistung	0 kW
Dimensionierungsfaktor*** (nur zentr. Erz.)	
Jahreskälteleistungszahl	0,00 -
Endenergie Kälteerzeugung	0,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)
davon elektrische Energie	0 %
Primärenergieenergie Kälteerzeugung	0,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Endenergie Hilfsenergie Kälte	0,0
Teilkennwert Kalt-/Kühlw asserverteilung	0,0 kWh/(KW a)

### 2.1.8 Dampferzeugung

Endenergiefaktor	0,00 -
Endenergie Dampferzeugung	0 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Primärenergie Dampferzeugung	0 kWh/(m <sup>2</sup> a)

\*) Ein Teil der Verteilverluste reduziert den Nutzenergiebedarf Heizung

\*\*) (Nennwärmeleistung Typenschild)/(berechnete max. Heizleistung \* 1,3)

\*\*\*) (Nennkälteleistung Typenschild)/(berechnete max. Kälteleistung \* 1,3)

**Tabelle 11-2: Gebäudebezogene Übersichtsdarstellung (Kennwerte auf Energiebezugsfläche bezogen) – Teil 2**

2.2.2 Zoneninformationen

7.785	m²	Grundfläche aller beheizten Zonen			Konditionierung ( 1=vorhanden)			Nutzenergie			
0	m²	Grundfläche aller gekühlten Zonen									
Zonenname		Standard-nutzung	Zonen-fläche m²	RLT-Anlage Nr	Heizung / Warmwasser	mech. Lüftung	Kälte Befeuchtung	Heizung Zone+RLT Erzeuger		Kälte Zone+RLT Erzeuger	
								kWh/(m²a) <sup>1</sup>			
Kennwerte bezogen auf die gesamte beheizte bzw . gekühlte Fläche			7.785					8	15		
Zone 1	Verkehrsfläche	19 Verkehrsflä	1.850	1	1 /	1	/	10,1	16,9		
Zone 2	WC und Sanitärräume	16 WC, Sanitä	255	1	1 /	1	/	17,9	24,8		
Zone 3	Klassenzimmer und Gruppenr	08 Klassenzim	2.600	1	1 /	1	/	11,0	17,9		
Zone 4	Schulmensa (Küche)	15 Küche, Lag	120	2	1 / 1	1	/	3,1	9,9		
Zone 5	Büro/Verwaltung	01 Einzelbüro	470	1	1 /	1	/	8,3	15,2		
Zone 6	Sporthalle EnEV-45%	31 Sporthalle	1.530	3	1 / 1	1	/	0,0	6,9		
Zone 7	sonstige Aufenthaltsräume	17 sonstige Au	260	1	1 /	1	/	2,6	9,5		
Zone 8	Nebenflächen ohne Aufentha	18 Nebenfläch	700	1	1 /	1	/	8,3	15,2		
Zone 9											

1) Flächenbezug: Zonenfläche

Tabelle 11-3: Übersicht Zonen

## 2.2.3 Beleuchtungsanlagen

7.785 m <sup>2</sup> Grundfläche aller belichteten Zonen										
Zonenname	Zonenfläche m <sup>2</sup>	Beleuchtungssystem Nr. / Bezeichnung	Beleuchtungsstärke Lux	elektrische Bewertungsleistung			Regelung	Endenergiebedarf kWh/(m <sup>2</sup> a) <sup>1</sup>		
Kennwerte bezogen auf die gesamte belichtete Fläche		7.785	243	6	2			7		
Zone 1	Verkehrsfläche	1.850	2 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	100	3,4	3,4	Lamp. zählen	man.	1	
Zone 2	WC und Sanitärräume	255	4 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	200	4,5	2,3	Lamp. zählen	man.	1	
Zone 3	Klassenzimmer und Gruppen	2.600	1 / Leuchtstofflampe kompakt mit integrierten	300	6,1	2,0	Lamp. zählen	man.	6	
Zone 4	Schulmensa (Küche)	120	1 / Leuchtstofflampe kompakt mit integrierten	300	6,1	2,0	Lamp. zählen	man.	7	
Zone 5	Büro/Verwaltung	470	1 / Leuchtstofflampe kompakt mit integrierten	500	6,1	1,2	Lamp. zählen	man.	6	
Zone 6	Sporthalle EnEV-45%	1.530	3 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	300	9,8	3,3	Lamp. zählen	man.	19	
Zone 7	sonstige Aufenthaltsräume	260	2 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	300	3,4	1,1	Lamp. zählen	man.	3	
Zone 8	Nebenflächen ohne Aufentha	700	2 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	100	3,4	3,4	Lamp. zählen	man.	1	
Zone 9										

1) Flächenbezug: Zonenfläche

Tabelle 11-4: Übersicht Beleuchtungsanlagen

## 2.2.4 RLT-Anlagen (bezogen auf die jeweils belüftete Fläche)

Bezeichnung	belüftete Fläche m <sup>2</sup>	Heiz-/ Kühlregister	Befeuchter / WRG <sup>1</sup>	Zuluft		Abluft		Dimensionie- rungsfaktor <sup>2</sup>	spezifische Leistungauf. kW/(m <sup>3</sup> /s)	Endenergie kWh/(m <sup>2</sup> a) bzw. Anteil	Teilkennwert DIN V 18599 kWh/(m <sup>3</sup> /h a)	
				max. Vol- umenstrom m <sup>3</sup> /h	max. elektr. Leistung kW	max. Vol- umenstrom m <sup>3</sup> /h	max. elektr. Leistung kW					
Kennwerte bez. a. d. ges. mech. bel. Fläche	7.785			20.425	11,80	20.425	11,80	51%	2,08	3,99	4,72	
RLT 1	Schule, Kita (Anlage 1,2,3)	6.135	kein	kein / W) 0,75	12.085	5,50	12.085	5,50	36%	1,64	21%	1,92

1) Sp-nr = Sprühbefeuchter nicht regelbar; Sp-r = Sprühbefeuchter regelbar; Dmpf = Dampf befeuchter; W = Wärmerückgewinnung; WF = Wärme- und Feuchterückgewinnung

2) Nennvolumenstrom bezogen auf hygienischen Mindestaußenluftbedarf der versorgten Zonen

Tabelle 11-5: Übersicht RLT-Anlagen

**2.2.5 Dezentrale Wärmeerzeuger (bezogen auf jeweils versorgte Fläche)**

	vers. Fläche m <sup>2</sup>	Leistung kW	Erzeugerauf- wandszahl	Endenergie kWh/(m <sup>2</sup> a) <sup>1</sup>
Heizung				
Elektrische Direktheizung				
Elektrische Speicherheizung				
Warmwasser				
el. Durchlauferhitzer				
el. Kleinspeicher				

**2.2.6 Zentrale Wärmeerzeuger Heizung und Warmwasser (bezogen auf die gesamte von zentralen Wärmeerzeugern beheizte Fläche)**

7.785	m <sup>2</sup>	Grundfläche aller über zentrale Wärmeerzeuger beheizten Zonen					
1.650	m <sup>2</sup>	Grundfläche aller über zentrale Wärmeerzeuger mit Warmwasser versorgten Zonen					
Bezeichnung		Erzeugerart	Baujahr	thermische Nennleistung <sup>2</sup> kW	Erzeugerauf- wandszahl		Endenergie kWh/(m <sup>2</sup> a) bzw. Anteil
Kennwerte bezogen auf die gesamte zentral beheizte Fläche				120	1,62	1,62	27
Wärmeerz. 1	Gesamtkomplex	Holz-/Pelletkessel	2004	120	1,62	1,62	100%
Wärmeerz. 2							

2) Vor Ort ermittelt, d.h. kein Berechnungsergebnis

**Tabelle 11-6: Übersicht Wärmeerzeuger**

### 2.2.7 Dezentrale Kälteerzeuger (bezogen auf jeweils versorgte Fläche)

	vers. Fläche m <sup>2</sup>	Leistung kW	Erzeugerauf- wandszahl	Endenergie kWh/(m <sup>2</sup> a) <sup>1</sup>
Kompaktklimagerät (Fenster, Wand)				
Split-System - ein/aus				
Split-System - stetig geregelt				
Multi-Split-System - ein/aus				
Multi-Split-System - stetig geregelt				
VRF-System variabler Kühlmassenstrom				

### 2.2.8 Zentrale Kälteerzeuger (bezogen gesamte von zentralen Kälteerzeugern gekühlte Fläche)

0 m <sup>2</sup> Über zentrale Kälteerzeuger gekühlte Fläche								
Bezeichnung	Erzeugerart	Baujahr	thermische Kälteleistung <sup>2</sup> kW	Nennkälte- leistungszahl	mittlerer Teil- lastfaktor	Teilkennwert Kälteerzeugung	Erzeuger- aufwandszahl	Endenergie kWh/(m <sup>2</sup> a) bzw. Anteil
Kennwerte bezogen auf die gesamte zentral gekühlte Fläche			0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,0
Erz. 1								
Erz. 2								

2) Vor Ort ermittelt, d.h. kein Berechnungsergebnis

**Tabelle 11-7: Übersicht Kälteerzeuger**



## 12 Interner Anhang: Energetische Bilanzierung mit dem TEK-Tool

### 12.1 Anmerkungen zu Plausibilitätsprüfung und Anpassungen

Siehe Verweise im Bericht (rot)

Basis	$f_{b/v} = ??$

### 12.2 Differenzen zu Standardnutzungsprofilen DIN V 18599

*Hinweise zur Zuweisung der Standardnutzungen, zu Differenzen zwischen der vorgefundenen Nutzung und Standardnutzung DIN V 18599 (Tabellenvordruck zur Dokumentation);*

Differenzen zwischen der vorgefundenen Nutzung und den Standardnutzungen der DIN V 18599 traten insbesondere bei folgenden Punkten auf

Standardnutzungsprofil	Diskutierte Angabe	Zonenbezeichnung
Erläuterung der Differenzen		

Standardnutzungsprofil	Diskutierte Angabe	Zonenbezeichnung
Erläuterung der Differenzen		

Standardnutzungsprofil	Diskutierte Angabe	Zonenbezeichnung
Erläuterung der Differenzen		

### 12.3 Vereinfachte Hüllflächenermittlung

Zur überschlägigen Ermittlung der Hüllfläche ist im Zuge des Forschungsprojektes ein Verfahren zur vereinfachten Hüllflächenermittlung entwickelt worden. Dieses soll im Rahmen der Gebäudeanalysen getestet werden. Deswegen werden ergänzend zur vereinfachten Hüllflächenermittlung die tatsächlichen Hüllflächen ermittelt und die Differenzen ermittelt. In Tabelle 12-1 sind die Differenzen als Prozentwert zur detaillierten Ermittlung dargestellt. In **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** sind die Auswirkungen der objektspezifischen und vereinfachten Hüllflächenermittlung auf das Verhältnis Bedarf/Verbrauch sowie End- und Primärenergiekennwerte und die Gesamtbewertung für das Gebäude dargestellt.

Auswertung für TEK-Projekt: Prozentuale Differenz von "in Berechnung verwendet" zu "objektspez. thermischen Hüllfläche"					
Thermische Gebäudehülle in m² (Außenmaßbezug)					
	Süd	Ost	West	Nord	Horizontal
Fensterfläche (Rohbaumaß)	166%	52%	77%	67%	1920%
Außenwand (Außenluft)					9%
Außenwand (Erdreich oder unbeheizt)					-75%
Dach bzw. oberste Geschossdecke					-26%
Kellerdecken/-fußbodenfläche					-2%
ges. Hüllfläche	5%	ges. Fassadenfl.	36%	ges. Fensterfl.	141%

**Tabelle 12-1: Prozentuale Abweichung von vereinfacht ermittelten Hüllflächen und detailliert ermittelten Hüllflächen (bezogen auf die detailliert ermittelte Hüllfläche)**

### 12.4 Teilenergiekennwertbewertung

Für die Gebäudeanalyse wird vom Programm automatisch die so genannte Teilenergiekennwertbewertung durchgeführt. Diese gibt eine erste Einschätzung der energetischen Effizienz je Gewerk. Hierzu wird der berechnete Bedarf mit für die Standardnutzungen tabellierten Teilenergiekennwerten verglichen. Die Teilenergiekennwertbewertung wird auf Zonenebene (Abschnitt 10) vorgenommen und über die Nutzungseinheit (Abschnitt 9) auf Gebäudeebene (Tabelle 4-1) aggregiert.

Die Teilenergiekennwertbewertung geht von den für die Zonen gewählten Standardnutzungen aus. Die Wahl der Standardnutzungen hat damit für die Teilenergiekennwertbewertung entscheidende Bedeutung. Da die Teilenergiekennwerte zunächst nur für die Standardnutzungen gelten, müssen die Teilenergiekennwertbewertungen vor dem Hintergrund der gewählten Standardnutzungen und den realen Randbedingungen vom Energieberater auf Plausibilität geprüft werden.

Für die Gebäudeanalyse werden überwiegend die Teilenergiekennwertbewertungen auf Zonenebene aus Abschnitt 10 herangezogen. In Abschnitt 10 werden neben der Bewertung des Ist-Zustandes die tabellierten Teilenergiekennwerte für die Energieaufwandsklasse „gering“ ausge-



wiesen. Die Aufwandsklasse „gering“ repräsentiert einen üblichen Neubaustandard. Dieser Wert gibt einen Anhaltspunkt, welcher Zustand im Rahmen der Modernisierung erreichbar ist. Neben den Endenergiekennwerten werden auf Zonenebene die spezifische Leistung und die Vollbetriebszeit angegeben. Der Vergleich mit der Klasse „gering“ gibt einen Hinweis, ob Verbesserungen eher bei der installierten Leistung oder der Betriebszeit möglich sind.

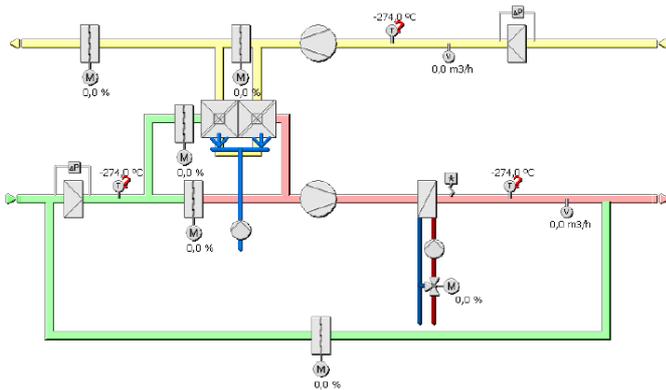
Der Test der automatischen Gebäudeanalyse über Teilenergiekennwertbewertung ist Teil des Forschungsprojektes. Deswegen werden im Folgenden neben den zutreffenden und hilfreichen Bewertungen auch die nicht zutreffenden Bewertungen aufgezeigt.

### 13 Interner Anhang – Kurzzeitmessungen

Die technisch hochwertig ausgestattete Liegenschaft verfügt wie oben beschrieben über eine Vielzahl von Lüftungsanlagen, für die Kurzzeitmessung wurde die Anlage der Küchenlüftung herangezogen.

Es handelt sich dabei um die Anlage 04 - Küche

Lüftungsanlage Küche



Prognose Luftförderung		Grundschule Riedberg		
Messwerte:				
Datum	Zeit	Energieverbrauch Luftförderung kWh/d	Schultag ja/nein	
01.01.2011	00:00:01	1,00	nein	
02.01.2011	00:00:01	2,00	nein	
03.01.2011	00:00:01	28,00	ja	Ferien, aber Schulküche auch außerhalb der Schulnutzung in Betrieb
04.01.2011	00:00:01	27,00	ja	
05.01.2011	00:00:01	35,00	ja	
06.01.2011	00:00:01	36,00	ja	
07.01.2011	00:00:01	33,00	ja	
08.01.2011	00:00:01	2,00	nein	
09.01.2011	00:00:01	2,00	nein	
10.01.2011	00:00:01	35,00	ja	1. Schultag nach den Weihnachtsferien
11.01.2011	00:00:01	35,00	ja	
12.01.2011	00:00:01	33,00	ja	
13.01.2011	00:00:01	46,00	ja	
14.01.2011	00:00:01	71,00	ja	
15.01.2011	00:00:01	77,00	nein	Veranstaltung?
16.01.2011	00:00:01	73,00	nein	Veranstaltung?
17.01.2011	00:00:01	76,00	ja	
18.01.2011	00:00:01	77,00	ja	
19.01.2011	00:00:01	55,00	ja	
20.01.2011	00:00:01	34,00	ja	
21.01.2011	00:00:01	35,00	ja	
22.01.2011	00:00:01	2,00	nein	
23.01.2011	00:00:01	2,00	nein	
24.01.2011	00:00:01	34,00	ja	
25.01.2011	00:00:01	35,00	ja	
26.01.2011	00:00:01	33,00	ja	
27.01.2011	00:00:01	36,00	ja	
28.01.2011	00:00:01	37,00	ja	
14.01.2011		35,43		

Die Messungen lassen die komplette Abschaltung an den Wochenenden erkennen.  
Aus den gemessenen Tagesverbräuchen errechnete das Excel-Tool: einen Jahresverbrauch von **12.931 kWh/a.**

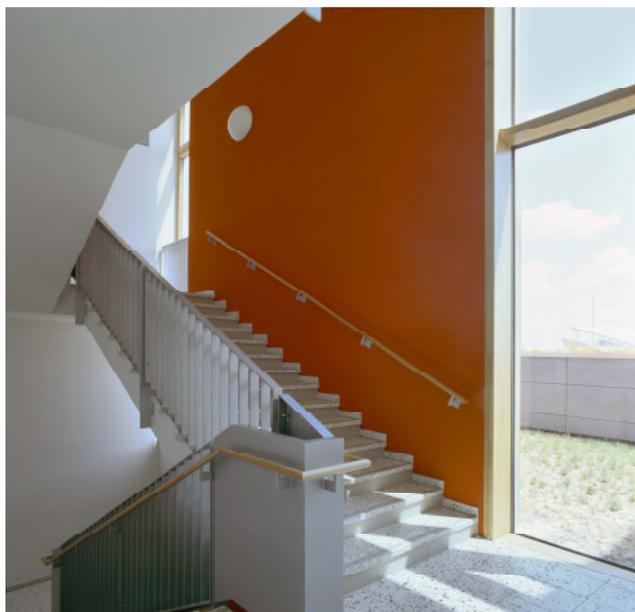
#### Prognosen

Energieverbrauch	12931 kWh/Jahr
Luftförderung	107,76 kWh/m <sup>2</sup> Jahr

In der TEK-Tool-Berechnung wurde die Küchenlüftung für die Zone Küche einzeln erfasst, somit lässt sich der Jahresverbrauch ermitteln. In der TEK-Tool-Berechnung beläuft sich der Jahresverbrauch auf insg. **16.416 kWh/a.**







## 14 Interner Anhang Zeitaufwand

Tab. 1: Zeitaufwand für die Gebäudeanalysen			
Projektbeschreibung	-	TEK Gebäudebewertung _ 1. Testlauf	
Gebäude	-	Grundschule Riedberg + _ Turnhalle und Kindertagesstätte	
Energiebezugsfläche	m <sup>2</sup>	7.785	
Zeitaufwand für Bearbeitung in h			
Lfd. Nr.	Aufwand in h	Rationalisierungsfaktor	Beschreibung
<b>13,50</b>		<b>12%</b>	<b>Datenbeschaffung</b>
1	5,50	0%	Beschaffen und auswerten existierender Unterlagen
2	8,00	20%	Vor-Ort-Termin
<b>28,50</b>		<b>30%</b>	<b>Gebäudeanalyse mit TEK-Tool</b>
3	1,50	0%	Zonierung, Zonenflächen
4	8,00	30%	Objektspezifische Hüllfläche bestimmen
5	16,00	37%	Softwareeingabe
6	3,00	10%	Plausibilitätsprüfung
7	0,00	0%	Modernisierungsempfehlungen
<b>26,00</b>		<b>29%</b>	<b>Weitere Untersuchungen</b>
8	4,00	20%	Verbrauchsanalysen
9	4,00	20%	Lastganganalysen
10	3,00	0%	Kurzzeitmessungen
11	15,00	40%	Dokumentation und Präsentation
<b>0,00</b>		<b>0%</b>	<b>Sonstiges</b>
12	0,00	0%	
13	0,00	0%	
14	0,00	0%	
<b>68,00</b>		<b>26%</b>	<b>Gesamt</b>

**Tabelle 14-1: Zeitaufwand für Gebäudeanalysen**

### Bemerkungen:

Die vorliegende Untersuchung wurde im Zeitraum von Anfang März 2011 bis Ende November 2011 erstellt, also mit der TEK-Tool Version 5.2 begonnen und im Laufe der Bearbeitung in die Version 5.5 übertragen.

Die Oberfläche bzw. Handhabung des TEK-Tools für den Nutzer stellte sich teilweise unübersichtlich dar und oft war ein ständiges vor- und zurück springen zwischen den Registrierblättern erforderlich, was die Überschaubarkeit zusätzlich erschwerte.

Die Bearbeitung über diesen langen Zeitraum stellte sich als problematisch heraus, da Informationen teilweise nicht mehr präsent waren und die Daten mit der Weiterentwicklung des Tools angepasst werden mussten.

Die Fehleranalyse und Erstellung des Berichtes nahm viel Zeit in Anspruch.