

# Energieberatungsbericht zum Hochschulgebäude L, Fulda

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

Stand: 21.11.2012

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> </ul>
Geschäftsadresse	Institut Wohnen und Umwelt GmbH Rheinstraße 65 64295 Darmstadt  Tel. +49 (0) 6151 / 2904 -0 Fax +49 (0) 6151 / 2904 -97
Autoren	Wiebke Kirchhof, Jens Knissel
Dokument	2012_11_21 Beratungsbericht Hochschule Fulda Gebaeude L.doc

**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

21.11.2012, 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
4.3 Rechnerische Bilanzierung des Energieaufwandes des Gebäudes.....	8
4.3.1 Vergleich der Berechnung mit dem gemessenen Verbrauch.....	8
4.3.2 Berechnete Energiekennwerte.....	9
<b>5 Gebäudeanalyse über Teilenergiekennwertbewertung</b> .....	<b>13</b>
<b>6 Modernisierungsempfehlungen</b> .....	<b>15</b>
6.1 Modernisierungsempfehlung 1: Außenwanddämmung.....	15
6.2 Modernisierungsempfehlung 2: Präsenzmelder Verkehrsflächen.....	16
6.3 Modernisierungsempfehlung 3: Maßnahmenkombination.....	16
6.4 Zusammenfassung und Vergleich.....	17
<b>7 Durchgeführte Messungen</b> .....	<b>19</b>
<b>8 Anhang – Literatur</b> .....	<b>20</b>
<b>9 Anhang: Datenerhebung</b> .....	<b>21</b>
9.1 Vom Eigentümer zur Verfügung gestellte Unterlagen.....	21
9.2 Annahmen aufgrund fehlender Daten.....	22
<b>10 Anhang: Weitere Analysen zum Lastgang des Gebäudes</b> .....	<b>22</b>
<b>11 Anhang: TEK – Bewertung je Nutzungseinheit</b> .....	<b>23</b>
<b>12 Anhang: TEK – Bewertung auf Zonenebene</b> .....	<b>24</b>
<b>13 Anhang: TEK - Kurzdokumentation</b> .....	<b>27</b>





## 1 Zusammenfassung

Im vorliegenden Energieberatungsbericht wird das zu bewertende Gebäude mit Hilfe einer Gebäudeanalyse nach dem Verfahren Teilenergiekennwerte von Nicht-Wohngebäuden (TEK) untersucht. Bei dem untersuchten Objekt handelt es sich um ein massives Gebäude in kompakter, rechteckiger Bauweise aus dem Jahr 1936. Ursprünglich wurde das Gebäude vom Bundesgrenzschutz genutzt und ging später in den Besitz der Hochschule Fulda über. Im Jahr 2007 fanden einige Umbau- und Sanierungsmaßnahmen am Gebäude statt, so dass es sich derzeit in einem sehr guten baulichen und anlagentechnischen Zustand befindet.



Der Primärenergiebedarf des Objekts beträgt  $187,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Unter Berücksichtigung der vorhandenen Nutzung wird dieser Energieaufwand als „gering“ eingestuft. Somit liegt der Bedarf etwas unter dem Mittelwert für vergleichbare Bestandsgebäude.

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

Aus den Untersuchungen können folgende Handlungsempfehlungen abgeleitet werden:

- Modernisierungsempfehlung 1: Der bauliche Wärmeschutz des Gebäudes wurde bereits durch unterschiedliche Sanierungsmaßnahmen in den meisten Bereichen deutlich verbessert. Das derzeit schlechteste Bauteil mit der thermisch größten Bedeutung stellt die Außenwand dar. Diese entspricht noch dem Baualter und sollte demzufolge energetisch erüchtigt werden. Obwohl das Gebäude unter Denkmalschutz steht wird eine außenseitige Dämmung vorgeschlagen, da Sie zum einen deutliche Vorteile aus baulicher Sicht hat und

andererseits das Gebäude kürzlich von innen renoviert wurde. Diese Maßnahme würde bei dem untersuchten Gebäude zu einer Reduzierung der Endenergie für Heizung von 75,4 kWh/(m<sup>2</sup> a) auf 62,8 kWh/(m<sup>2</sup> a) führen. Bei der vorgeschlagenen Maßnahme wird davon ausgegangen, dass Sie im Rahmen von ohnehin anfallenden Arbeiten / Ausbesserungen an der Fassade durchgeführt wird. Aus diesem Grund werden nicht die vollen Kosten von 90€/m<sup>2</sup> angesetzt, sondern ein Abzug von 50% (Sowieso-Kosten) angenommen. Die sich daraus ergebenden Investitionskosten belaufen sich insgesamt auf ca. 55.400€. Die Maßnahme würde zu einer jährlichen Einsparung von 3.000€ führen.

- Modernisierungsempfehlung 2: Die Verkehrsflächen sind weitestgehend ohne Tageslichteinfall, da sie innen liegend sind. Aus diesem Grund werden dort Präsenzmelder vorgeschlagen, die den elektrischen Bedarf reduzieren. Insgesamt kann der Aufwand für die Beleuchtung von 14,7 kWh/(m<sup>2</sup> a) auf 13,3 kWh/(m<sup>2</sup> a) reduziert werden. Zu beachten ist, dass aufgrund der reduzierten Wärmelasten der Beleuchtung der Energiekennwert für Heizung mit etwa 1 kWh/(m<sup>2</sup> a) leicht ansteigt. Bei der vorgeschlagenen Maßnahme werden die vollen Kosten von 4,91€/m<sup>2</sup> angesetzt. Die sich daraus ergebenden Investitionskosten belaufen sich insgesamt auf ca. 3.100€. Die Maßnahme würde zu einer jährlichen Einsparung von 1.000€ führen.
- Modernisierungsempfehlung 3: Es wird eine Kombination aus den vorgestellten Maßnahmen 1 und 2 vorgestellt. Da beide Einzelmaßnahmen bereits wirtschaftlich sind, erzielt die Maßnahmenkombination ebenfalls eine Einsparung.



## 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:

### **Fachhochschule Fulda – Gebäude L; Leipziger Straße 119; 36037 Fulda**

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 L der Hochschule Fulda wurde ursprünglich vom Bundesgrenzschutz genutzt und ging vor einigen Jahren in den Besitz der Hochschule über. Sowohl der Fachbereich „Lebensmitteltechnologie“ als auch der Fachbereich „Pflege und Gesundheit“ sind mittlerweile dort untergebracht. Das Gebäude besitzt drei Vollgeschosse, sowie ein Kellergeschoß und hat ein Walmdach.

1.1 Allgemeine Projektinformationen		
CO2-neutrale Hochschulen _ Gebäudeanalysen		
Gebäude	Eigentümer	Energieberatung
Gebäude L Hochschule Fulda Leipziger Straße 119 36037 Fulda	Hochschule Fulda	Universität Kassel FG Technische Gebäudeausrü Gottschalkstr. 28 34127 Kassel



1.2 Allgemeine Gebäudeeigenschaften			
Gebäudekategorie	Hochschulen	en. Qualität Gebäudehülle $H_T$	0,81 $W/(m^2_{BT}K)$
Unterkategorie	Institutsgebäude für Lehre und Forschung	en. Qualität Lüftung $H_V$ Fensterant. (oberirdisch)	0,30 $W/(m^2/h K)$ 17 %
Baujahr Gebäude	1936	Anzahl beheiz. Geschosse	4,0
Energiebezugsfläche	3.071 $m^2$	Anzahl der Zonen	10
davon	künst. belüftet	Anzahl der RLT-Anlagen	1
	mech. belüftet	Anzahl zentr. Kälteerz.	0
	gekühlt	Anzahl zentr. Wärmeerz.	1
	befeuchtet		
A/V-Verhältnis	0,28 $m^{-1}$		

Abbildung 3-1: Zusammenfassende Darstellung der wichtigsten Gebäudeeigenschaften

Im Jahr 2007 fanden aufwendige Sanierungsmaßnahmen statt. Dabei wurden die Fenster in den beheizten Bereichen vollständig ausgetauscht. Ausserdem wurden die Heizungsanlage, die RLT-Technik sowie die Kühltechnik erneuert. Sowohl die Dachschrägen als auch die oberste Geschosdecke wurden nachträglich mit einer Einblasdämmung versehen, der Zeitraum der Durchführung ist jedoch unbekannt.



## 4 Bewertung des Ist-Zustandes

Im Folgenden wird der Ist-Zustand des Gebäudes unter energetischen Gesichtspunkten bewertet. Hierauf aufbauend werden in Abschnitt 5 Schwachstellen aufgezeigt sowie Abschnitt 6 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

Für die Verbrauchsanalyse werden die folgenden Verbrauchsdaten des Gebäudes herangezogen:

*Fernwärme:* Monatliche Verbrauchsdaten des Hauptzählers für den Zeitraum von Mitte 2007 bis einschließlich 2011. Die Daten wurden einer Klimabereinigung gemäß [3] unterzogen. Für das Benchmarking wurden jedoch nur die Jahre 2010-2011 berücksichtigt. Da eine aufwendige Sanierung in 2008 durchgeführt wurde kam es in den Jahren 2008 und 2009 zu verhältnismäßig hohen Verbräuchen was auf die Einstellungs- und Testphase der neuen Anlagentechnik zurückzuführen ist. Die Verbräuche aus 2008 und 2009 werden deshalb nicht als repräsentativ betrachtet und fließen nicht ins Benchmarking ein.

*Elektrische Energie:* Monatliche Verbrauchsdaten des Hauptzählers für den Zeitraum von Mitte 2007 bis einschließlich 2011. Für das Benchmarking wurden die Jahre 2008-2011 berücksichtigt.

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

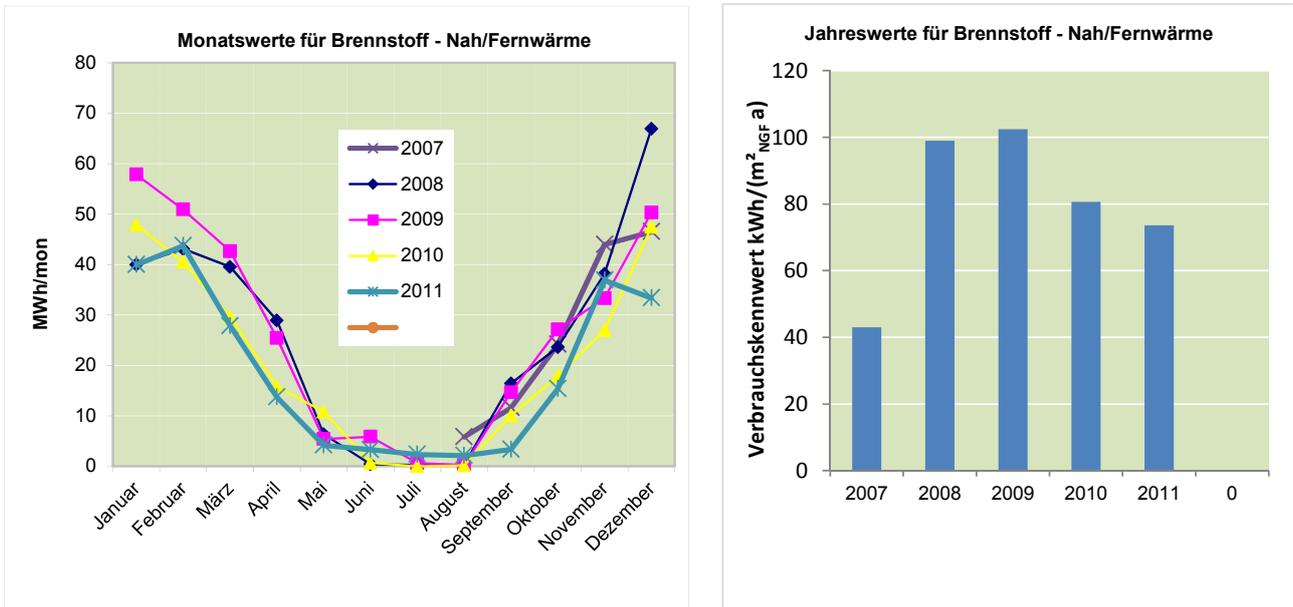


Abbildung 4-1: Witterungsbereinigte Monats- und Jahresverbräuche für Brennstoff bzw. Nah-/Fernwärme der letzten 5 Jahre)

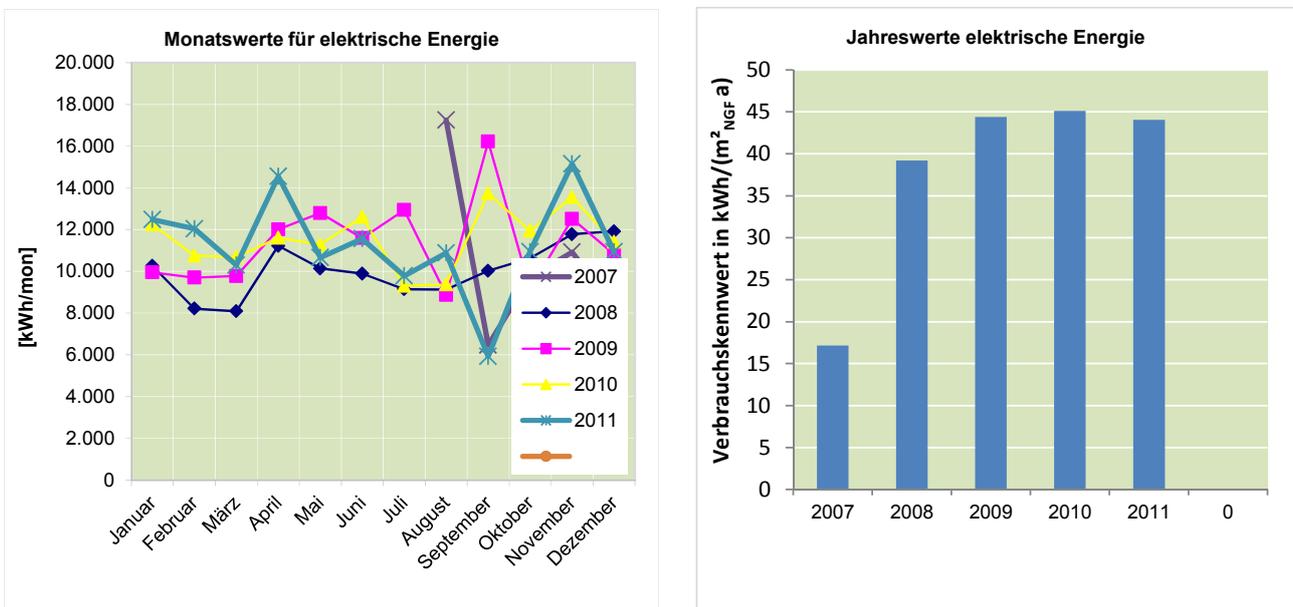
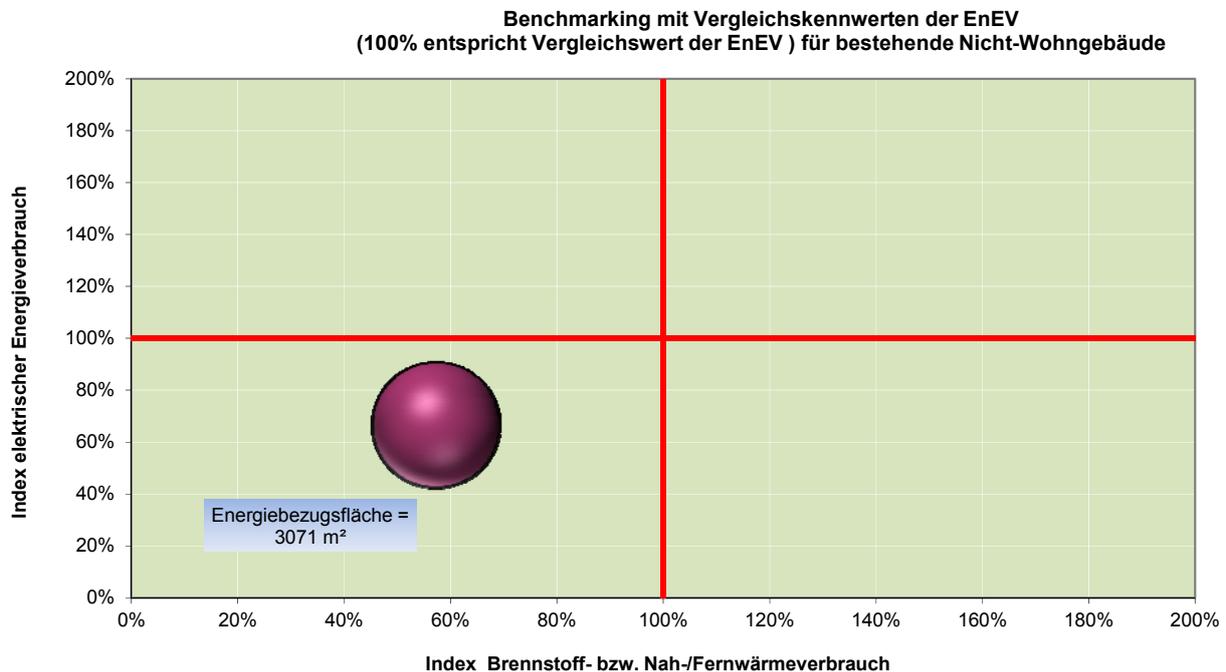


Abbildung 4-2: Monatsverbräuche elektrischer Energie der letzten 5 Jahre

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 unter-



suchten 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 %)**

Das Gebäude wurde aufgrund der eher einheitlichen Nutzung in die Kategorie „Institutsgebäude für Lehre und Forschung“ nach den o.g. Bekanntmachungen des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung [3] eingeteilt.

Wie Abbildung 4-3 zeigt, liegt das untersuchte Hochschulgebäude in Bezug auf den „Index Brennstoff- bzw. Nah-/Fernwärmeverbrauch“ unterhalb des Vergleichskennwertes der EnEV:

- Der elektrische Energieverbrauch des Gebäudes liegt mit 66% deutlich unter dem Vergleichswert der EnEV 2009.
- Der Fernwärmeverbrauch des Hochschulgebäudes liegt mit 57% deutlich unter dem Vergleichswert der EnEV 2009.

Es handelt sich also um ein Gebäude mit – gemessen an seiner Nutzung – niedrigen Verbräuchen.

## 4.2 Lastganganalysen

Für das betrachtete Gebäude konnte keine differenzierte Lastganganalyse durchgeführt werden. Da es Seitens des Energieversorgers keine Gebäudescharfe Aufzeichnung gibt und die Ermittlung durch Mitarbeiter der Hochschule mit einem nicht vertretbaren Aufwand verbunden gewesen wäre

## 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 [4].

Eine Dokumentation der wichtigsten Eigenschaften und Randbedingungen des Berechnungsmodells ist im Abschnitt 13 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 4-4 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/(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.

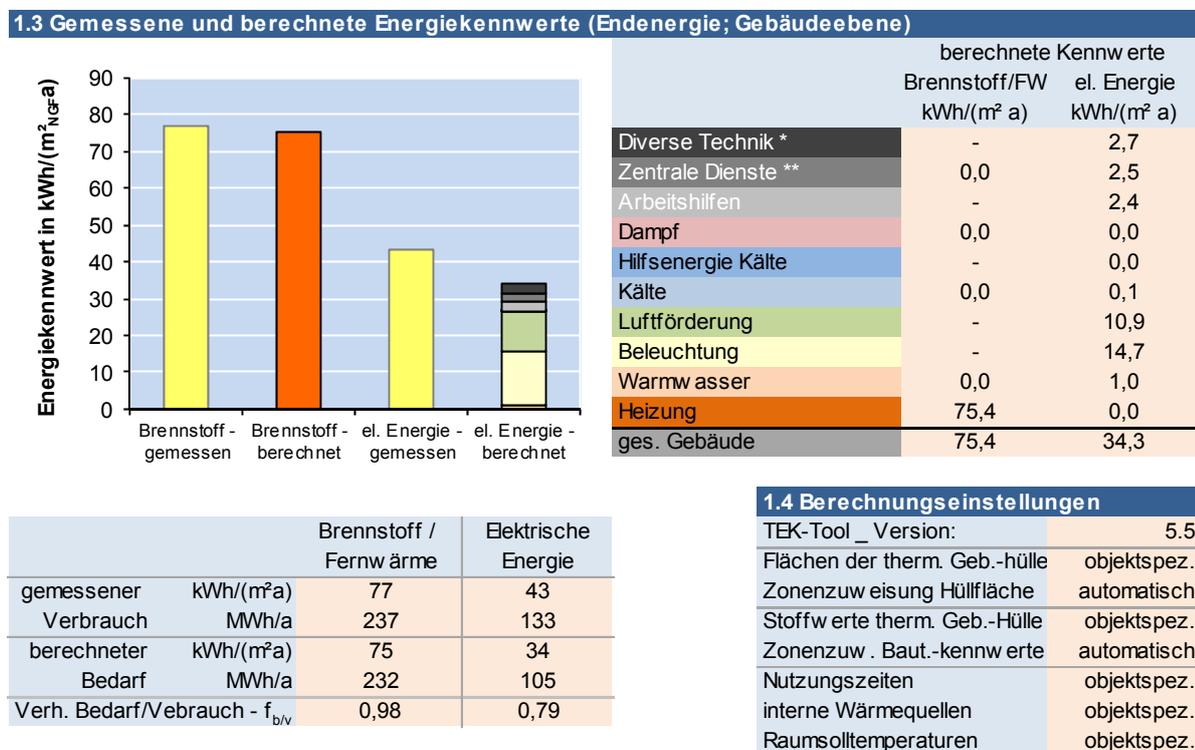


Abbildung 4-4: Vergleich von gemessenem Verbrauch und berechnetem Bedarf



Es zeigt sich dass der gemessene Wärmeverbrauch ca. 3 % größer ist als der in TEK berechnete Bedarf, was eine Differenz von 2 kWh/m<sup>2</sup> im Jahresmittel bedeutet.

Auch der tatsächliche Stromverbrauch liegt mit 8 kWh/m<sup>2</sup>a ca. 28% über dem berechneten Bedarf. Der berechnete Bedarf stimmt vor allem im Bereich der Wärme sehr nah am realen Verbrauch. Dies hängt vermutlich damit zusammen, da das Gebäude sehr klar strukturiert und somit sehr genau abbildbar ist.

#### 4.3.2 Berechnete Energiekennwerte

Auf der Grundlage der Energiebilanzberechnung wird in Tabelle 4-1 und Abbildung 4-5 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/(m<sup>2</sup>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	el. Energie		
	kWh/(m <sup>2</sup> a)					
Heizung	46,9	75,4	75,4	0,0	98,1	30,9
Warmwasser	1,0	1,0	0,0	1,0	2,6	2,1
Beleuchtung	-	-	-	14,7	38,2	9,3
Luftförderung	-	-	-	10,9	28,4	6,9
Kälte	0,1	0,2	0,0	0,1	0,1	0,0
Hilfsenergie Kälte	-	-	-	0,0	0,0	0,0
Dampf	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0
Arbeitshilfen	-	-	-	2,4	6,3	1,5
Zentrale Dienste	-	-	0,0	2,5	6,5	1,6
Diverse Technik	-	-	-	2,7	7,1	1,7
gesamt	48,0	76,6	75,4	34,3	187,3	54,0

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

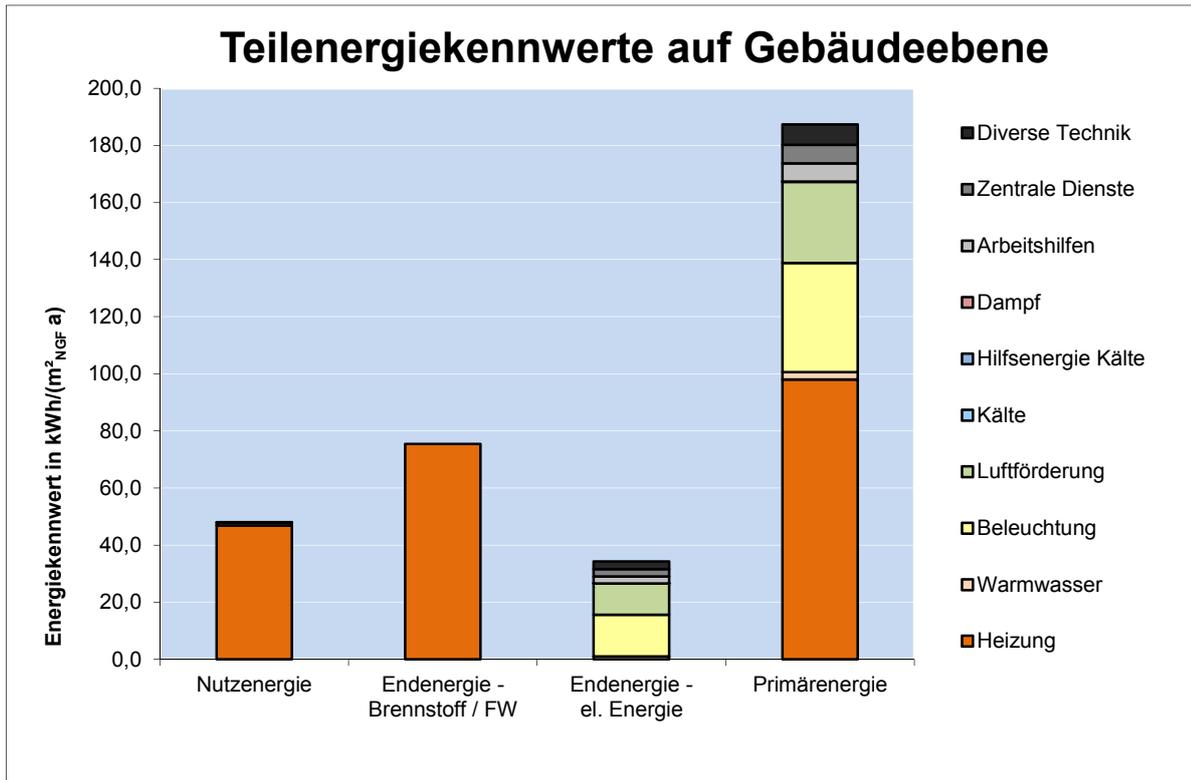


Abbildung 4-5: Teilenergiekennwerte für den Ist-Zustand

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

Sehr hoch (Bestandsgebäude mit sehr hohem Verbrauch)

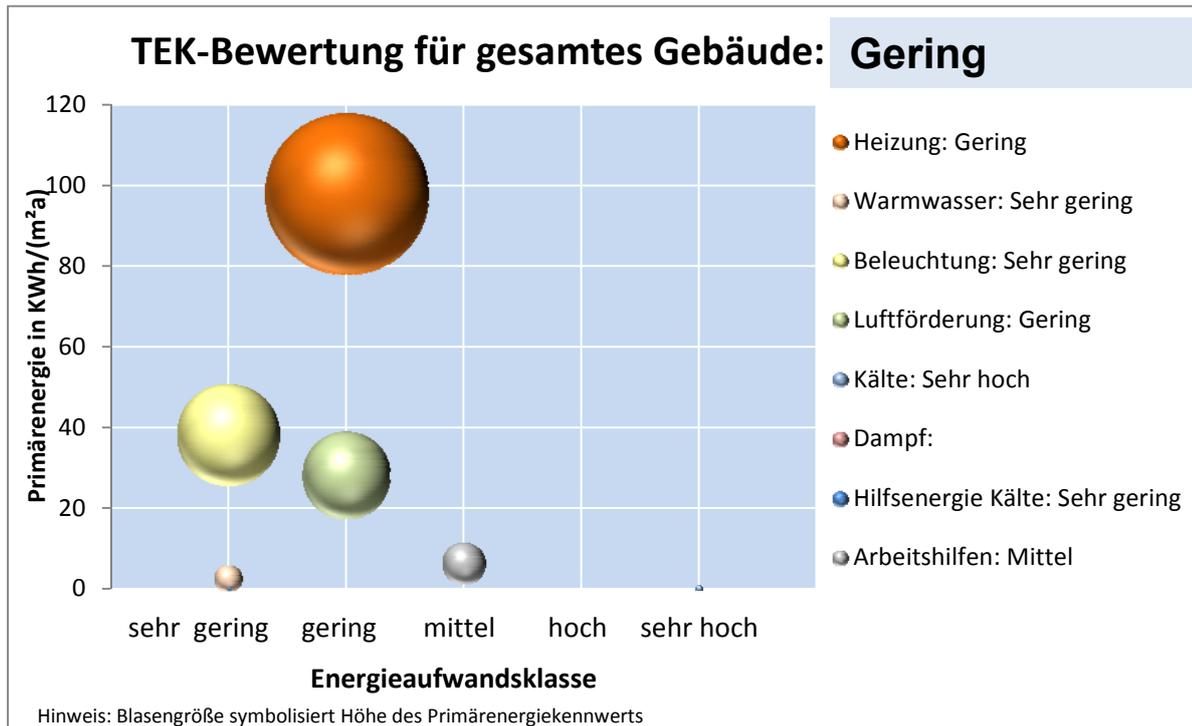
Hoch (Bestandsgebäude mit hohem Verbrauch)

Mittel (Bestand)

Gering (Neubaustandard ohne energetische Optimierung)

Sehr gering (Neubaustandard bei Einsatz besonders energieeffizienter Technologie)

(siehe [4]) ist in Abbildung 4-6 dargestellt. Bei der Teilenergiekennwertbewertung werden die Energiebedarfe der Gewerke auf Zonenebene mit typischen tabellierten Teilenergiekennwerten verglichen (siehe Abschnitt 12). Diese Bewertung wird von der Zonenebene (Abschnitt 12) über die Nutzungseinheit (Abschnitt 11) bis auf die Gebäudeebene aggregiert (siehe Abbildung 4-6). 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 4-6: Beitrag der Gewerke zum Gesamtprimärenergiebedarf des Gebäudes und TEK-Effizienzbewertung**

### Gesamtes Gebäude

Der Primärenergiebedarf für des Gebäudes beträgt 187,3 kWh/(m²a). Das gesamte Gebäude wird als „gering“ eingestuft. Diese Gesamtbewertung wird erzielt, da die wesentlichen Anteile des Gesamtprimärenergiebedarfs Heizung und Luftförderung als „gering“ eingeschätzt werden. Die Bereiche Warmwasser, Beleuchtung sowie die Hilfsenergie für Kälte werden zwar als „sehr gering“ eingeschätzt, haben jedoch durch ihren Gesamtverbrauch einen geringen Einfluss auf die Gesamtbewertung. Dies gilt ebenfalls für den Bereich Kälte der als „sehr hoch“ bewertet wird aber durch seinen Anteil in den Hintergrund rückt.

Die drei größten Anteile des Primärenergiebedarfs werden im Folgenden kurz diskutiert.

### Heizung

Die Heizung des Gebäudes liefert mit 98,1 kWh/(m²a) den größten Anteil am Primärenergiebedarf und wird als „gering“ bewertet. Die geringe Bewertung des Primärenergiebedarfs ergibt sich hauptsächlich daraus, da die Qualität der Gebäudehülle verglichen mit dem Mittelwert des Bestandes gut ist. Der spezifische Transmissionswärmetransferkoeffizient beträgt  $H_T = 0,81 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

### Luftförderung

Der Primärenergiebedarf der Luftförderung beträgt 28,4 kWh/(m²a). Er wird als „gering“ ausgewiesen. Die Bewertung resultiert daraus, dass nur Teilbereiche des Gebäudes darüber versorgt werden und große Teile über freie Fensterlüftung belüftet werden.

## Beleuchtung

Der Primärenergiebedarf der Beleuchtung beträgt 38,2 kWh/(m<sup>2</sup>a). Die gesamte Bewertung der Beleuchtung ist mit „sehr gering“ bewertet. Dies ist auf die moderne Lichttechnik mit effizienten Leuchten und elektronischen Vorschaltgeräten in fast allen Bereichen des Gebäudes zurückzuführen.



## 5 Gebäudeanalyse über Teilenergiekennwertbewertung

Im Folgenden sind mögliche Modernisierungsmaßnahmen für das Gebäude aufgelistet. Diese basieren aus 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 fünf relevantesten Maßnahmen bzw. Maßnahmenempfehlungen aus diesen und anderen Maßnahmen sind in Abschnitt 6 näher untersucht.

### Zusammenstellung möglicher Modernisierungsmaßnahmen

[zurück zu Übersicht](#)

Lfd. Nr.	Kostengruppe DIN 276 Nr. Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung	Wichtigkeit (von 1 bis 5)	Bemerkungen
1	<a href="#">334 Außentüren und -fenster</a>	Austausch der Fenster DG Holz IB 1984	2) empfohlen	Da sowohl oberste Geschoßdecke als Dachschrägen gut gedämmt wurden (nachträgliche Einblasdämmung) sollten die Fenster auf langfristige Sicht ebenfalls erneuert werden, obwohl dort voraussichtlich keine Aufenthaltsräume / Lagerräume geschaffen werden können (2ter Rettungsweg fehlt)
2	<a href="#">335 Außenwandbekleidungen, außen</a>	Außenwanddämmung aller Fassadenflächen	4) dringend	Aufbringen einer Außenwanddämmung z.B. WDVS um die Verluste über die Fassade zu mindern. Diese Maßnahme wurde bereits in Erwägung gezogen, konnte jedoch nicht stattfinden, da der Denkmalschutz dies nicht zuließ. Aufgrund des frisch sanierten Zustandes im Innenbereich sowie den starken Nutzungseinschränkungen während der Sanierungsperiode, wird eine Innendämmung nicht vorgeschlagen.
3	<a href="#">445 Beleuchtungsanlagen</a>	Präsenzmelder Flurbereiche	1) sinnvoll	Beleuchtung in den Flurbereichen mit Präsenzmelder ausrüsten, besonders im Bereich KG.
4	<a href="#">431 Lüftungsanlagen</a>	Überprüfung Leistungsbedarf RLT	1) sinnvoll	Überprüfung der Lüftungsanlage. Bei Messung wurde verhältnismäßig hoher Leistungsbedarf des Abluftventilators im Vergleich zur Zuluft festgestellt.

**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.

Weiter untersucht werden folgende drei Modernisierungsempfehlungen. Die Ergebnisse sind im Anschluss grafisch zusammengefasst. Da sich das Gebäude in einem guten energetischen Zustand befindet bieten sich neben einer Außenwanddämmung nur noch kleiner Maßnahmen an um diese zu untersuchen.

### 6.1 Modernisierungsempfehlung 1: Außenwanddämmung

Das bewertete Gebäude befindet sich bereits in einem sehr guten energetischen Zustand. Wesentliche Einsparmaßnahmen wie Austausch der Fenster, Dämmung der Dachschrägen und Dämmung der obersten Geschoßdecke wurden in den letzten Jahren bereits durchgeführt. Ein großer baulicher Schwachpunkt stellt die massive Außenwand dar. Es wurde bereits über eine außenseitige Dämmung diskutiert, dies wurde aber auf Grund der Denkmalschutzauflagen verworfen. Für die Wandflächen wird baualterstypisch ein U-Wert von  $1,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  angesetzt, der bei weitem nicht mehr modernen Anforderungen gerecht wird. Durch das Aufbringen einer 14cm starken Dämmung würde sich der U-Wert auf  $0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  reduzieren, was etwa dem Faktor 7 entspricht. Diese Maßnahme würde bei dem untersuchten Gebäude zu einer Reduzierung der Endenergie für Heizung von  $75,4 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$  auf  $62,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$  führen. Bei der vorgeschlagenen Maßnahme wird davon ausgegangen, dass Sie im Rahmen von ohnehin anfallenden Arbeiten / Ausbesserungen an der Fassade durchgeführt wird. Aus diesem Grund werden nicht die vollen Kosten von  $90\text{€}/\text{m}^2$  angesetzt, sondern ein Abzug von 50% (Sowieso-Kosten) angenommen. Die sich daraus ergebenden Investitionskosten belaufen sich insgesamt auf ca. 55.400€.

Für die Kostenschätzung wird als Basis die „Kostenfeststellung ausgeführter Projekte“ der Datenbank des IWU aus 2010 herangezogen.

Lfd. Nr.	Kostengruppe DIN 276 Nr. Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung	Wichtigkeit (von 1 bis 5)	Bemerkungen
2	335 Außenwandbekleidungen, außen	Außenwanddämmung aller Fassadenflächen	4) dringend	Aufbringen einer Außenwanddämmung z.B. WDVS um die Verluste über die Fassade zu mindern. Diese Maßnahme wurde bereits in Erwägung gezogen, konnte jedoch nicht stattfinden, da der Denkmalschutz dies nicht zuließ. Aufgrund des frisch sanierten Zustandes im Innenbereich sowie den starken Nutzungseinschränkungen während der Sanierungsperiode, wird eine Innendämmung nicht vorgeschlagen.

Abbildung 6-1: Modernisierungsempfehlung 1 – Außenwanddämmung

## 6.2 Modernisierungsempfehlung 2: Präsenzmelder Verkehrsflächen

Die Verkehrsflächen sind weitestgehend ohne Tageslichteinfall, da sie innen liegend sind. Aus diesem Grund werden dort Präsenzmelder vorgeschlagen, die den elektrischen Bedarf reduzieren, da dort die Beleuchtungsanlage häufig unnötig in Betrieb ist. Die gesamte Beleuchtungsanlage wurde 2007 vollständig erneuert und besitzt EVG, so dass dort die größte Einsparung zu erzielen ist.

Bei der vorgeschlagenen Maßnahme werden die vollen Kosten von 4,91€/m<sup>2</sup> angesetzt. Die sich daraus ergebenden Investitionskosten belaufen sich insgesamt auf ca. 3.100€.

Für die Kostenschätzung werden als Basis Kostenschätzungen und Kostenkennwerte aus der Literatur der Datenbank des IWU aus 2009 herangezogen.

Insgesamt kann der Aufwand für die Beleuchtung von 14,7 kWh/(m<sup>2</sup> a) auf 13,3 kWh/(m<sup>2</sup> a) reduziert werden. Zu beachten ist, dass aufgrund der reduzierten Wärmelasten der Beleuchtung der Energiekennwert für Heizung mit etwa 1 kWh/(m<sup>2</sup> a) leicht ansteigt.

Lfd. Nr.	Kostengruppe DIN 276 Nr. Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung	Wichtigkeit (von 1 bis 5)	Bemerkungen
2	445 Beleuchtungsanlagen	Präsenzmelder Flurbereiche	1) sinnvoll	Beleuchtung in den Flurbereichen mit Präsenzmelder ausrüsten, besonders im Bereich KG.

Abbildung 6-2: Modernisierungsempfehlung 2 – Präsenzmelder Verkehrsflächen

## 6.3 Modernisierungsempfehlung 3: Maßnahmenkombination

Als dritte Modernisierungsempfehlung werden die beiden bereits aufgeführten Maßnahmen kombiniert. Die Kosten ergeben sich aus der Summe beider Einzelpositionen.

Lfd. Nr.	Kostengruppe DIN 276 Nr. Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung	Wichtigkeit (von 1 bis 5)	Bemerkungen
2	335 Außenwandbekleidungen, außen	Außenwanddämmung aller Fassadenflächen	4) dringend	Aufbringen einer Außenwanddämmung z.B. WDVS um die Verluste über die Fassade zu mindern. Diese Maßnahme wurde bereits in Erwägung gezogen, konnte jedoch nicht stattfinden, da der Denkmalschutz dies nicht zuließ. Aufgrund des frisch sanierten Zustandes im Innenbereich sowie den starken Nutzungseinschränkungen während der Sanierungsperiode, wird eine Innendämmung nicht vorgeschlagen.
3	445 Beleuchtungsanlagen	Präsenzmelder Flurbereiche	1) sinnvoll	Beleuchtung in den Flurbereichen mit Präsenzmelder ausrüsten, besonders im Bereich KG.

Abbildung 6-3: Modernisierungsempfehlung 3 – Maßnahmenkombination

## 6.4 Zusammenfassung und Vergleich

Abschließend werden die Gesamtkosten aller Maßnahmenempfehlungen über einen Betrachtungszeitraum von 25 Jahren dargestellt. Die aktuellen Energiepreise für das Gebäude liegen bei 20 Ct./kWh<sub>el</sub> bzw. 8 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 %

Insgesamt ist bei der Betrachtung ablesbar, dass zwar Einsparpotential besteht, dies aber durch den bereits sehr guten energetischen und anlagentechnischen Zustand relativ gering ausfällt. In der Maßnahmenkombination sinken die Gesamtkosten von 73.000€ auf 70.000€, was einer jährlichen Einsparung von 3.000€ entspricht. Im Diagramm nicht ablesbar sind die vergleichbaren Jährlichen Kapitalkosten der Maßnahme 2. Dies ist dadurch begründet, dass die Investitionskosten sehr gering sind und durch die Umrechnung auf die einzelnen Jahre so niedrig ausfallen, dass sie in der Tabelle nicht angezeigt werden, da es sich um gerundete Summen handelt.

Neben den bereits aufgeführten berechneten Maßnahmen gibt es für das Gebäude zwei weitere Empfehlungen, die aber aufgrund des Umfangs zu gering sind, um sie auf diese Weise darzustellen.

- Im DG befinden sich noch isolierverglaste Fenster, die auf lange Sicht gegen wärmeschutzverglaste Fenster ausgetauscht werden sollten. Da dieser Bereich zwar durch die gut gedämmten Dachschrägen und die gedämmte oberste Geschoßdecke sich innerhalb der thermischen Hülle befindet, jedoch derzeit keinerlei Nutzung besitzt und auch nur indirekt beheizt ist, wären die Auswirkungen nur geringfügig. Ein weiterer Faktor ist die geringe Gesamtfläche (ca. 18m<sup>2</sup>), die diese Maßnahme eher zu einer untergeordneten Position werden lässt.
- Die Lüftungsanlage sollte überprüft werden. Da bei der durchgeführten Messung im Rahmen der Begehung ein verhältnismäßig hoher Leistungsbedarf der Abluft im Vergleich zur Zuluft festgestellt wurde, besteht hier evtl. ebenfalls Optimierungspotential.

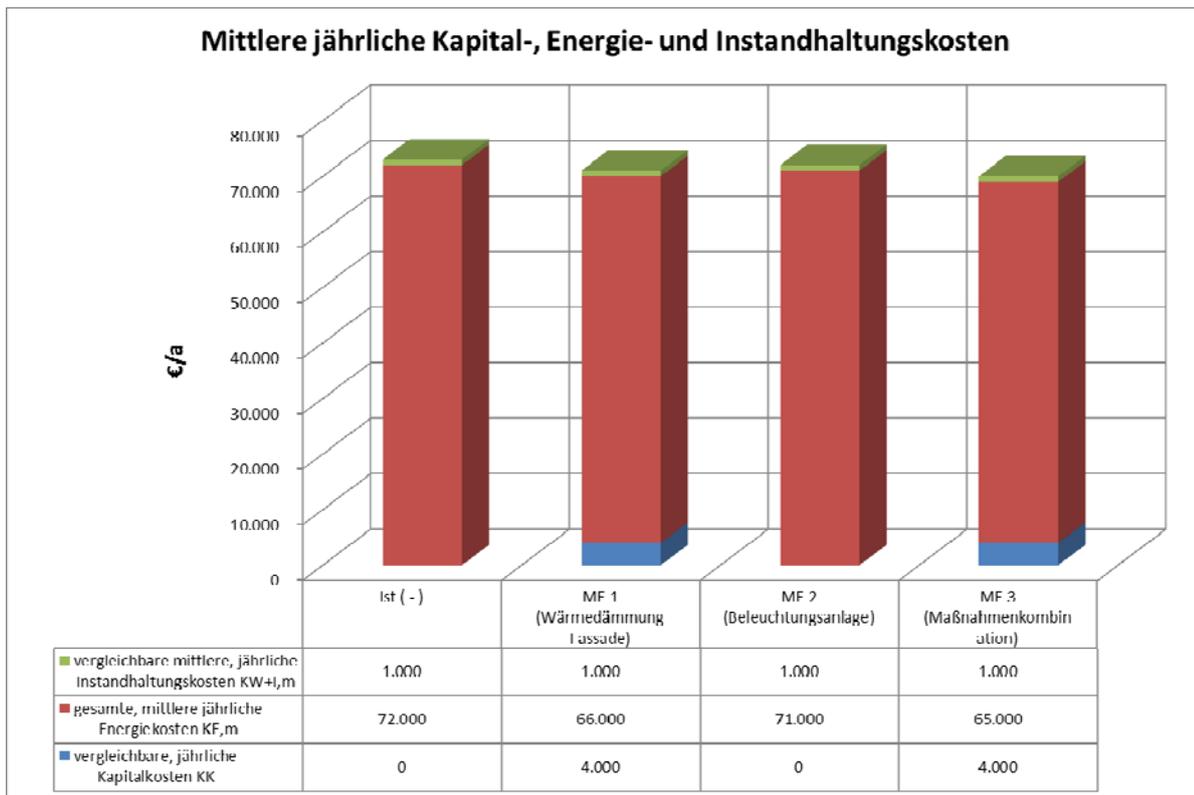


Abbildung 6-4 Vergleich der jährlichen Kapital-, Energie- und Instandhaltungskosten der verschiedenen Maßnahmenempfehlungen

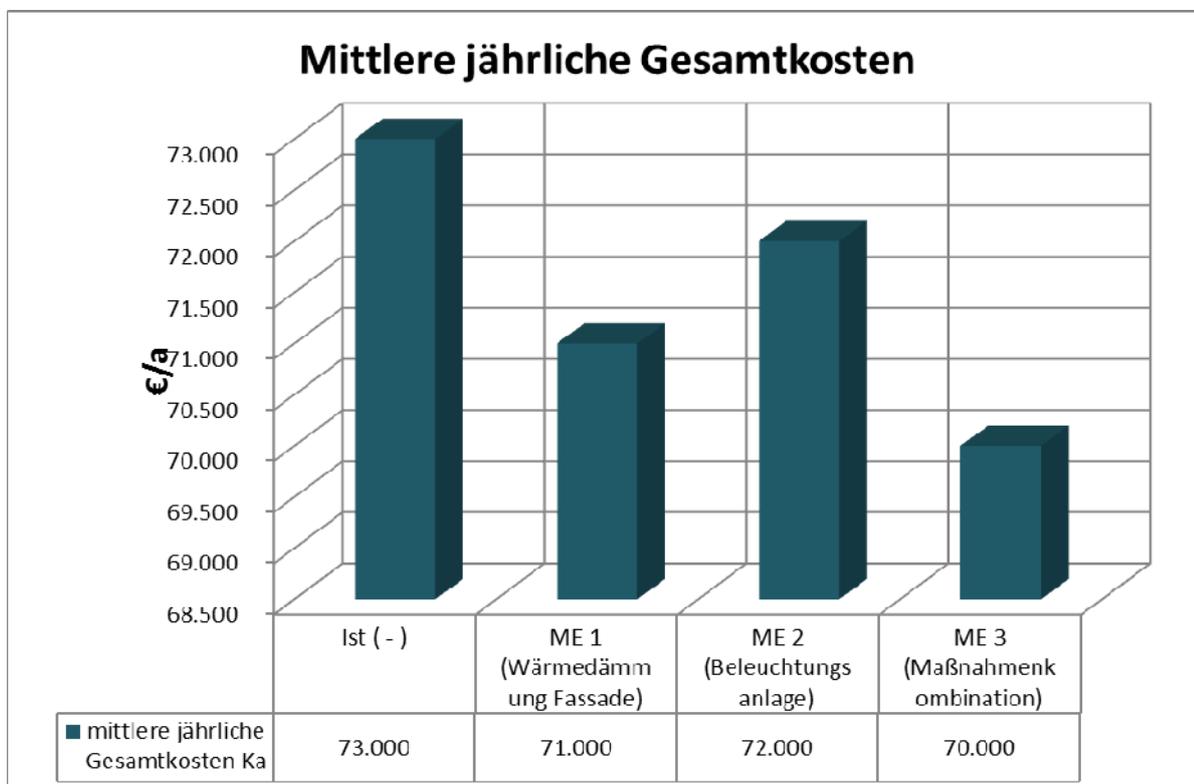


Abbildung 6-5 Vergleich der jährlichen Gesamtkosten der verschiedenen Maßnahmenempfehlungen

## 7 Durchgeführte Messungen

An der zentralen Zu- und Abluftanlage, die sich im Dachgeschoß des Gebäudes befindet wurden Leistungsmessungen durchgeführt, um deren Energieverbrauch in Kombination mit vorgegebenen Nutzungszeiten bestimmen zu können.

Es handelt sich um eine Momentanwert-Messung, bei der auf Grund der volumenstromvariablen Anlage manuell auf Nennleistung umgeschaltet werden musste. Es ergibt sich dadurch eine Messungenauigkeit, da sich durch die manuelle Umschaltung die nachgeschalteten Volumenstromregler nicht automatisch öffnen. Der resultierende geringere Volumenstrom führt zu einem höheren Druck im Kanalnetz. Die sich dadurch ergebenden Abweichungen von der eigentlichen Nennleistung (bei Nennvolumenstrom und Nenndruckerhöhung) wird aber im Rahmen dieser Untersuchung als tolerabel eingeschätzt.

Die Messung wurde im Rahmen der Begehung am 21.08.2012 um 11.30 Uhr durchgeführt.

Die gemessene Lüftungsanlage hat eine Nennleistung von 7,5kW und besitzt eine Wärmerückgewinnung.

Bei der Messung ergab sich eine Wirkleistung der Zuluft im Vollbetrieb von 5,0 kW und unter Automatikbetrieb von 4,0 kW.

Für die Abluft ergab sich eine gemessene Wirkleistung im Vollbetrieb von 6,2 kW und unter Automatikbetrieb von 3,7 kW.

Auffällig dabei ist, dass unter Vollast die Abluft eine größere Wirkleistung aufweist als die Zuluft obwohl dies im Regelfall sich meist umgekehrt darstellt. Dies sollte überprüft werden, ob es an dieser Stelle evtl. ein Einsparpotential gibt.

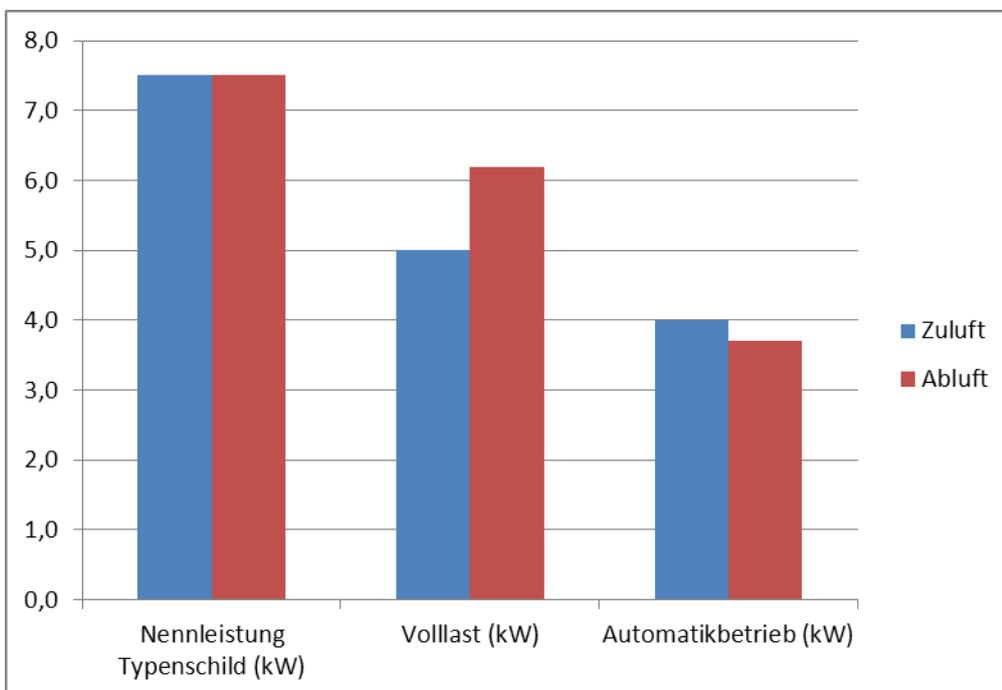


Abbildung 7-1: Übersicht der Wirk- und Nennleistung der RLT-Anlage

## 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] Knissel, Jens: Berechnungsgrundlagen des TEK-Tools; Teilbericht im Rahmen des Forschungsprojekts „Teilenergiekennwerte von Nicht-Wohngebäuden“ (FKZ :03274331J) gefördert vom BMWi/PTJ; Darmstadt 2011



## 9 Anhang: Datenerhebung

### 9.1 Vom Eigentümer zur Verfügung gestellte Unterlagen

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 checked="" type="checkbox"/> bemaßte Schnitte, 1:200</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Ansichten</li> </ul>	+	
<input type="checkbox"/> Baubeschreibung		-
<input checked="" type="checkbox"/> EnEV-Nachweis oder Vergleichbares zum Bauantrag/Baufertigstellung	-	Nachweis nach DIN V 18599 + Energieausweis
<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 checked="" 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> </ul>	+	

<input type="checkbox"/> Anlagen- und Funktionsbeschreibung <input type="checkbox"/> Darstellung der Versorgungsbereiche im Grundriss		
<input 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	+	RLT-Schema, Komponentenbeschreibung Ventilatoren
<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 type="checkbox"/> Sonstige Unterlagen		

## 9.2 Annahmen aufgrund fehlender Daten

Nr.	Größe	Angenommene Ausprägung	Bemerkung
1	g-Wert	g= 0,60	Typischer Wert für WSV
2	Temperaturen	T = 14...21 °C	Raumsolltemperaturen konnten nicht gemessen werden (Datenaufnahme im Sommer) – Angaben durch Hr. Orschel

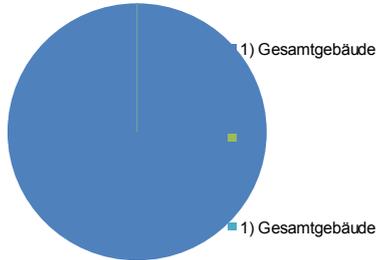
## 10 Anhang: Weitere Analysen zum Lastgang des Gebäudes

Entfällt, da auf Grund fehlender Daten keine Lastganganalyse durchgeführt werden konnte.



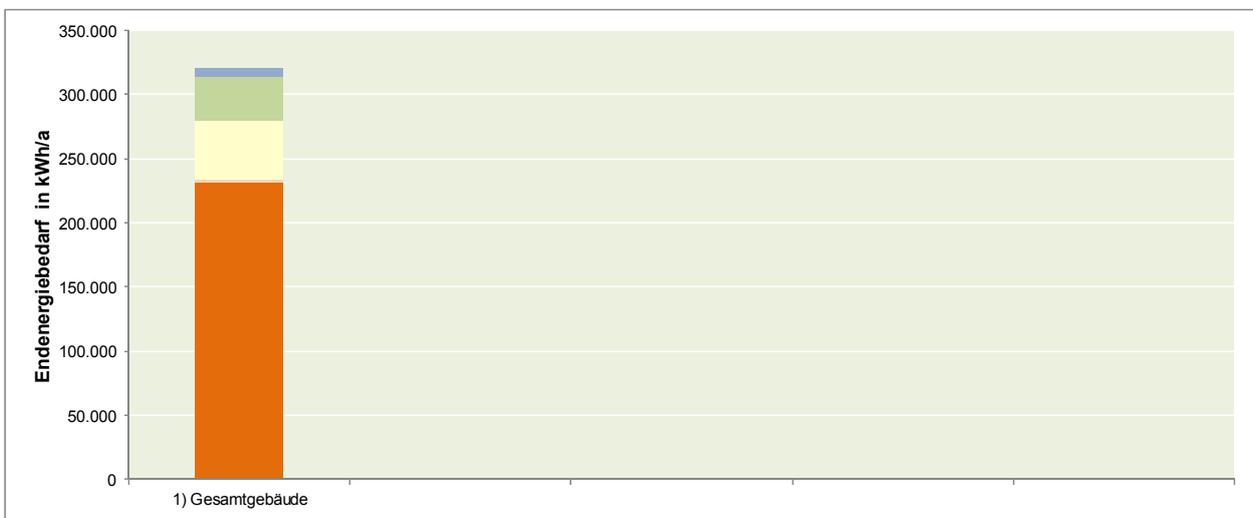
# 11 Anhang: TEK – Bewertung je Nutzungseinheit

## 2.1 Flächen der Nutzungseinheiten



	Fläche m <sup>2</sup>	Anteil an beh. NGF
1) Gesamtgebäude	3.071	100%
	3.071	100%

## 2.2 Endenergiebedarf der Gewerke je Nutzungseinheit



## 2.3 Teilenergiekennwertbewertung je Nutzungseinheit

Bezeichnung	1) Gesamtgebäude		#WERT!		#WERT!		#WERT!		#WERT!	
	Fläche der Nutzungseinheit	3071 m <sup>2</sup>	TEK-Bew. ert.	PE-Kennw. ert						
			kWh/(m <sup>2</sup> a)							
Arbeitshilfen	Mittel	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Dampf		0								
Kälte	Sehr hoch	0								
Luftförderung	Gering	11								
Beleuchtung	Sehr gering	15								
Warmwasser	Sehr gering	1								
Heizung	Gering	75								

Abbildung 11-1: Bewertung je Nutzungseinheit

## 12 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-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	423	1	Gering	56,5	31,8	1.781	43,7	19,2	2.269
2) Lager / Technik / Archiv	20 Lager, Tect	105	1	Gering	67,2	33,5	2.006	53,2	27,1	1.964
3) Büroflächen	02 Gruppenbü	498	1	Mittel	93,6	57,5	1.629	40,7	76,6	531
4) Rechnerraum gekühlt	04 Sitzung	66	1	Mittel	191,3	113,3	1.688	65,3	214,1	305
5) Seminar mit RLT	04 Sitzung	609	1	Gering	67,8	128,9	526	65,3	214,1	305
6) Seminar ohne RLT	04 Sitzung	192	1	Mittel	221,1	130,5	1.695	65,3	214,1	305

Tabelle 12-1: 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-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	423	2	Hoch	17,2	8,7	1.967	3,0	4,5	679
2) Lager / Technik / Archiv	20 Lager, Tect	105	3	Gering	0,8	3,9	210	0,9	3,0	304
3) Büroflächen	02 Gruppenbü	498	1	Sehr gering	21,7	11,5	1.880	36,0	15,4	2.339
4) Rechnerraum gekühlt	04 Sitzung	66	1	Sehr gering	28,1	11,5	2.441	53,8	15,6	3.459
5) Seminar mit RLT	04 Sitzung	609	1	Sehr gering	27,8	11,5	2.413	43,3	15,6	2.786
6) Seminar ohne RLT	04 Sitzung	192	1	Sehr gering	27,8	11,5	2.408	45,1	15,6	2.900

Tabelle 12-2: 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	423	0							
2) Lager / Technik / Archiv	20 Lager, Tech	105	0							
3) Büroflächen	02 Gruppenbü	498	0							
4) Rechnerraum gekühlt	04 Sitzung	66	0							
5) Seminar mit RLT	04 Sitzung	609	1	Gering	48,9	16,4	2.990	40,6	12,5	3.250
6) Seminar ohne RLT	04 Sitzung	192	0							

Tabelle 12-3: 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	423	1							
2) Lager / Technik / Archiv	20 Lager, Tech	105	1							
3) Büroflächen	02 Gruppenbü	498	1							
4) Rechnerraum gekühlt	04 Sitzung	66	1	Sehr hoch	2,4	12,8	190	0,0	0,0	433
5) Seminar mit RLT	04 Sitzung	609	1							
6) Seminar ohne RLT	04 Sitzung	192	1							

Tabelle 12-4: 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	423	1							
2) Lager / Technik / Archiv	20 Lager, Tech	105	1							
3) Büroflächen	02 Gruppenbü	498	1							
4) Rechnerraum gekühlt	04 Sitzung	66	1							
5) Seminar mit RLT	04 Sitzung	609	1							
6) Seminar ohne RLT	04 Sitzung	192	1							

Tabelle 12-5: Bewertung auf Zonenebene Dampfbefeuchtung

## 13 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		
	$\text{m}^2_{\text{BTF}}/\text{m}^2_{\text{NGF}}$	$\text{m}^2_{\text{BTF}}$	W/(m <sup>2</sup> K)	-
Außenwand	0,461	1.417	1,01	-
Dach	0,296	908	0,31	-
Kellerdecke	0,251	770	0,80	-
Fenster O,S,W	0,082	251	1,41	0,46
Fenster N	0,010	30	1,37	0,45
Fenster hor.	0,000	0	0,00	0,00
ges. Gebäude	1,099	3.376	0,81	0,46

#### 2.1.2 Mittlere Nutzungseigenschaften

spez. hyg. Mindestaußenluftvolumenstrom	5,31 m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> h)
Raumsolltemperatur Heizung	18,3 °C
Raumsolltemperatur Kühlung	24,0 °C
Wartungswert der Beleuchtungsstärke	280 Lux
Nutzungszeit	3.570 h/a
Wärmequellen (Personen und Arbeitshilfen)	53 Wh/(m <sup>2</sup> d)

#### 2.1.5 Luftförderung

	Zuluftvent.	Abluftvent.	
Nennvolumenstrom	13.700	13.700	m <sup>3</sup> /h
Dimensionierungsfaktor	133%	133%	
installierte Leistung	5,00	6,20	kW
spezifische Ventilatorleistung	1,31	1,63	kW/(m <sup>3</sup> s)
Vollbetriebszeit	2990	2990	h/a
Endenergiebedarf	4,9	6,0	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Primärenergiebedarf	12,7	15,7	kWh/(m <sup>2</sup> a)

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

Nutzenergiebedarf	47,9 kWh/(m <sup>2</sup> a)
davon Warmwasser	1,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)
zusätzliche Verluste Verteilung*	28,5 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Erzeugernutzwärmeabgabe	76,4 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Nennleistung (Soll: Heiz. berechnet * 1,3)	256 kW
Dimensionierungsfaktor** (nur zentr. Erz.)	0%
Erzeugeraufwandszahl	1,00 -
Endenergie Wärmeerzeugung	76,4 kWh/(m <sup>2</sup> a)
davon elektrische Energie	1 %
Primärenergie Wärmeerzeugung	100,7 kWh/(m <sup>2</sup> a)

Tabelle 13-1: 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	43,7	0,1	-
RLT-Anlage	3,2	0,0	0,0
Summe	47	0	-

max. Heiz- bzw. Kühllast		
	Heizung	Kälte
	W/m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub>	
Raumsystem	54	1
RLT-Anlage	10	0
Summe	64	1

### 2.1.4 Beleuchtung

installierte Leistung	26 kW
mittlere Bew ertungsleistung	8,3 W/m <sup>2</sup>
Vollbetriebszeit	1.764 h/a
Endenergie Beleuchtung	15 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Primärenergie Beleuchtung	38 kWh/(m <sup>2</sup> a)

### 2.1.7 Kälteerzeugung (zentral + dezentral)

Nutzenergiebedarf	0,1 kWh/(m <sup>2</sup> a)
zusätzliche Verluste Übergabe, Verteilung	0,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Erzeugernutzkälteabgabe	0,2 kWh/(m <sup>2</sup> a)
maximale thermische Kälteleistung	3 kW
Dimensionierungsfaktor*** (nur zentr. Erz.)	
Jahreskälteleistungszahl	3,35 -
Endenergie Kälteerzeugung	0,1 kWh/(m <sup>2</sup> a)
davon elektrische Energie	100 %
Primärenergieenergie Kälteerzeugung	0,1 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Endenergie Hilfsenergie Kälte	0,0
Teilkennw ert 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 13-2: Gebäudebezogene Übersichtsdarstellung (Kennwerte auf Energiebezugsfläche bezogen) – Teil 2**



## 2.2.2 Zoneninformationen

3.071	m <sup>2</sup>	Grundfläche aller beheizten Zonen		Konditionierung ( 1=vorhanden)				Nutzenergie			
66	m <sup>2</sup>	Grundfläche aller gekühlten Zonen									
Zonenname		Standard- nutzung	Zonen- fläche m <sup>2</sup>	RLT- Anlage Nr	Heizung / Warmwasser	mech. Lüftung	Kälte Befeuchtung	Heizung Zone+RLT Erzeuger		Kälte Zone+RLT Erzeuger	
							kWh/(m <sup>2</sup> a) <sup>1</sup>				
Kennwerte bezogen auf die gesamte beheizte bzw. gekühlte Fläche			3.071					47	75	7	8
Zone 1	Verkehrsflächen	19 Verkehrsflä	423		1 / 1		/	28,0	56,5		
Zone 2	Lager / Technik / Archiv	20 Lager, Tect	105		1 / 1		/	38,7	67,2		
Zone 3	Büroflächen	02 Gruppenbü	498		1 / 1		/	65,1	93,6		
Zone 4	Rechnerraum gekühlt	04 Sitzung	66		1 / 1		1 /	162,7	191,3	6,6	8,1
Zone 5	Seminar mit RLT	04 Sitzung	609	1	1 / 1	1	/	39,3	67,8		
Zone 6	Seminar ohne RLT	04 Sitzung	192		1 / 1		/	192,6	221,1		

Tabelle 13-3: Übersicht Zonen



### 2.2.3 Beleuchtungsanlagen

3.071 m<sup>2</sup> Grundfläche aller belichteten Zonen

Zonenname	Zonen- fläche m <sup>2</sup>	Beleuchtungssystem Nr. / Bezeichnung	Beleuchtungs- stärke Lux	elektrische Bew ertungsleistung			Regelung	Endenergie- bedarf kWh/(m <sup>2</sup> a) <sup>1</sup>	
				W/m <sup>2</sup> <sup>1</sup>	W/(m <sup>2</sup> 100lux)	Ermittlung			
Kennw erte bezogen auf die gesamte belichtete Fläche		3.071	280	8	3		15		
Zone 1	Verkehrsflächen	423	2 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	100	8,7	8,7	Lamp. zählen	man.	17
Zone 2	Lager / Technik / Archiv	105	3 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	100	3,9	3,9	Lamp. zählen	man.	1
Zone 3	Büroflächen	498	1 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	500	11,5	2,3	Lamp. zählen	man.	22
Zone 4	Rechnerraum gekühlt	66	1 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	500	11,5	2,3	Lamp. zählen	man.	28
Zone 5	Seminar mit RLТ	609	1 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	500	11,5	2,3	Lamp. zählen	man.	28
Zone 6	Seminar ohne RLТ	192	1 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	500	11,5	2,3	Lamp. zählen	man.	28

**Tabelle 13-4: 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 Leistungsauf. 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		685			13.700	5,00	13.700	6,20	133%	1,47	48,89	8,58
RLT 1	Lüftungsanlage Gesamtgebäu	685	Heizreg.	kein / W) 0,75	13.700	5,00	13.700	6,20	133%	1,47	100%	8,58
RLT 2												
RLT 3												
RLT 4												
RLT 5												
RLT 6												
RLT 7												
RLT 8												
RLT 9												
RLT 10												
RLT 11												
RLT 12												
RLT 13												
RLT 14												
RLT 15												
RLT 16												
RLT 17												
RLT 18												
RLT 19												
RLT 20												

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 13-5: 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	3.071	-	1,00	1
el. Kleinspeicher				

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

3.071	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 Heizung	Warmwasser	Endenergie kWh/(m²a) bzw. Anteil
Kennwerte bezogen auf die gesamte zentral beheizte Fläche				0	1,00	1,00	75
Wärmeerz. 1	Fernwärmeheizung	Fernwärme	2007		1,00	1,00	100%
Wärmeerz. 2							
Wärmeerz. 3							
Wärmeerz. 4							
Wärmeerz. 5							
Wärmeerz. 6							
Wärmeerz. 7							
Wärmeerz. 8							
Wärmeerz. 9							
Wärmeerz. 10							
Wärmeerz. 11							
Wärmeerz. 12							
Wärmeerz. 13							
Wärmeerz. 14							
Wärmeerz. 15							
Wärmeerz. 16							
Wärmeerz. 17							
Wärmeerz. 18							
Wärmeerz. 19							
Wärmeerz. 20							

1) Flächebezug: die vom Erzeuger beheizte Teilfläche (bestimmt über den Deckungsanteil)

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

**Tabelle 13-6: 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	66	2,82	0,30	2,4
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)**

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								
Erz. 3								
Erz. 4								
Erz. 5								
Erz. 6								
Erz. 7								
Erz. 8								
Erz. 9								
Erz. 10								
Erz. 11								
Erz. 12								
Erz. 13								
Erz. 14								
Erz. 15								
Erz. 16								
Erz. 17								
Erz. 18								
Erz. 19								
Erz. 20								

1) Flächebezug: die vom Erzeuger gekühlte Teilfläche (bestimmt über den Deckungsanteil)

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

**Tabelle 13-7: Übersicht Kälteerzeuger**