

# Energieberatungsbericht zum Gebäude C12, Hochschule Darmstadt

**Durchgeführt im Rahmen des Forschungsprojektes  
Bausteine für die CO<sub>2</sub>-Neutralität im Liegenschaftsbestand  
hessischer Hochschulen**

Stand: 20.11.2012

Erstellt durch:

Universität Kassel, Fachgebiet Technische Gebäudeausrüstung  
Gottschalkstraße 28  
34127 Kassel

Projektleitung: Institut Wohnen und Umwelt GmbH

Förderung: Hessisches Ministerium der Finanzen

## Impressum

Projekt	Bausteine für die CO <sub>2</sub> -Neutralität im Liegenschaftsbestand hessischer Hochschulen
Kurztitel	<b>CO<sub>2</sub>nHS</b>
Gefördert durch	Hessisches Ministerium der Finanzen
Projektteilnehmer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Institut Wohnen und Umwelt – IWU (Projektleitung)</li> <li>• Universität Kassel, Fachgebiet Technische Gebäudeausrüstung</li> <li>•</li> </ul>
Geschäftsadresse	Institut Wohnen und Umwelt GmbH Rheinstraße 65 64295 Darmstadt  Tel. +49 (0) 6151 / 2904 -0 Fax +49 (0) 6151 / 2904 -97
Autoren	Nadine Krüger, Jens Knissel
Dokument	2012-11-22 Standardbericht_Darmstadt_C12

**Dieser Energieberatungsbericht wurde erstellt durch:**

Universität Kassel, FG Technische Gebäudeausrüstung

Prof. Dr.-Ing. Jens Knissel

Gottschalkstraße 28

34127 Kassel

Tel: 0561 804 2779

e-mail: [knissel@uni-kassel.de](mailto:knissel@uni-kassel.de)

Datum, Kassel

Datum, Ort

Unterschrift, Stempel



## Inhalt

<b>1 Zusammenfassung</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Einleitung und Aufgabenstellung</b> .....	<b>3</b>
<b>3 Projekt- und Gebäudebeschreibung</b> .....	<b>4</b>
<b>4 Bewertung des Ist-Zustandes</b> .....	<b>5</b>
4.1 Gemessene Verbrauchsdaten.....	5
4.2 Lastganganalysen.....	8
4.2.1 Lastganganalyse Brennstoff bzw. Nah-/Fernwärme.....	8
4.2.2 Lastganganalyse elektrische Energie.....	8
4.3 Rechnerische Bilanzierung des Energieaufwandes des Gebäudes.....	10
4.3.1 Vergleich der Berechnung mit dem gemessenen Verbrauch.....	10
4.3.2 Berechnete Energiekennwerte.....	11
<b>5 Gebäudeanalyse über Teilenergiekennwertbewertung</b> .....	<b>15</b>
<b>6 Modernisierungsempfehlungen</b> .....	<b>17</b>
6.1 Modernisierungsempfehlung 1: Lüftungsanlage.....	17
6.2 Modernisierungsempfehlung 2: Fensteraustausch.....	19
6.3 Modernisierungsempfehlung 3: Beleuchtung.....	20
6.4 Modernisierungsempfehlung 4: Kombination.....	20
6.5 Zusammenfassung und Vergleich.....	22
<b>7 Durchgeführte Messungen</b> .....	<b>24</b>
<b>8 Anhang – Literatur</b> .....	<b>25</b>
<b>9 Anhang: Datenerhebung</b> .....	<b>26</b>
9.1 Vom Eigentümer zur Verfügung gestellte Unterlagen.....	26
9.2 Annahmen aufgrund fehlender Daten.....	27
<b>10 Anhang: TEK – Bewertung je Nutzungseinheit</b> .....	<b>28</b>
<b>11 Anhang: TEK – Bewertung auf Zonenebene</b> .....	<b>29</b>
<b>12 Anhang: TEK - Kurzdokumentation</b> .....	<b>34</b>





## 1 Zusammenfassung

Im vorliegenden Energieberatungsbericht wird das zu bewertende Gebäude mit Hilfe einer Gebäudeanalyse nach dem Verfahren Teilenergiekennwerte von Nicht-Wohngebäuden (TEK) untersucht. Das Gebäude wurde 1989 erbaut und sollte zunächst als Temporärbau für etwa zehn Jahren dienen. Dies wurde jedoch nicht realisiert, sodass bis heute der normale Unibetrieb stattfindet. Derzeit wird das Gebäude von den Fachbereichen Maschinenbau und Kunststofftechnik genutzt.

Der Grundriss des Objekts beschreibt eine symmetrische U-Form. Es ist nicht unterkellert und mit einem Flachdach versehen. Bisher wurden keine Sanierungsmaßnahmen durchgeführt.



**Abbildung 1 – 1: Südwestansicht auf das Gebäude C12, Darmstadt**

Der Primärenergiebedarf des Gebäudes beträgt  $476,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Unter Berücksichtigung der vorhandenen Nutzung wird dieser Energieaufwand als „hoch“ eingestuft. Somit liegt der Bedarf des Gebäudes über dem Mittelwert für vergleichbare Bestandsgebäude. Der größte Anteil des gesamten Energieaufwands entfällt auf das Gewerk Heizung, welches als hoch eingestuft wird. Darüber hinaus werden die Gewerke Luftförderung und Kälte als sehr hoch eingeordnet. Die berechneten Endenergiekennwerte liegen für den Brennstoff (Nahwärme) bei  $184,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  und für die elektrische Energie bei  $90,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ .

Aus den Untersuchungen können die im Folgenden aufgeführten Modernisierungsempfehlungen abgeleitet werden. Die Wirtschaftlichkeit wird dabei über die jährlichen Gesamtkosten ermittelt, die

sowohl die kapitalisierten Investitionskosten als auch die Energie- und Instandhaltungskosten berücksichtigen. Sinken die jährlichen Gesamtkosten, ist eine Maßnahme wirtschaftlich.

- Die RLT-Anlage, die die klimatischen Randbedingungen für die Messgeräte im CIM-Labor gewährleistet, trägt einen wesentlichen Anteil am gesamten Energiebedarf des Gebäudes. Besonderes Augenmerk sollte auf die Sanierung der Anlage gelegt werden. Ein weiteres Einsparpotential ergibt sich durch die Anpassung der Betriebsweise. In den Modernisierungsempfehlungen werden vier Sanierungsvarianten diskutiert. Beispielsweise kann durch die Reduzierung auf einen 6-fachen Luftwechsel eine Einsparung des elektrischen Energiebedarfs von 41,0 kWh/(m<sup>2</sup> a) erzielt werden. Die jährlichen Gesamtkosten sinken durch diese Maßnahme um etwa 49.000 Euro.
- Der energetische Zustand der Gebäudehüllfläche ist dem Baualter entsprechend gut. In Erwägung gezogen werden sollte ein Fensteraustausch, da diese aufgrund des relativ hohen prozentualen Anteils und des veralteten Energiestandards maßgebend zum Wärmebedarf des Gebäudes beitragen. Durch einen Austausch des vorhandenen Fensters mit Isolierglas (U=2,9 W/(m<sup>2</sup>K)) in 3-fach Wärmeschutzglas (U=0,95 W/(m<sup>2</sup>K)) ließe sich bei dem untersuchten Gebäude eine Reduzierung der Endenergie für Heizung von 184,6 kWh/(m<sup>2</sup> a) auf 153,4 kWh/(m<sup>2</sup> a) erzielen. Diese Maßnahme erweist sich aus rein ökonomischer Sichtweise erst als wirtschaftlich, wenn ohnehin ein Fensteraustausch notwendig wird. Die Kosten für den Austausch der Fenster zum Erreichen der Anforderungen der EnEV (2009) werden in diesem Fall als Sowieso-Kosten angesetzt, für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden ausschließlich die Mehrkosten gegenüber des Standardglases als Investition angenommen. Durch diese Maßnahme lassen sich die jährlichen Gesamtkosten um 8.000 Euro reduzieren.
- Der elektrische Energiebedarf der Beleuchtung in den WC- und Verkehrsbereichen, die etwa 20% der gesamten Gebäudenutzfläche ausmachen, kann durch den Einsatz von Präsenzmeldern gesenkt werden. In diesen Bereichen ist die Beleuchtung dauerhaft in Betrieb. Weitere Einsparung kann durch segmentierte Beleuchtung in den Verkehrsbereichen erzielt werden. Insgesamt kann der Aufwand für die Beleuchtung von 25,2 auf 16,4 kWh/(m<sup>2</sup> a) reduziert werden. Die Gesamtkosten für diese Maßnahme sind mit 3196 Euro vergleichsweise gering. Es könnte eine Einsparung der mittleren jährlichen Gesamtkosten von 7.000 Euro erzielt werden. Des Weiteren ist besonders in den Hörsaal- und Seminarbereichen aufgrund der installierten Leistung ein hoher Energiebedarf festgestellt worden. Dieser sollte durch entsprechende Maßnahmen, beispielsweise den Abbau von Leuchten, reduziert werden.

Weitere Informationen dazu können den entsprechenden Kapiteln des vorliegenden Berichts entnommen werden.



## 2 Einleitung und Aufgabenstellung

Im Rahmen des vom Hessischen Ministerium der Finanzen geförderten Forschungsprojektes „Bausteine für die CO<sub>2</sub>-Neutralität im Liegenschaftsbestand hessischer Hochschulen“ wird die neu entwickelte Teilenergiekennwertmethode, kurz TEK - an sieben technisch komplexen Hochschulgebäuden erprobt. Aus den Analysen gewonnene Erkenntnisse und Erfahrungen dienen der Weiterentwicklung der Bewertungsmethodik. Zudem sollen Erkenntnisse über die energetische Struktur von bestehenden, komplexen Nichtwohngebäuden gewonnen werden. Die aus den Analysen gewonnenen Gebäude- und Anlagendaten dienen als Datengrundlage für eine Querschnittsanalyse zum Nichtwohngebäudebestand.

In dem vorliegenden Bericht wird eine der sieben energetischen Gebäudeanalysen beschrieben. Diese bezieht sich auf das Gebäude:

### **Hochschule Darmstadt – Gebäude C12; Schöfferstraße 3; 64295 Darmstadt**

Der folgende 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

Das Gebäude der Fachhochschule Darmstadt entstand 1989 ursprünglich als temporärer Bau für den Zeitraum von etwa zehn Jahren, wird jedoch bis heute als Universitätsgebäude genutzt. Heute sind in dem Gebäude die Fachbereiche Maschinenbau und Kunststofftechnik untergebracht.

#### 1.1 Allgemeine Projektinformationen

##### CO<sub>2</sub>-neutrale Hochschulen \_ Gebäudeanalysen

Gebäude	Eigentümer	Energieberatung
Gebäude C 12 Hochschule Darmstadt Schöffersstraße 3 64295 Darmstadt	Hochschule Darmstadt  Schöffersstraße 3 64295 Darmstadt	Universität Kassel FG Technische Gebäudeausr Gottschalkstr. 28 34127 Kassel



#### 1.2 Allgemeine Gebäudeeigenschaften

Gebäudekategorie	Hochschulen	en. Qualität Gebäudehülle $H_T$	0,95 W/(m <sup>2</sup> <sub>BTF</sub> K)
Unterkategorie	Institutsgebäude für Lehre und Forschung	en. Qualität Lüftung $H_V$	0,40 W/(m <sup>3</sup> /h K)
		Fensterant. (oberirdisch)	45 %
Baujahr Gebäude	1989	Anzahl beheiz. Geschosse	2,0
Energiebezugsfläche	2.877 m <sup>2</sup>	Anzahl der Zonen	9
davon		Anzahl der RLT-Anlagen	1
künst. belüftet	100 %	Anzahl zentr. Kälteerz.	1
mech. belüftet	1 %	Anzahl zentr. Wärmeerz.	1
gekühlt	9 %		
befeuchtet	1 %		
A/V-Verhältnis	0,42 m <sup>-1</sup>		

**Abbildung 3-1: Zusammenfassende Darstellung der wichtigsten Gebäudeeigenschaften**

Die Nettogrundfläche des Gebäudes beträgt 2.877 m<sup>2</sup>, der Grundriss besitzt eine symmetrische U-Form. Das Gebäude ist nicht unterkellert und besitzt zwei beheizte Vollgeschosse. Den oberen Gebäudeabschluss stellt ein Flachdach dar. Die Außenwände des Gebäudes bestehen aus massiven Betonfertigteilen und besitzen ein ca. 6 cm starkes Wärmedämmverbundsystem.

Das A/V-Verhältnis (Fläche zu Volumen) des Gebäudes beträgt 0,42 m<sup>-1</sup>, das Gebäude besitzt einen spezifischen Transmissionswärmeverlust  $H_T = 0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Versorgt wird das Gebäude durch das uneigene Nahwärmenetz (Heizhaus).



## 4 Bewertung des Ist-Zustandes

Im Folgenden wird der Ist-Zustand des Gebäudes unter energetischen Gesichtspunkten bewertet. Hierauf aufbauend werden in Abschnitt 4 Schwachstellen aufgezeigt sowie Abschnitt 5 Modernisierungsempfehlungen gegeben.

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 0) und der zeitaufgelöste Lastgang des Gebäudes analysiert (Abschnitt 4.2). Nach dieser ersten Grobbewertung erfolgt eine Bewertung der Effizienz auf der Grundlage einer Bilanzberechnung (Abschnitt 4.3.2). Um die Realitätsnähe der Berechnung zu überprüfen, werden dabei zunächst die Berechnungsergebnisse den gemessenen Verbräuchen gegenübergestellt (Abschnitt 4.3.1).

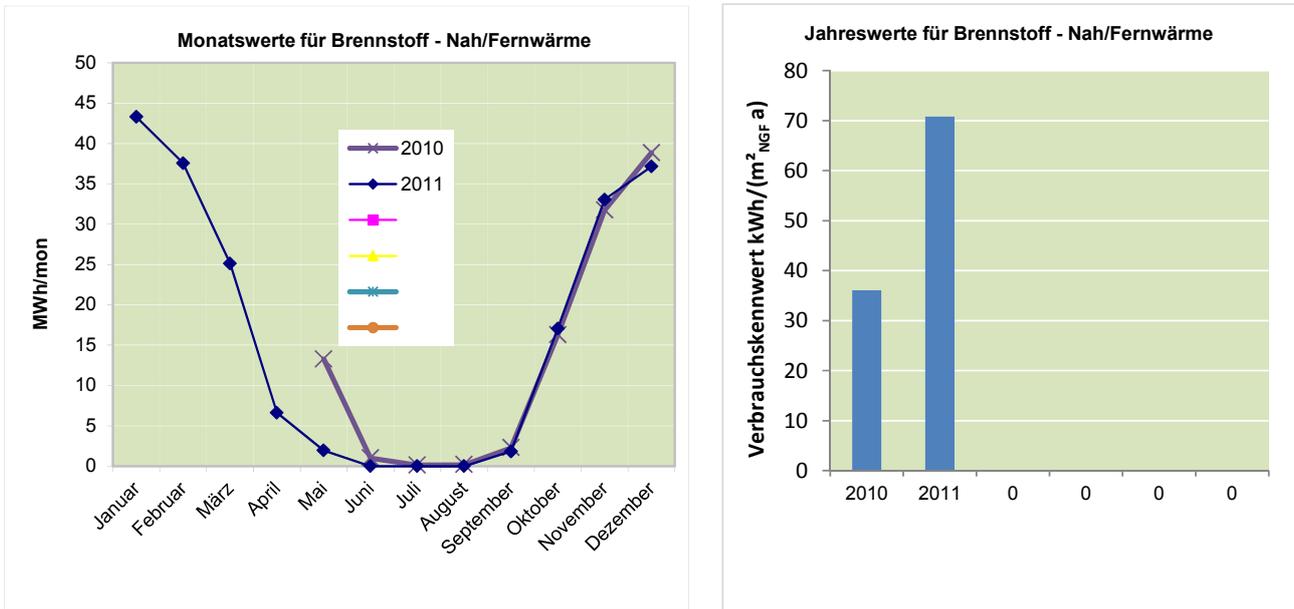
### 4.1 Gemessene Verbrauchsdaten

Leider stehen für das untersuchte Gebäude nur mäßige Informationen zu Verbrauchsdaten zur Verfügung. Für das Benchmarking konnte sowohl für die Nahwärme, als auch für die elektrische Energie nur das Jahr 2011 angesetzt werden. Für die Verbrauchsanalyse werden die folgenden Verbrauchsdaten des Gebäudes herangezogen:

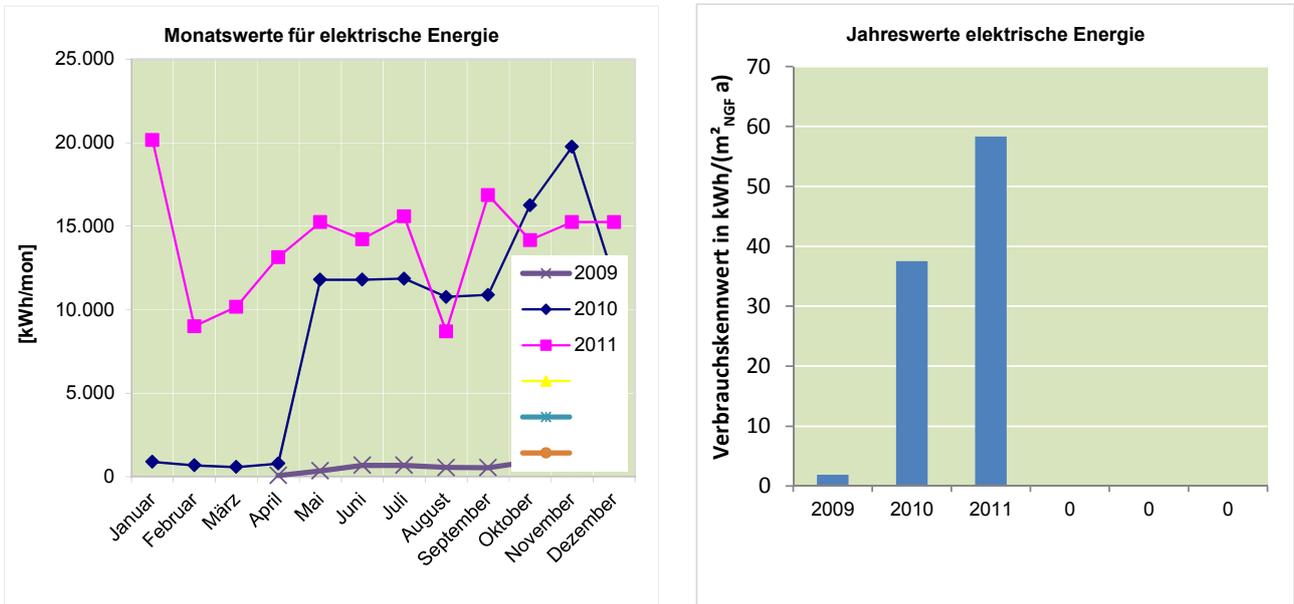
Nahwärme: Monatliche Verbrauchsdaten des Hauptzählers für den Zeitraum 05/2010 bis einschließlich 2011. Für das Benchmarking wurde nur das Jahr 2011 angesetzt, da die Verbräuche für das Jahr 2010 unvollständig sind. Die Daten wurden einer Klimabereinigung gemäß [3] unterzogen.

Elektrische Energie: Monatliche Verbrauchsdaten des Hauptzählers für den Zeitraum 04/2009 bis einschließlich 2011. Für das Benchmarking wurde nur das Jahr 2011 angesetzt, da erstens die Verbrauchsdaten für das Jahr 2009 unvollständig sind, des Weiteren in den Jahren 2009 und 2010 extreme Schwankungen auftreten, die nicht repräsentativ sind. Nach Rücksprache mit der Liegenschaftsabteilung ist dies vermutlich auf Messfehler durch veraltete Zähler zurückzuführen.

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)**



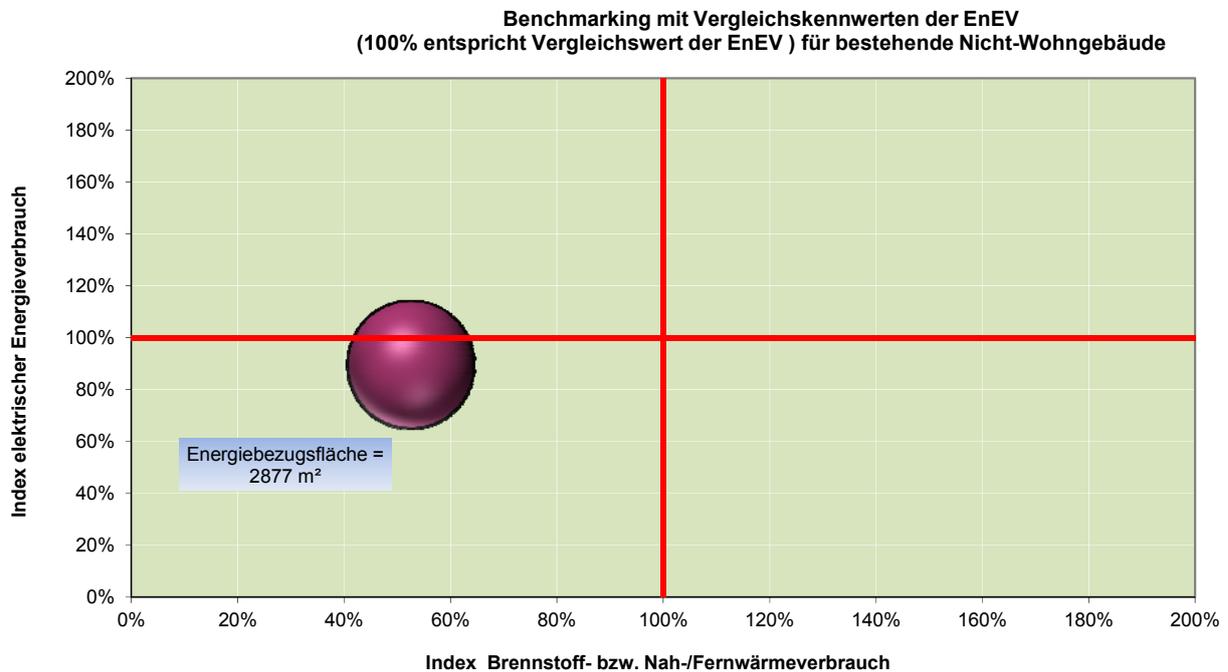
**Abbildung 4-2: Monatsverbräuche elektrischer Energie der letzten 5 Jahre**

Das Gebäude C 12 wurde aufgrund der Nutzung in die Gebäudekategorie „Institutsgebäude für Lehre und Untersuchung“ eingeteilt.

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 Ver-



gleichswerte 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 gemessene und witterungsbereinigte Jahreswert für Nahwärme beträgt  $71 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{NGF}} \text{ a})$ , der für die elektrische Energie  $58 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{NGF}} \text{ a})$ . Der Vergleichswert der EnEV 2009 für ein Gebäude mit entsprechender Nutzung beträgt  $135 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{NGF}} \text{ a})$  für Nah/Fernwärme und  $65 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{NGF}} \text{ a})$  für elektrische Energie.

Demnach liegt das untersuchte Hochschulgebäude in Bezug auf den „Index Brennstoff- bzw. Nah-/Fernwärmeverbrauch“ sowie „Index elektrischer Energieverbrauch“ unterhalb des Vergleichskennwertes der EnEV (siehe auch Abbildung 4-3):

- Der elektrische Energieverbrauch des Gebäudes liegt mit 90% nahe dem Vergleichswert der EnEV 2009.
- Der Nahwärmeverbrauch des Hochschulgebäudes liegt mit 52% deutlich unter dem Vergleichswert der EnEV 2009.

Es handelt sich nach diesem Bewertungsverfahren um ein Gebäude mit – gemessen an seiner Nutzung – relativ niedrigen Verbräuchen.

## 4.2 Lastganganalysen

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

Nahwärme: keine Verbrauchsdaten

Elektrische Energie: Lastgang des Hauptzählers von 02.07.2010 bis 16.11.2010

### 4.2.1 Lastganganalyse Brennstoff bzw. Nah-/Fernwärme

Da für die Nahwärme keine Verbrauchsdaten zur Verfügung stehen, konnte keine Lastganganalyse vorgenommen werden.

### 4.2.2 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. Die zur Verfügung gestellten Zahlenwerte sollten noch einmal plausibilisiert werden, denn die aus den Verbrauchsdaten ermittelte mittlere elektrische Leistung liegt bei etwa 19 kW, während die mittlere elektrische Leistung nach Auswertung der Lastganganalyse ca. 6 kW beträgt. Trotzdem scheint der qualitative Verlauf plausibel und wird im Folgenden diskutiert.

Die Grundlast des Gebäudes ist mit ca. 5,1 kW hoch. Sie fällt nachts und an den Wochenenden an, da zu diesen Zeiten das Gebäude nicht genutzt wird. Im Mittel steigt an Wochentagen die elektrische Leistung dann ab ca. 6 Uhr an und erreicht gegen zwölf Uhr ihr Maximum, welches bei etwa 8 kW liegt.

Auffällig sind die Ausreißer in den Minimalwerten. Ursache hierfür ist wahrscheinlich ein Defekt des Datenloggers am 14.07.2010 sowie am 05.09.2010. An diesen Tagen stehen für mehrere Stunden keine Verbräuche zur Verfügung.

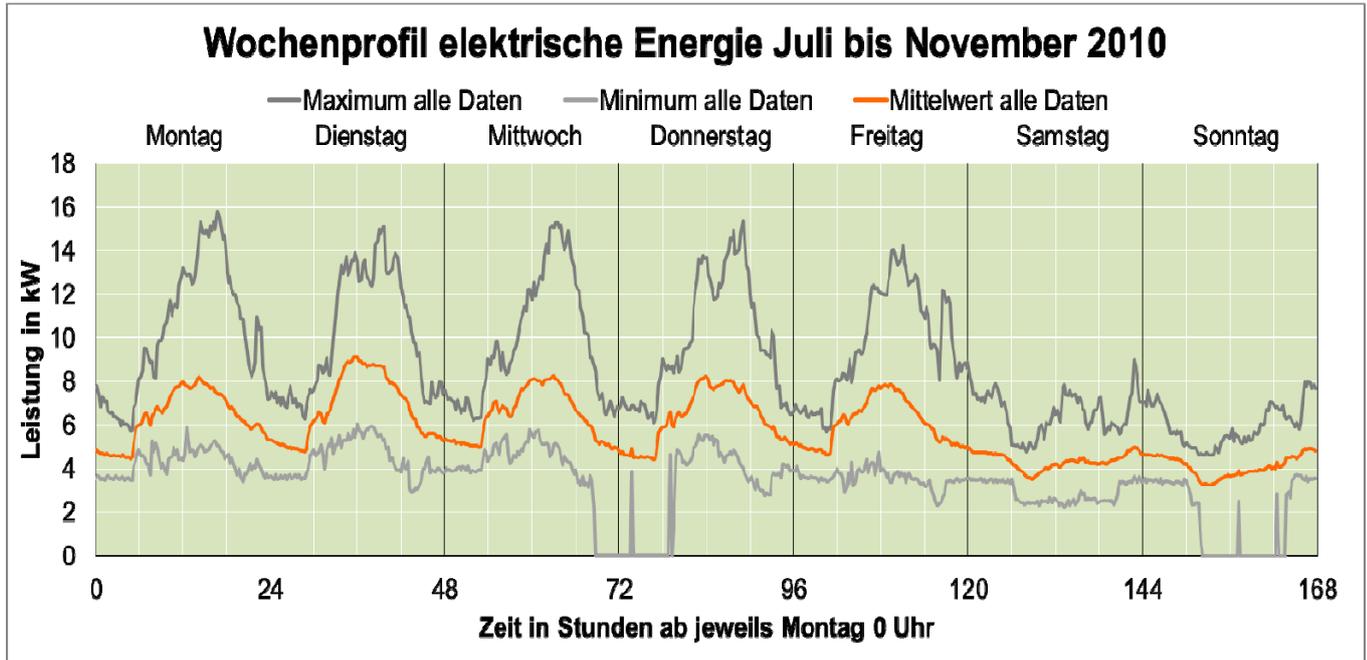


Abbildung 4-4: Wochenprofile des elektrischen Energieverbrauchs

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). Die Auswertung zeigt, dass großes Augenmerk darauf gelegt werden sollte, nicht benötigte Verbraucher nachts abzuschalten, da der Grundlastverbrauch einen erheblichen Anteil am Gesamtverbrauch (etwa 50%) ausmacht. Ursache für diesen hohen Verbrauch während der Standby-Zeit kann die stetige Versorgung des CIM-Labors durch die RLT-Anlage darstellen, die durchgehend konstant betrieben wird.

Gesamter Zeitraum		
	absolut [kW]	spezifisch [W/m <sup>2</sup> ]
Maximale Leistung	15,8	5,50
Minimale Leistung	0,0	0,00
Mittlere Leistung	6,0	2,08

Verhältnis Standby zu Gesamtzeit [%]	
Zeit	58,3%
Leistung	85,2%
Verbrauch	49,7%

Nutzungszeit		
	absolut [kW]	spezifisch [W/m <sup>2</sup> ]
Dauer	70 h/woche	
Maximale Leistung	15,8	5,50
Minimale Leistung	0,1	0,02
Mittlere Leistung	7,2	2,51

Verhältnis Standby zu Nutzungszeit [%]	
Zeit	140,0%
Leistung	70,6%
Verbrauch	98,8%

Standbyzeit		
	absolut [kW]	spezifisch [W/m <sup>2</sup> ]
Dauer	98 h/woche	
Maximale Leistung	11,8	4,12
Minimale Leistung	0,0	0,00
Mittlere Leistung	5,1	1,77

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

### 4.3 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 [5].

Eine Dokumentation der wichtigsten Eigenschaften und Randbedingungen des Berechnungsmodells ist im Abschnitt 12 zu finden.

#### 4.3.1 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 den gemessenen Energieverbrauchskennwerten gegenübergestellt (Endenergieebene). Die Farblegende zur Grafik sowie die Zahlenwerte sind in der Tabelle rechts dargestellt. Die Gebäudesummen als Kennwerte in kWh/(m²a) 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  $f_{b/v}$ .

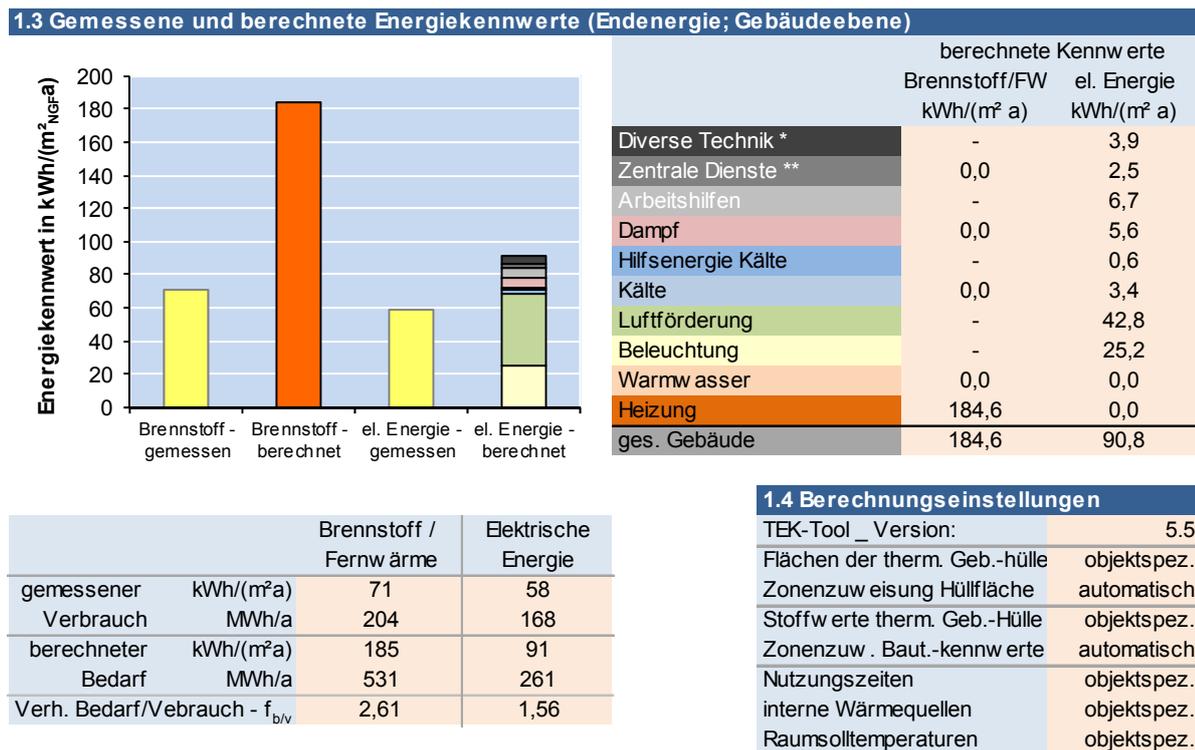


Abbildung 4-6: Vergleich von gemessenem Verbrauch und berechnetem Bedarf

Der berechnete Energiebedarf beträgt 184,6 kWh/(m²a) für die Nahwärme sowie 90,8 kWh/(m²a) für die elektrische Energie. Es ist auffällig, dass neben der Differenz in der elektrischen Energie der gemessene Wärmeverbrauch wesentlich niedriger ist, als der berechnete Bedarf. Die Differenz im Jahresmittel beträgt etwa 114 kWh/m².



Etwa 40% der gesamten Gebäudefläche wird als Hörsaal genutzt. Standardmäßig wird in Räumen mit diesem Nutzungsprofil eine sehr hohe Luftwechselrate (Mindestaußenvolumenstrom:  $V_A=30 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$ ) angesetzt. Da in dem untersuchten Gebäude in diesen Bereichen jedoch die Belüftung über die Fenster und damit ohne Wärmerückgewinnung erfolgt, würden in den Wintermonaten bei dieser Annahme enorme Lüftungswärmeverluste entstehen, die gemessen an den Gesamtverlusten einen hohen Anteil besitzen. Bei Fensterlüftung sind in Bezug auf das tatsächliche Nutzerverhalten derart hohe Luftwechsel als unrealistisch hoch einzustufen. Unter der Annahme, dass den entsprechenden Flächen das Nutzungsprofil „Hörsaal“ zugewiesen wird, würde der berechnete Kennwert für Heizung etwa  $300 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  betragen.

Das Problem wurde mittlerweile erkannt, weshalb in der DIN V 18599-2:2011-07 für Nichtwohngebäude ohne mechanische Lüftung für den nutzungsbedingten Mindestaußenluftwechsel eine automatisierte, bedarfsgeregelte Fensterlüftung in Ansatz gebracht werden kann.

Bei der Berechnung in TEK wurde ein weiterer Ansatz realisiert. Um den Wärmebedarf auf ein realistisches Maß zu reduzieren, wurde den Hörsälen das Nutzungsprofil „Klassenzimmer“ zugewiesen, bei dem der standardmäßige Mindestaußenluftvolumenstrom  $V_A=10 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$  beträgt. Trotzdem liegt der berechnete Kennwert noch deutlich über dem gemessenen Wert. Evtl. ist selbst dieser reduzierte Außenluftvolumenstrom noch höher als der tatsächlich realisierte.

#### 4.3.2 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  $\text{kg}/(\text{m}^2\text{a})$  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/(m <sup>2</sup> a)
	Zonen/RLT	Erzeuger	Brennstoff kWh/(m <sup>2</sup> a)	el. Energie		
Heizung	163,4	184,6	184,6	0,0	240,0	75,2
Warmwasser	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Beleuchtung	-	-	-	25,2	65,6	16,0
Luftförderung	-	-	-	42,8	111,3	27,1
Kälte	10,0	12,2	0,0	3,4	8,7	0,0
Hilfsenergie Kälte	-	-	-	0,6	1,6	0,4
Dampf	4,9	-	0,0	5,6	14,6	3564,4
Arbeitshilfen	-	-	-	6,7	17,5	4,3
Zentrale Dienste	-	-	0,0	2,5	6,5	1,6
Diverse Technik	-	-	-	3,9	10,2	2,5
gesamt	178,2	196,9	184,6	90,8	476,1	3691,3

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

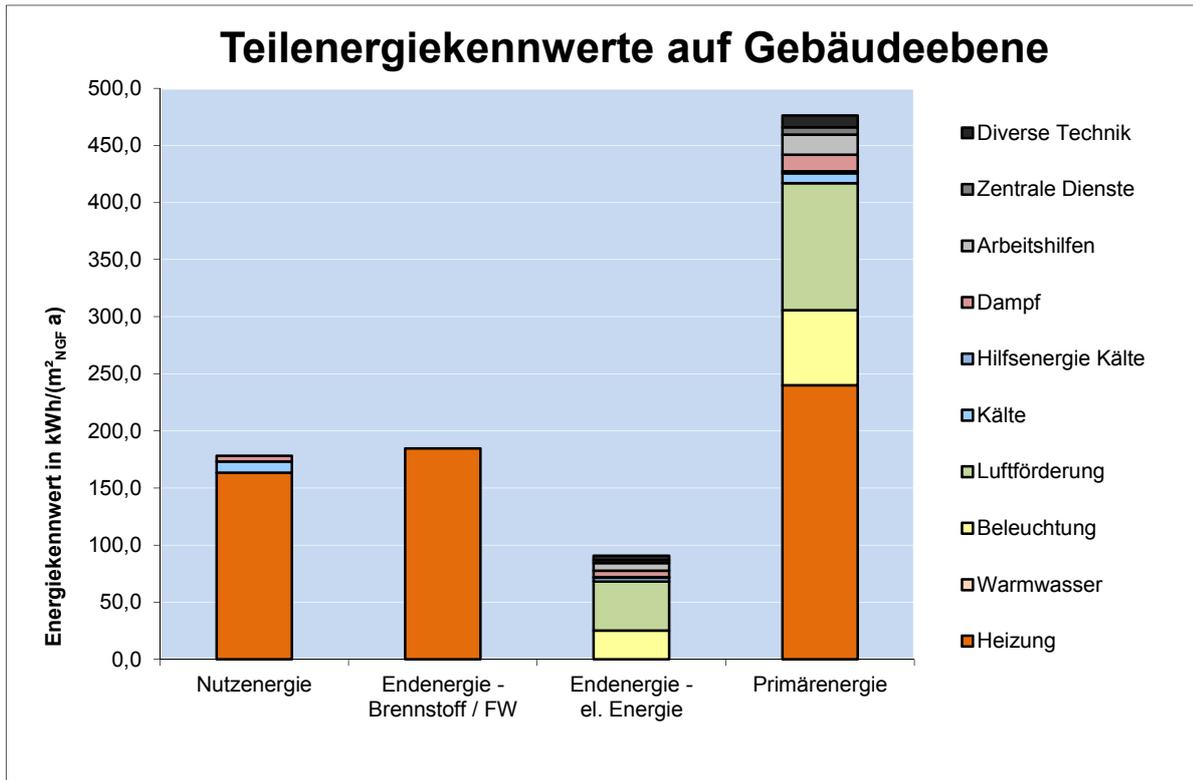
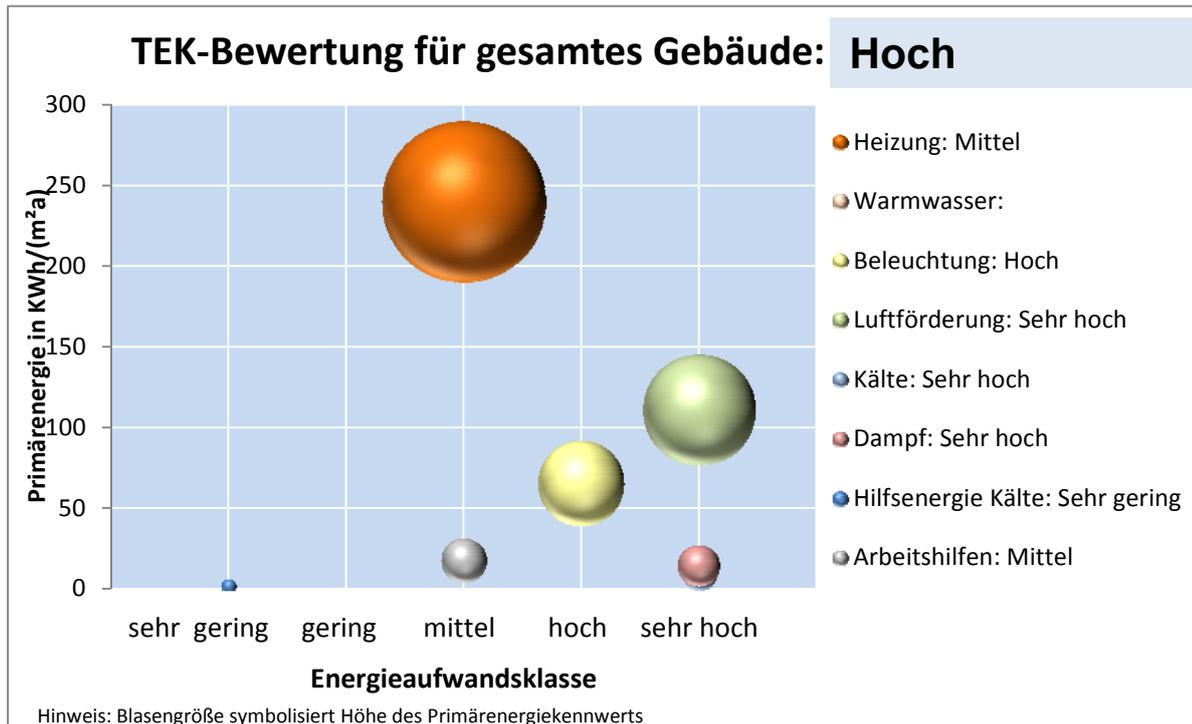


Abbildung 4-7: Teilenergiekennwerte für den Ist-Zustand

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

- Sehr hoch (Bestandsgebäude mit sehr hohem Verbrauch)
- Hoch (Bestandsgebäude mit hohem Verbrauch)
- Mittel (Bestand)
- Gering (Neubaustandard ohne energetische Optimierung)
- Sehr gering (Neubaustandard bei Einsatz besonders energieeffizienter Technologie)

(siehe [5]) ist in Abbildung 4-8 dargestellt. Bei der Teilenergiekennwertbewertung werden die Energiebedarfe der Gewerke auf Zonenebene mit typischen tabellierten Teilenergiekennwerten verglichen (siehe Abschnitt 11). Diese Bewertung wird von der Zonenebene (Abschnitt 11) über die Nutzungseinheit (Abschnitt 10) 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**

### Gesamtes Gebäude

Der Primärenergiebedarf für das gesamte Gebäude beträgt 531 kWh/(m²a) und wird als „hoch“ eingestuft. Diese Gesamtbewertung entsteht durch die Gewerke Beleuchtung, Luftförderung sowie Kälte, die mit „hoch“ und „sehr hoch“ bewertet worden sind. Das Gewerk Heizung, das den größten Anteil am Primärenergiebedarf ausmacht, wird mit „mittel“ eingestuft. Mögliche Ursachen für die unterschiedlichen Verbrauchsanteile sollen im Folgenden erläutert werden:

### Heizung

Der Primärenergiebedarf für Heizung beträgt 240 kWh/(m²a) und liefert den größten Anteil am Primärenergiebedarf. Dies lässt sich auf die Einschätzung der Gebäudehülle zurückführen, die aufgrund des Baualters (1989) relativ gute Werte aufweist. Der spezifische Transmissionswärmetransferkoeffizient beträgt  $H_T = 0,95 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ .

### Beleuchtung

Der Primärenergiebedarf für Beleuchtung beträgt 65,6 kWh/(m²a) und wird als „hoch“ eingestuft. Ursache hierfür stellt die installierte Leistung dar, die in den Hörsälen und Seminarräumen als hoch eingestuft wird. Diese Bereiche machen zusammen etwa 50% der gesamten Gebäudenutzfläche aus. Es sind verlustarme Vorschaltgeräte (VVG) installiert, Präsenzmelder sind im gesamten Gebäude nicht vorhanden. In den Verkehrs- und Sanitärbereichen ist die Beleuchtung dauerhaft in Betrieb.

### Luftförderung, Kälte und Dampferzeugung

Die Primärenergiebedarfskennwerte für die Gewerke Luftförderung, Kälte und Dampferzeugung betragen 111,3 kWh/(m²a) (Luftförderung), 8,7 kWh/(m²a) (Kälte) sowie 14,6 kWh/(m²a) (Dampf). Die drei Gewerke werden als „sehr hoch“ eingestuft. Als Ursache kann das CIM-Labor genannt

werden, für das ein konstanter, 60-facher Luftwechsel angesetzt wird um die für die Messgeräte klimatischen Bedingungen zu erreichen. Die Anlage ist auch außerhalb der Nutzungszeit in Betrieb.



## 5 Gebäudeanalyse über Teilenergiekennwertbewertung

Im Folgenden sind mögliche Modernisierungsmaßnahmen für das Gebäude tabellarisch aufgelistet. Diese basieren auf den Erkenntnissen aus der Gebäudebegehung vor Ort und der rechnerischen Gebäudeanalyse über Teilenergiekennwerte. Die aufgeführten Modernisierungsmaßnahmen sind noch nicht auf Realisierbarkeit hin überprüft und damit nur als Ideenpool zu verstehen. Die drei relevantesten Maßnahmen bzw. Maßnahmenempfehlungen aus diesen und anderen Maßnahmen sind in Abschnitt 6 näher untersucht.



**Zusammenstellung möglicher Modernisierungsmaßnahmen**

Lfd. Nr.	Kostengruppe DIN 276 Nr. Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung	Wichtigkeit (von 1 bis 5)	Bemerkungen
1	431 Lüftungsanlagen	RLT-Anlage	4) dringend	Die RLT-Anlage wurde als wesentlicher Verbraucher identifiziert. Es werden vier unterschiedliche Varianten zur Sanierung dieser diskutiert.
2	334 Außentüren und -fenster	Fensteraustausch	2) empfohlen	Ein großer Teil des Energieaufwands für die Beheizung entsteht durch die vergleichsweise schlechte energetische Qualität der Fenster. Aus diesem Grund wird ein Fenster-austausch empfohlen.
3	445 Beleuchtungsanlagen	Beleuchtungsdauer und -stärke reduzieren	2) empfohlen	Installation von Präsenzmeldern in den Verkehrsflächen, segmentierte Beleuchtung. Darüber hinaus ist die installierte Leistung in den Hörsälen und Seminarräumen zu reduzieren.
4	422 Wärmeverteilnetze	Hydraulischer Abgleich und Pumpenaustausch	1) sinnvoll	Überprüfung der Heizkurven und Pumpeneinstellungen.
5	363 Dachbeläge	Dämmung Dach	1) sinnvoll	Bei anstehenden Dachabdichtungen.

**Tabelle 5-1: Zusammenstellung möglicher Modernisierungsmaßnahmen für das Gebäude**



## 6 Modernisierungsempfehlungen

Auf Grundlage der Gebäudebegehung und der rechnerischen Gebäudeanalyse wurden unterschiedliche Modernisierungsmaßnahmen identifiziert. Diese sind in Abschnitt 5 in tabellarischer Form dargestellt.

Aus den möglichen Maßnahmen werden drei Einzelmaßnahmen bzw. drei Modernisierungsempfehlungen als Pakete aus diesen detaillierter ausgearbeitet. Eine Modernisierungsempfehlung kann dabei eine oder mehrere Modernisierungsmaßnahmen umfassen. Für jede Empfehlung werden die erzielbare Energieeinsparung mit einer Variante des TEK-Tools bestimmt und die Investitionskosten im Rahmen einer Grobkostenschätzung ermittelt. Dazu können die Standardmaßnahmen verwendet werden, die von den Projektteilnehmern in der Datenbank DB-Kosten.xslm eingegeben werden können. Hieraus werden erste Aussagen zur Wirtschaftlichkeit abgeleitet.

Nachfolgend werden folgende Maßnahmenempfehlungen diskutiert:

- Eine wesentliche Schwachstelle besteht in der vorhandenen RLT-Anlage, die einen wesentlichen Anteil am gesamten Energiebedarf besitzt. Möglichkeiten zur Sanierung dieser werden in Abschnitt 6.1 erläutert.
- Der bauliche Zustand des Gebäudes verhältnismäßig gut. Es wird der Austausch der vorhandenen Fenster empfohlen, da diese eine bauliche Schwachstelle darstellen. Diese Maßnahme wird in Abschnitt 6.2 beschrieben.
- Weiterhin trägt die Beleuchtung wesentlich zum elektrischen Energiebedarf des Gebäudes bei. Möglichkeiten zur Reduzierung werden in Abschnitt 6.3 erläutert.
- In Abschnitt 6.4 erfolgt die Berechnung der Einsparung bei Kombination der zuvor genannten Modernisierungsempfehlungen.

Die übrigen, in Tabelle 5-1 aufgelisteten Maßnahmen sind als Empfehlungen zu verstehen, werden aber in den übrigen Kapiteln nicht weiter ausgearbeitet.

### 6.1 Modernisierungsempfehlung 1: Lüftungsanlage

Der Endenergiebedarf für die Lüftungsanlage beträgt  $42,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$ , was insgesamt etwa 46% des gesamten elektrischen Energiebedarfs ( $90,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$ ) ausmacht. Bei einem angenommenen Strompreis von  $0,18 \text{ Euro/kWh}$  ergeben sich für dieses Gewerk jährliche Kosten von etwa 22.000 Euro.

Ursache stellt das CIM-Labor dar, für das derzeit konstant ein 60-facher Luftwechsel angesetzt wird. Dieser ist laut Angaben des Gebäudebetreibers notwendig, um die für das Messgerät notwendigen klimatischen Bedingungen zu gewährleisten. Neben der Bezugstemperatur von  $20 \text{ °C}$  sind u.a. maximale räumliche Temperaturschwankungen und relative Luftfeuchten festgelegt.

Im Folgenden werden vier Varianten zur Sanierung der RLT-Anlage diskutiert, von denen zwei Empfehlungen auf ihre Wirtschaftlichkeit überprüft werden:

Variante 1.1: Die Variante mit den geringsten Investitionskosten zur Reduzierung des Energiebedarfs besteht in der bedarfsgeführten Regelung des Volumenstroms. Als Regelgröße kann neben der Temperatur und Luftfeuchte auch der Temperaturgradient erfasst werden. Auf diese Weise wäre bewerkstelligt, dass die Anlage nicht einen konstanten 60-fachen Luftwechsel fährt. Die

Maßnahme kann durch die Installation eines neuen Ventilators mit Motor und Frequenzumrichter sowie der entsprechenden Regelung gewährleistet werden, ein kompletter Austausch der Anlage ist nicht notwendig. Da das Gerät bereits 15 Jahre alt ist und in naher Zukunft ohnehin ausgetauscht werden soll wurde diese Variante nicht weiter untersucht.

Variante 1.2: Es wird davon ausgegangen, dass bei einem 60-fachen Luftwechsel die Strömungsgeschwindigkeit im Raum sehr hoch ist. Ein Luftstrom sollte jedoch nicht auf das Messgerät gerichtet sein. Laut unserer Einschätzung ist es möglich, mit einem 6-fachen Luftwechsel eine ideale Durchmischung des Raums zu gewährleisten, bei der keine nennenswerten Temperaturgradienten auftreten. Um einen 6-fachen Luftwechsel zu gewährleisten muss der Nennvolumenstrom für Zu- und Abluft 450 m<sup>3</sup>/h betragen. Unter Annahme der SFP-Standardwerte nach DIN EN 13779:2007 (D) ergibt sich eine elektrische Nennleistung der Anlage von 0,19 kW für die Zuluft (SFP 4) sowie 0,13 kW für die Abluft (SFP 3).

Bei einer konstanten Betriebsweise ließe sich der elektrische Endenergiebedarf von 90,8 kWh/(m<sup>2</sup> a) auf 41,0 kWh/(m<sup>2</sup> a) reduzieren. Die Gesamtkosten für den Austausch der RLT-Anlage wurden mit 20250 Euro angesetzt. Diese ergeben sich aus einem pauschalisierten Ansatz:

- Einbau Lüftungsgerät mit allen Luftbehandlungsfunktionen und WRG: 20,00 Euro/m<sup>3</sup>/h
- Demontage der alten Lüftungsanlage: 1500,00 Euro/Stck.
- Inbetriebnahme der neuen Lüftungsanlage: 800,00 Euro/Stck.

Die Annahmen zu den aufgeführten Kosten stammen aus der Kostenschätzung des IWU [7], die im Rahmen des Forschungsprojekts „Typologiegestützte Analyseinstrumente für die energetische Bewertung bestehender Nichtwohngebäude“ durchgeführt wurde. Es handelt sich dabei um eine Grobkostenschätzung.

Variante 1.3: Es sollte darüber hinaus geprüft werden, welche konstanten Anforderungen an den Raum bestehen, wenn das Messgerät nicht in Benutzung ist. Sind die Bedingungen identisch mit denen unter Versuchsbedingungen, müsste die Anlage konstant betrieben werden. Falls außerhalb der Nutzungszeiten keine besonderen Anforderungen an den Raum bestehen, sollte die Abschaltung der Anlage in Erwägung gezogen werden. Durch diese Maßnahme könnte ohne großen finanziellen Mehraufwand zusätzlich Energie eingespart werden, wodurch eine noch höhere Wirtschaftlichkeit zu erwarten ist. Die Grundbeheizung könnte durch den im Raum befindlichen Heizkörper bewerkstelligt werden. Um die idealen Temperaturbedingungen zu Beginn der Nutzungszeit zu gewährleisten, sollte die Anlage mit einem gewissen Vorlauf hochgefahren werden.

Variante 1.4: Als Sanierungsvariante stellt die Ideallösung die Installation einer Strahlungsheizung sowie -kühlung mit geringen Vor- und Rücklauftemperaturen zur Grundbeheizung bzw. -kühlung dar. Um die Heizlasten zu reduzieren, könnte eine Innendämmung realisiert werden. Die relative Luftfeuchte und schnelle Temperaturregelung könnte durch ein kleines Klimagerät mit Umluftfunktion gewährleistet werden. Durch diese Maßnahme ist eine weitere Bedarfsreduktion zu erwarten. Da sie jedoch mit großen baulichen Maßnahmen verbunden und eine Wirtschaftlichkeit voraussichtlich nicht gegeben ist, wurde das Einsparpotential nicht weiter untersucht.



Nr.	Kostengruppe DIN 276 Nr. Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung	Wichtigkeit (von 1 bis 5)	Bemerkungen
1.1	431 Lüftungsanlagen	RLT-Anlage Variante 1	4) dringend	Installation eines neuen Ventilators mit Motor und Frequenzumrichter. Leistungsregelung über die Variation des Volumenstroms.
1.2	431 Lüftungsanlagen	RLT-Anlage Variante 2	4) dringend	Austausch der vorhandenen RLT-Anlage. Anpassung des Luftvolumenstroms (6-fach). Konstante Betriebsweise
1.3	431 Lüftungsanlagen	RLT-Anlage Variante 3	4) dringend	Austausch der vorhandenen RLT-Anlage. Anpassung des Luftvolumenstroms (6-fach). Anpassung der RLT-Betriebszeit, RLT wird nur bei Bedarf eingeschaltet (Nacht- und Wochenendabschaltung)
1.4	431 Lüftungsanlagen	RLT-Anlage Variante 4	4) dringend	<b>Ideallösung:</b> Strahlungsheizung und -kühlung mit geringen Vor- und Rücklauftemperaturen. Innendämmung, um Heizlasten zu reduzieren. Installation eines Umluftgeräts, um Feuchteanforderungen und schnelle Temperaturregelung zu gewährleisten.

Abbildung 6-1: Modernisierungsempfehlung 1 – Lüftungsanlage (Varianten)

## 6.2 Modernisierungsempfehlung 2: Fensteraustausch

Die Gebäudehüllfläche besitzt insgesamt einen dem Baualter entsprechenden Zustand und ist bei einem spezifischen Transmissionskoeffizienten von  $H_T = 0,95 \text{ W}/(\text{m}^2_{\text{BTFK}})$  als relativ gut zu bewerten. Der Endenergiebedarf für Heizung beträgt  $184,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$ .

Ein Austausch der vorhandenen Fenster trägt aufgrund des hohen Fensterflächenanteils von 45 % sehr zur Reduzierung des Heizenergiebedarfs bei. Neben der Einsparung von Heizenergie können bei sachgemäßer Ausführung Wärmebrücken reduziert sowie die Luftdichtheit des Gebäudes verbessert werden. Ergeben sich im Sommer in bestimmten Bereichen hohe Innenraumtemperaturen, könnte durch die Reduzierung des Gesamtenergiedurchlassgrads des Glases (z.B. Sonnenschutzglas  $g = 0,35$ ) der sommerliche Wärmeeintrag in den Innenraum verringert werden.

Durch einen Austausch des vorhandenen Fensters mit Isolierglas ( $U=2,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ) in 3-fach Wärmeschutzglas ( $U=0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ) ließe sich bei dem untersuchten Gebäude eine Reduzierung der Endenergie für Heizung von  $184,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$  auf  $153,4 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$  erzielen.

Trotz der zuvor aufgeführten Vorteile erweist sich bei einer rein ökonomischen Sichtweise die Maßnahme erst als wirtschaftlich, wenn ohnehin ein Fensteraustausch notwendig wird. Die Kosten für den Austausch der Fenster zum Erreichen der Anforderungen der EnEV (2009) werden in diesem Fall als Sowieso-Kosten angesetzt, für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden ausschließlich die Mehrkosten gegenüber des Standardglases als Investition angenommen. Diese betragen nach [6] etwa  $53 \text{ Euro}/\text{m}^2$ . Daraus ergeben sich Investitionskosten von  $44.414 \text{ Euro}$ . Aufgrund des Baualters und der Tatsache, dass an dem untersuchten Gebäude noch keine Maßnahmen durchgeführt wurden, ist es wahrscheinlich, dass in den nächsten Jahren die Kosten für die Instandhaltung der Fenster ansteigen werden.

Lfd. Nr.	Kostengruppe DIN 276 Nr. Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung	Wichtigkeit (von 1 bis 5)	Bemerkungen
2	334 Außentüren und -fenster	Fensteraustausch	2) empfohlen	Ein großer Teil des Energieaufwands für die Beheizung entsteht durch die vergleichsweise schlechte energetische Qualität der Fenster. Aus diesem Grund wird ein Fensteraustausch empfohlen.

**Abbildung 6-2: Modernisierungsempfehlung 2 – Fensteraustausch**

### 6.3 Modernisierungsempfehlung 3: Beleuchtung

Der Endenergiebedarfskennwert ist mit 25,2 kWh/(m<sup>2</sup> a) für die Beleuchtung trotz der nachträglichen Installation von VVGs im gesamten Gebäude als vergleichsweise hoch einzustufen.

Um diesen zu reduzieren wird empfohlen, in den Sanitär- und Verkehrsflächen Präsenzmelder zu installieren, denn diese besitzen nur einen geringen Tageslichteinfall, wodurch die Beleuchtung häufig unnötig in Betrieb ist.

Darüber hinaus wurde identifiziert, dass die installierte Leistung in den Hörsälen und Seminarräumen vergleichsweise hoch ausfällt. In diesen Bereichen ist eine Anpassung der installierten Leistung sinnvoll. Dies kann beispielsweise durch den teilweisen Abbau der Leuchten bewerkstelligt werden. In TEK wird die Anpassung der installierten Leistung durch die Anwendung des Tabellenverfahrens nach DIN V 18599 umgesetzt (raumbezogene Auslegung). Gegenüber den aufgenommenen objektspezifischen Leistungen, die derzeit installiert sind, ergibt sich so bereits eine deutliche Leistungsreduzierung von 4,5 W/(m<sup>2</sup>100Lux) auf etwa 2,8 W/(m<sup>2</sup>100Lux).

Insgesamt kann der Aufwand für die Beleuchtung von 25,2 kWh/(m<sup>2</sup> a) auf 16,4 kWh/(m<sup>2</sup> a) reduziert werden. Zu beachten ist, dass aufgrund der reduzierten Wärmelasten der Beleuchtung der Energiekennwert für Heizung mit etwa 4 kWh/(m<sup>2</sup> a) leicht ansteigt.

Die Gesamtkosten für diese Maßnahme sind mit 3196 Euro vergleichsweise gering. Diese Summe ergibt sich aus den angesetzten Kosten für die Präsenzmelder in Höhe von 4 Euro/m<sup>2</sup>. Die Annahmen zu den aufgeführten Kosten stammen aus der Kostenschätzung des IWU [7], die im Rahmen des Forschungsprojekts „Typologiegestützte Analyseinstrumente für die energetische Bewertung bestehender Nichtwohngebäude“ durchgeführt wurde. Es handelt sich dabei um eine Grobkostenschätzung. Für die Reduzierung der installierten Leistung wurden keine Kosten angesetzt.

Lfd. Nr.	Kostengruppe DIN 276 Nr. Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung	Wichtigkeit (von 1 bis 5)	Bemerkungen
3	445 Beleuchtungsanlagen	Beleuchtungsdauer und -stärke reduzieren	2) empfohlen	Installation von Präsenzmeldern in den Verkehrsflächen, segmentierte Beleuchtung. Darüber hinaus ist die installierte Leistung in den Hörsälen und Seminarräumen zu reduzieren.

**Abbildung 6-3: Modernisierungsempfehlung 3- Beleuchtung**

### 6.4 Modernisierungsempfehlung 4: Kombination

In der Modernisierungsempfehlung 4 wird berechnet, welche Einsparungen sich durch die Kombination der oben erläuterten Modernisierungsempfehlungen ergeben. Es ist eine energetische Re-



duzierung des thermischen Energiebedarfs auf 150,3 kWh/(m<sup>2</sup> a) sowie des elektrischen Energiebedarfs auf 31,9 kWh/(m<sup>2</sup> a) zu erzielen.

Lfd. Nr.	Kostengruppe DIN 276 Nr. Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung	Wichtigkeit (von 1 bis 5)	Bemerkungen
1.3	431 Lüftungsanlagen	RLT-Anlage Variante 3	4) dringend	Austausch der vorhandenen RLT-Anlage. Anpassung des Luftvolumenstroms (6-fach). Anpassung der RLT-Betriebszeit, RLT wird nur bei Bedarf eingeschaltet (Nacht- und Wochenendabschaltung)
2	334 Außentüren und -fenster	Fensteraustausch	2) empfohlen	Ein großer Teil des Energieaufwands für die Beheizung entsteht durch die vergleichsweise schlechte energetische Qualität der Fenster. Aus diesem Grund wird ein Fensteraustausch empfohlen.
3	445 Beleuchtungsanlagen	Beleuchtungsdauer und -stärke reduzieren	2) empfohlen	Installation von Präsenzmeldern in den Verkehrsflächen, segmentierte Beleuchtung. Darüber hinaus ist die installierte Leistung in den Hörsälen und Seminarräumen zu reduzieren.

**Abbildung 6-4: Modernisierungsempfehlung 4 - Kombination**

## 6.5 Zusammenfassung und Vergleich

Abschließend werden die Gesamtkosten aller Maßnahmenempfehlungen über einen Betrachtungszeitraum von 25 Jahren dargestellt. Die aktuellen Energiepreise für das Gebäude liegen bei 18 Ct./kWh<sub>el</sub> bzw. 6,5 Ct./kWh<sub>th</sub>. Die rechnerische Nutzungsdauer von Bauteilen wurde auf 25 Jahre und die der Anlagentechnik auf 15 Jahre angesetzt. Weitere Größen der Wirtschaftlichkeitsberechnung sind:

- Jährliche Energiepreissteigerung für Wärme und Strom: 5,5%
- Kalkulationszinssatz (nominal): 5,0 %
- Jährliche Preissteigerung für Wartung, Inspektion und Instandhaltung: 2,0 %

Die zusammenfassende Darstellung der Maßnahmen zeigt, dass in allen Modernisierungsempfehlungen die Gesamtkosten sinken, alle Maßnahmen also bereits im Rahmen ihrer rechnerischen Nutzungsdauer wirtschaftlich sind. Besonders der Austausch der vorhandenen Lüftungsanlage ist äußerst sinnvoll. Bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden die Varianten 1.2 und 1.3 betrachtet.

In der Zusammenfassung der Maßnahmen (ME 5) sinken die Gesamtkosten von 156.000 Euro auf 98.000 Euro, es werden also jährlich ca. 58.000 Euro eingespart. Zusätzliche Instandhaltungskosten wurden bei den Sanierungsmaßnahmen nicht angesetzt, da diese bedingt durch die Sanierung meist positiv beeinflusst werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass die jährlichen Instandhaltungskosten im IST-Zustand höher liegen als in den Sanierungsvarianten, wodurch die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen weiter ansteigt.

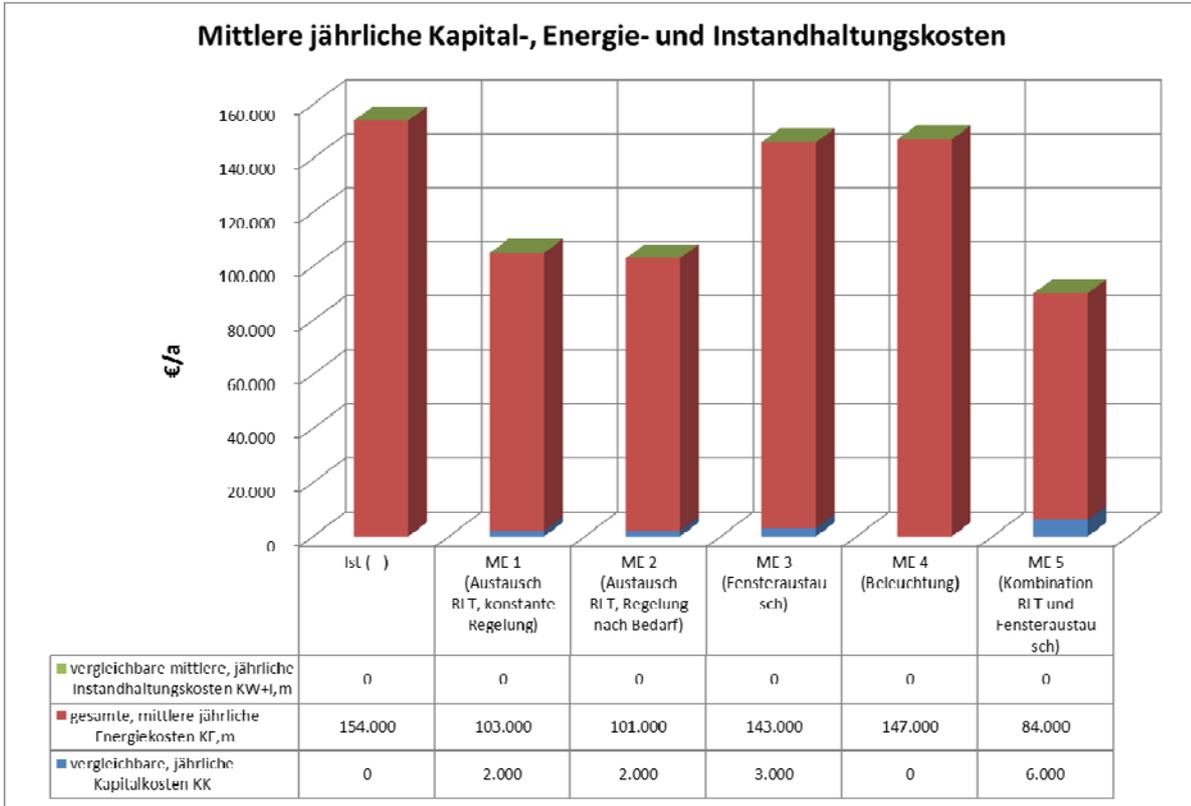


Abbildung 6-5 Vergleich der jährlichen Kapital-, Energie- und Instandhaltungskosten der verschiedenen Maßnahmenempfehlungen

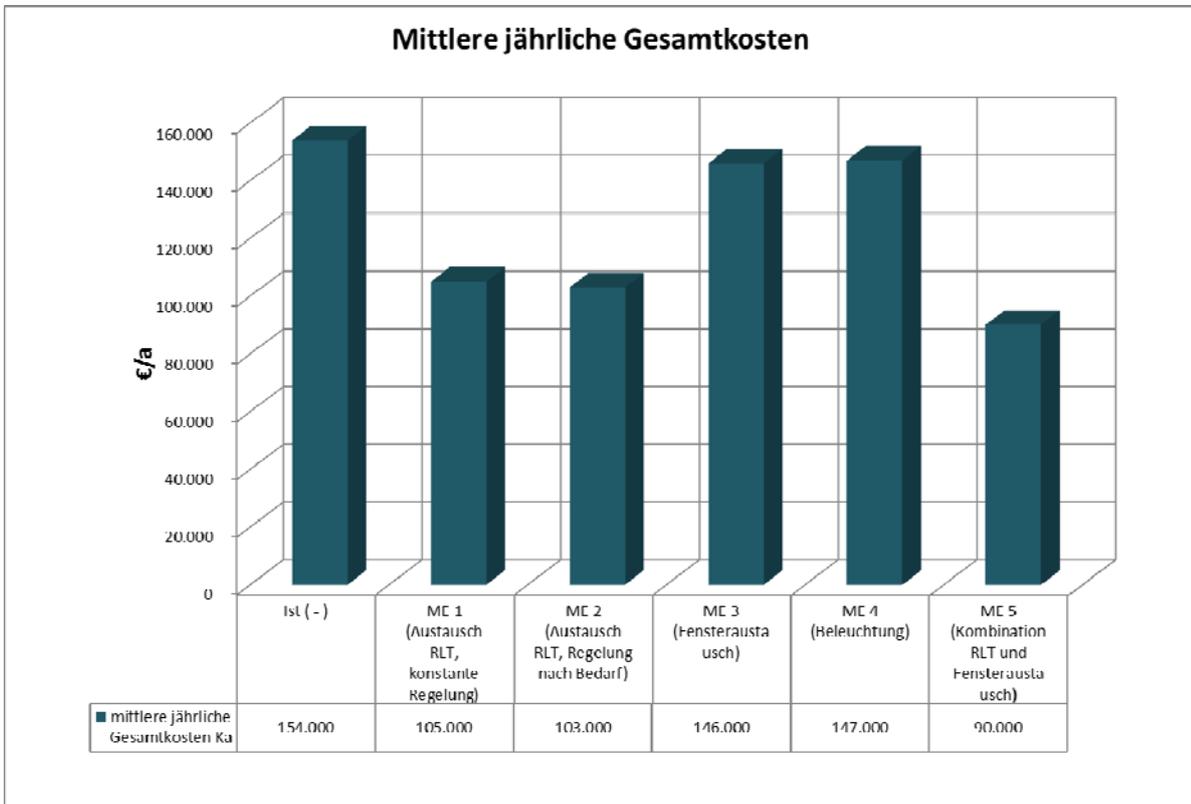


Abbildung 6-6 Vergleich der jährlichen Gesamtkosten der verschiedenen Maßnahmenempfehlungen

## 7 Durchgeführte Messungen

Da die Untersuchung außerhalb der Heizperiode durchgeführt worden ist und in dem Gebäude nur punktuell eine Kühlung vorhanden ist, wurde auf eine Langzeitmessung der Innenraumtemperaturen verzichtet.

An der RLT-Anlage, die das CIM-Labor versorgt, wurde eine Leistungsmessung durchgeführt. Es handelt sich um eine Momentanwert-Messung. Die Messung wurde im Rahmen der Begehung am 16.10.2012 um 11.30 Uhr durchgeführt.

Die gemessene Lüftungsanlage besitzt eine Nennleistung von 7,8 kW für die Zuluft sowie 6,3 kW für die Abluft und wird mit einem konstanten Nennvolumenstrom von 4500 m<sup>3</sup>/h betrieben. Der Umluftanteil beträgt 100%, des Weiteren ist ein elektrischer Dampfbefeuchter integriert.

Die Messung hat ergeben, dass die Wirkleistung der Ventilatoren mit der Nennleistung übereinstimmt, sie demnach zum Zeitpunkt der Messung unter Vollast lief. Da zu dieser Zeit das CIM-Labor nicht in Benutzung war, kann davon ausgegangen werden, dass die Anlage bei Nichtnutzung oder in der Nacht nicht abgeschaltet wird.

Ergebnisse der Messung:

- Zuluft: Wirkleistung 7,8 [kW], Leistungswinkel 0,56 [-], Blindleistung 11,3 [kVar], Scheinleistung 13,5 [kVA]
- Abluft: Wirkleistung 6,3 [kW], Leistungswinkel 0,53 [-], Blindleistung 10,2 [kVar], Scheinleistung 11,8 [kVA]



## 8 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] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand. Berlin, 2009
- [5] Knissel, Jens: Berechnungsgrundlagen des TEK-Tools; Teilbericht im Rahmen des Forschungsprojekts „Teilenergiekennwerte von Nicht-Wohngebäuden“ (FKZ :03274331J) gefördert vom BMWi/PTJ; Darmstadt 2011
- [6] Bundesministerium für Verkehr-, Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS): Kosten energierelevanter Bau- und Anlagenteile bei der energetischen Modernisierung von Wohngebäuden. BMVBS Online-Publikation Nr. 07/2012
- [7] Institut für Wohnen und Umwelt: Kostenschätzungen durchgeführt im Rahmen des Forschungsprojektes Typologiegestützte Analyseinstrumente für die energetische Bewertung bestehender Nichtwohngebäude; noch nicht veröffentlicht.

## 9 Anhang: Datenerhebung

### 9.1 Vom Eigentümer zur Verfügung gestellte Unterlagen

Beschreibung	Aktualität (- / 0 / +)	Bemerkung
<input type="checkbox"/> Architektenpläne <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> bemaßte Grundrisse, 1:200</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> bemaßte Schnitte, 1:200</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Ansichten</li> </ul>	+	
<input type="checkbox"/> Baubeschreibung		
<input type="checkbox"/> EnEV-Nachweis oder Vergleichbares zum Bauantrag/Baufertigstellung		
<input type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" 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 type="checkbox"/> Technische Unterlagen Gebäudehülle <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Bauteilkatalog</li> <li><input type="checkbox"/> Sonstiges</li> </ul>		
<input 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>		
<input type="checkbox"/> Technische Unterlagen Kälteversorgungsanlagen <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>		
<input type="checkbox"/> Technische Unterlagen RLT-Anlagen		



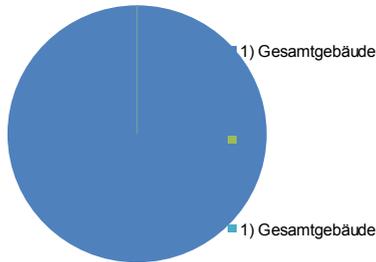
<input type="checkbox"/> Schemata <input type="checkbox"/> Anlagen- und Funktionsbeschreibung <input type="checkbox"/> Lüftungsgesuch <input type="checkbox"/> Abnahmemessungen <input type="checkbox"/> Darstellung der Versorgungsbereiche im Grundriss		
<input type="checkbox"/> Technische Unterlagen Beleuchtungsanlage <input type="checkbox"/> Anlagen- und Funktionsbeschreibung <input type="checkbox"/> Darstellung der Versorgungsbereiche im Grundriss		
<input type="checkbox"/> Wartungsunterlagen <input type="checkbox"/> Verträge <input type="checkbox"/> Protokolle		
<input checked="" type="checkbox"/> Sonstige Unterlagen	+	Aufstellbedingungen für das Messgerät im CIM-Labor.

## 9.2 Annahmen aufgrund fehlender Daten

Nr.	Größe	Angenommene Ausprägung	Bemerkung
1	Gebäudehülle		Da Aufbau mit Ausnahme der Außenwand nicht bekannt, wurde auf baualtertypische Standardwerte der Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand zurückgegriffen. Der U-Wert der Außenwand wurde rechnerisch überprüft und stimmt für dieses Gebäude mit dem Standardwert überein.

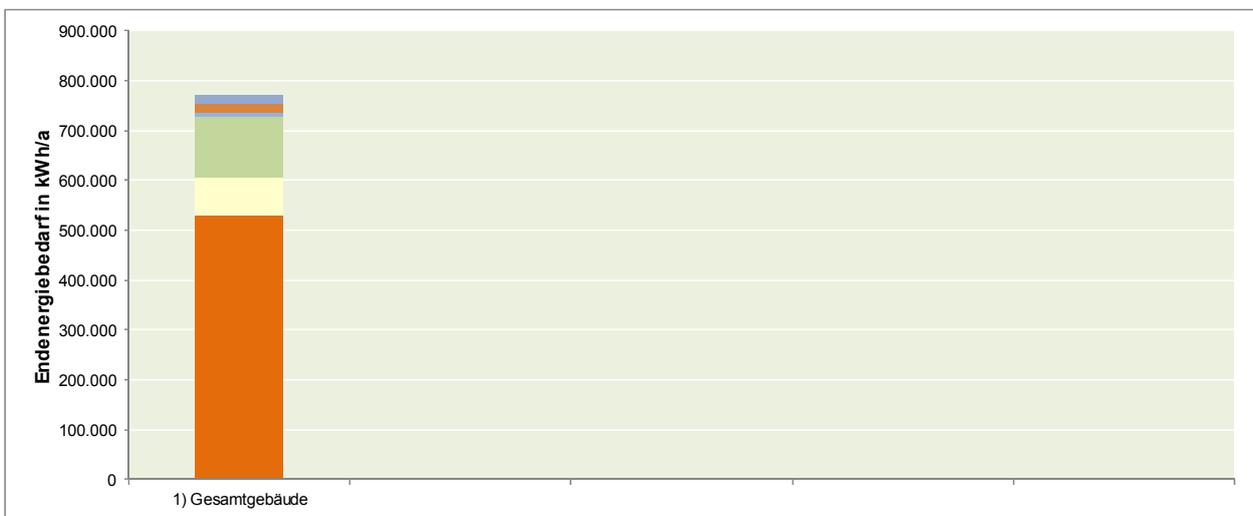
# 10 Anhang: TEK – Bewertung je Nutzungseinheit

## 2.1 Flächen der Nutzungseinheiten



	Fläche m <sup>2</sup>	Anteil an beh. NGF
1) Gesamtgebäude	2.877	100%
	2.877	100%

## 2.2 Endenergiebedarf der Gewerke je Nutzungseinheit



## 2.3 Teilenergiekennwertbewertung je Nutzungseinheit

Bezeichnung	1) Gesamtgebäude		#WERT!		#WERT!		#WERT!		#WERT!	
	Fläche der Nutzungseinheit	2877 m <sup>2</sup>	TEK-Bew. ert.	PE-Kennw. ert						
			kWh/(m <sup>2</sup> a)							
Arbeitshilfen	Mittel	7	-	-	-	-	-	-	-	-
Dampf	Sehr hoch	6	-	-	-	-	-	-	-	-
Kälte	Sehr hoch	3	-	-	-	-	-	-	-	-
Luftförderung	Sehr hoch	43	-	-	-	-	-	-	-	-
Beleuchtung	Hoch	25	-	-	-	-	-	-	-	-
Warmwasser		0	-	-	-	-	-	-	-	-
Heizung	Mittel	185	-	-	-	-	-	-	-	-

Abbildung 10-1: Bewertung je Nutzungseinheit



## 11 Anhang: TEK – Bewertung auf Zonenebene

3.1 Heizung										
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) Verkehrsflächen	19 Verkehrsflä	625	1	Hoch	136,2	63,7	2.139	44,1	19,4	2.269
2) WC	16 WC, Sanitä	135	1	Hoch	304,2	146,0	2.084	95,0	208,8	455
3) Büro	02 Gruppenbü	508	1	Hoch	163,7	96,0	1.705	41,1	77,4	531
4) Lager/Technik	20 Lager, Tec	39	1	Mittel	144,8	61,1	2.369	53,8	27,4	1.964
6) Hörsaal	08 Klassenzim	1.145	1	Mittel	167,2	108,2	1.545	44,8	153,3	292
7) CIM_Labor gekühlt (Altger 36 Labor		24	1	Hoch	1100,6	1936,0	569	203,0	335,5	605
8) Labor	36 Labor	163	1	Mittel	348,5	201,2	1.732	203,0	335,5	605
9) Rechnerraum gekühlt (Bj. 08 Klassenzim		165	1	Hoch	179,4	101,9	1.761	44,8	153,3	292
10) Rechnerraum gekühlt (Bj. 08 Klassenzim		73	1	Mittel	164,4	94,9	1.732	44,8	153,3	292

Tabelle 11-1: Bewertung auf Zonenebene - Heizung



### 3.2 Beleuchtung

Nr. und Name	Std.-nutzung	Fläche m <sup>2</sup>	Nr. Beleuch- tungsanlage	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) Verkehrsflächen	19 Verkehrsflä	625	1	Mittel	6,4	4,2	1.530	1,4	4,5	317
2) WC	16 WC, Sanitä	135	1	Gering	5,8	4,2	1.381	2,3	9,0	259
3) Büro	02 Gruppenbü	508	2	Mittel	33,7	23,2	1.454	23,2	15,4	1.509
4) Lager/Technik	20 Lager, Techn	39	1	Mittel	0,6	4,2	146	0,5	3,0	172
6) Hörsaal	08 Klassenzim	1.145	4	Hoch	30,5	15,6	1.959	9,3	7,9	1.178
7) CIM_Labor gekühlt (Altger 36 Labor		24	3	Hoch	33,9	17,4	1.948	16,0	15,4	1.043
8) Labor	36 Labor	163	3	Mittel	38,0	17,4	2.183	19,1	15,4	1.241
9) Rechnerraum gekühlt (Bj. 08 Klassenzim		165	3	Hoch	35,8	17,4	2.059	13,6	7,9	1.721
10) Rechnerraum gekühlt (B.08 Klassenzim		73	3	Hoch	38,9	17,4	2.239	17,6	7,9	2.237

**Tabelle 11-2: Bewertung auf Zonenebene: Beleuchtung**



3.3 Luftförderung										
Nr. und Name	Std.-nutzung	Fläche m <sup>2</sup>	Nr. RLT- anlage	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) Verkehrsflächen	19 Verkehrsflä	625	0							
2) WC	16 WC, Sanitär	135	0							
3) Büro	02 Gruppenbü	508	0							
4) Lager/Technik	20 Lager, Techn	39	0							
6) Hörsaal	08 Klassenzir	1.145	0							
7) CIM_Labor gekühlt (Altger 36 Labor		24	1	Sehr hoch	5132,4	587,5	8.736	125,0	20,8	6.000
8) Labor	36 Labor	163	0							
9) Rechnerraum gekühlt (Bj. 08 Klassenzir		165	0							
10) Rechnerraum gekühlt (B.08 Klassenzir		73	0							

Tabelle 11-3: 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) Verkehrsflächen	19 Verkehrsflä	625	1							
2) WC	16 WC, Sanitä	135	1							
3) Büro	02 Gruppenbü	508	1							
4) Lager/Technik	20 Lager, Techn	39	1							
6) Hörsaal	08 Klassenzir	1.145	1							
7) CIM_Labor gekühlt (Altger 36 Labor		24	1	Sehr hoch	328,4	119,9	2.739	0,0	0,0	542
8) Labor	36 Labor	163	1							
9) Rechnerraum gekühlt (Bj. 08 Klassenzir		165	1	Sehr hoch	7,9	13,2	600	0,0	0,0	319
10) Rechnerraum gekühlt (B.08 Klassenzir		73	1	Sehr hoch	6,2	11,6	538	0,0	0,0	319

**Tabelle 11-4: Bewertung auf Zonenebene: Kälte**



3.5 Dampfbefeuchtung										
Nr. und Name	Std.-nutzung	Fläche m <sup>2</sup>	Nutz.- einheit	Ist-Wert Zone (Endenergie)				Vergleichswert - gering		
				TEK-Bew ert.	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) Verkehrsflächen	19 Verkehrsflä	625	1							
2) WC	16 WC, Sanitä	135	1							
3) Büro	02 Gruppenbü	508	1							
4) Lager/Technik	20 Lager, Tecl	39	1							
6) Hörsaal	08 Klassenzir	1.145	1							
7) CIM_Labor gekühlt (Altger 36 Labor		24	1	Sehr hoch	675,0	2792,4	242	176,8	431,0	410
8) Labor	36 Labor	163	1							
9) Rechnerraum gekühlt (Bj. 08 Klassenzir		165	1							
10) Rechnerraum gekühlt (B.08 Klassenzir		73	1							

Tabelle 11-5: Bewertung auf Zonenebene Dampfbefeuchtung

## 12 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	absolut	W/(m²K)	-
	m² <sub>BTF</sub> /m² <sub>NGF</sub>	m² <sub>BTF</sub>		
Außenwand	0,356	1.024	0,60	-
Dach	0,540	1.554	0,40	-
Kellerdecke	0,546	1.570	0,59	-
Fenster O,S,W	0,199	572	2,90	0,30
Fenster N	0,093	268	2,90	0,78
Fenster hor.	0,000	0	0,00	0,00
ges. Gebäude	1,734	4.988	0,92	0,45

2.1.2 Mittlere Nutzungseigenschaften	
spez. hyg. Mindestaußenluftvolumenstrom	7,84 m³/(m²h)
Raumsolltemperatur Heizung	21,0 °C
Raumsolltemperatur Kühlung	20,9 °C
Wartungswert der Beleuchtungsstärke	297 Lux
Nutzungszeit	3.220 h/a
Wärmequellen (Personen und Arbeitshilfen)	100 Wh/(m²d)

2.1.5 Luftförderung	Zuluftvent.	Abluftvent.	
Nennvolumenstrom	4.500	4.500	m³/h
Dimensionierungsfaktor	750%	750%	
installierte Leistung	7,80	6,30	kW
spezifische Ventilatorleistung	6,24	5,04	kW/(m³ s)
Vollbetriebszeit	8736	8736	h/a
Endenergiebedarf	23,7	19,1	kWh/(m²a)
Primärenergiebedarf	61,6	49,7	kWh/(m²a)

2.1.6 Wärmeerzeugung Heizung und Warmwasser (zentral + dezentral)	
Nutzenergiebedarf	163,4 kWh/(m²a)
davon Warmwasser	0,0 kWh/(m²a)
zusätzliche Verluste Verteilung*	21,2 kWh/(m²a)
Erzeugernutzwärmeabgabe	184,6 kWh/(m²a)
Nennleistung (Soll: Heiz. berechnet * 1,3)	439 kW
Dimensionierungsfaktor** (nur zentr. Erz.)	0%
Erzeugeraufwandszahl	1,00 -
Endenergie Wärmeerzeugung	184,6 kWh/(m²a)
davon elektrische Energie	0 %
Primärenergie Wärmeerzeugung	240,0 kWh/(m²a)

Tabelle 12-1: 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>NGE</sub> a)		
Raumsystem	162,7	8,0	-
RLT-Anlage	0,7	2,0	4,9
Summe	163	10	-

max. Heiz- bzw. Kühllast	Heizung	Kälte
	W/m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub>	
Raumsystem	106	4
RLT-Anlage	11	3
Summe	117	7

### 2.1.4 Beleuchtung

installierte Leistung	40 kW
mittlere Bew ertungsleistung	14,0 W/m <sup>2</sup>
Vollbetriebszeit	1.800 h/a
Endenergie Beleuchtung	25 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Primärenergie Beleuchtung	66 kWh/(m <sup>2</sup> a)

### 2.1.7 Kälteerzeugung (zentral + dezentral)

Nutzenergiebedarf	10,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)
zusätzliche Verluste Übergabe, Verteilung	2,3 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Erzeugernutzkälteabgabe	12,2 kWh/(m <sup>2</sup> a)
maximale thermische Kälteleistung	21 kW
Dimensionierungsfaktor*** (nur zentr. Erz.)	158%
Jahreskälteleistungszahl	3,66 -
Endenergie Kälteerzeugung	3,4 kWh/(m <sup>2</sup> a)
davon elektrische Energie	100 %
Primärenergieenergie Kälteerzeugung	8,7 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Endenergie Hilfsenergie Kälte	0,6
Teilkenwert Kalt-/Kühlwasserdistribution	138,5 kWh/(KW a)

### 2.1.8 Dampferzeugung

Endenergiefaktor	1,16 -
Endenergie Dampferzeugung	6 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Primärenergie Dampferzeugung	15 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 12-2: Gebäudebezogene Übersichtsdarstellung (Kennwerte auf Energiebezugsfläche bezogen) – Teil 2**

### 2.2.2 Zoneninformationen

2.877 m <sup>2</sup> Grundfläche aller beheizten Zonen				Konditionierung ( 1=vorhanden)			Nutzenergie			
262 m <sup>2</sup> Grundfläche aller gekühlten Zonen							Heizung		Kälte	
Zonenname	Standard-nutzung	Zonen-fläche m <sup>2</sup>	RLT-Anlage Nr	Heizung / Warmwasser	mech. Lüftung	Kälte Befeuchtung	Zone+RLT	Erzeuger	Zone+RLT	Erzeuger
Kennwerte bezogen auf die gesamte beheizte bzw. gekühlte Fläche		2.877					163	185	109	135
Zone 1	Verkehrsflächen	19 Verkehrsflä	625			/	114,9	136,2		
Zone 2	WC	16 WC, Sanitär	135			/	283,0	304,2		
Zone 3	Büro	02 Gruppenbü	508			/	142,5	163,7		
Zone 4	Lager/Technik	20 Lager, Techn	39			/	123,6	144,8		
Zone 5										
Zone 6	Hörsaal	08 Klassenzim	1.145			/	146,0	167,2		
Zone 7	CIM_Labor gekühlt (Altgerät)	36 Labor	24	1		1 / 1	1079,3	1100,6	992,4	1221,9
Zone 8	Labor	36 Labor	163			/	327,2	348,5		
Zone 9	Rechnerraum gekühlt (Bj. 201 08 Klassenzim		165			1 /	158,2	179,4	21,6	26,6
Zone 10	Rechnerraum gekühlt (Bj. 200 08 Klassenzim		73			1 /	143,2	164,4	17,1	21,0

1) Flächenbezug: Zonenfläche

**Tabelle 12-3: Übersicht Zonen**



### 2.2.3 Beleuchtungsanlagen

2.877 m <sup>2</sup> Grundfläche aller belichteten Zonen										
Zonenname	Zonen- fläche m <sup>2</sup>	Beleuchtungssystem Nr. / Bezeichnung	Beleuchtungs- stärke Lux	elektrische Bewertungsleistung			Regelung	Endenergie- bedarf kWh/(m <sup>2</sup> a) <sup>1</sup>		
Kennwerte bezogen auf die gesamte belichtete Fläche		2.877	297	W/m <sup>2</sup> <sup>1</sup>	W/(m <sup>2</sup> 100lux)	Ermittlung		25		
Zone 1	Verkehrsflächen	625	1 / Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG	100	4,2	4,2	Lamp. zählen	man.	6	
Zone 2	WC	135	1 / Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG	200	4,2	2,1	Lamp. zählen	man.	6	
Zone 3	Büro	508	2 / Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG	500	23,2	4,6	Lamp. zählen	man.	34	
Zone 4	Lager/Technik	39	1 / Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG	100	4,2	4,2	Lamp. zählen	man.	1	
Zone 5										
Zone 6	Hörsaal	1.145	4 / Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG	300	15,6	5,2	Lamp. zählen	man.	30	
Zone 7	CIM_Labor gekühlt (Altgerät)	24	3 / Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG	500	17,4	3,5	Lamp. zählen	man.	34	
Zone 8	Labor	163	3 / Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG	500	17,4	3,5	Lamp. zählen	man.	38	
Zone 9	Rechnerraum gekühlt (Bj. 201	165	3 / Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG	300	17,4	5,8	Lamp. zählen	man.	36	
Zone 10	Rechnerraum gekühlt (Bj. 200	73	3 / Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG	300	17,4	5,8	Lamp. zählen	man.	39	

1) Flächenbezug: Zonenfläche

**Tabelle 12-4: Übersicht Beleuchtungsanlagen**



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

Bezeichnung	belüftete Fläche m²	Heiz-/Kühlregister	Befeuchter / WRG <sup>1</sup>	Zuluft		Abluft		Dimensionierungsfaktor <sup>2</sup>	spezifische Leistungsauf. kW/(m³/s)	Endenergie kWh/(m²a) bzw. Anteil	Teilkenwert DIN V 18599 kWh/(m³/h a)
				max. Vol- umenstrom m³/h	max. elektr. Leistung kW	max. Vol- umenstrom m³/h	max. elektr. Leistung kW				
Kennwerte bez. a. d. ges. mech. bel. Fläche				4.500	7,80	4.500	6,30	750%	5,64	5.132,40	82,27
RLT 1	RLT CIM-Labor	24	Hz+Kühlreg. Dmpf / WF) 0,7	4.500	7,80	4.500	6,30	750%	5,64	100%	82,27

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 12-5: Übersicht RLT-Anlagen**

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

	vers. Fläche m²	Leistung kW	Erzeugerauf- wandszahl	Endenergie kWh/(m²a) <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)**

2.877	m²	Grundfläche aller über zentrale Wärmeerzeuger beheizten Zonen				
0	m²	Grundfläche aller über zentrale Wärmeerzeuger mit Warmwasser versorgten Zonen				
Bezeichnung	Erzeugerart	Baujahr	thermische Nennleistung <sup>2</sup> kW	Erzeugerauf- wandszahl		Endenergie kWh/(m²a) bzw. Anteil
				Heizung	Warmwasser	
Kennwerte bezogen auf die gesamte zentral beheizte Fläche			0	1,00	1,00	185
Wärmeerz. 1	Nahwärmenetz	Fernwärme		1,00	1,00	100%
Wärmeerz. 2						

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

**Tabelle 12-6: 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	238	10,15	0,30	7,4
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)**

24 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			22,0	0,00	0,00	0,0	0,00	328,4
Erz. 1	Kältemaschine CIM-Labor	Luftgekühlt - Kolben-/Scrollverdichter - ein/aus (bei unbekannt)	1990	22,0	2,80	1,33	3,7	0,27
Erz. 2								100%

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

**Tabelle 12-7: Übersicht Kälteerzeuger**