

Energieberatungsbericht zum Universitätsgebäude Technik I/2, Kassel

**Durchgeführt im Rahmen des Forschungsprojektes
Bausteine für die CO₂-Neutralität im Liegenschaftsbestand
hessischer Hochschulen**

Stand: 28.08.2012

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 ₂ -Neutralität im Liegenschaftsbestand hessischer Hochschulen
Kurztitel	CO₂nHS
Gefördert durch	Hessisches Ministerium der Finanzen
Projektteilnehmer	<ul style="list-style-type: none"> • Institut Wohnen und Umwelt – IWU (Projektleitung) • Universität Kassel, Fachgebiet Technische Gebäudeaus- rüstung
Geschäftsadresse	Institut Wohnen und Umwelt GmbH Rheinstraße 65 64295 Darmstadt Tel. +49 (0) 6151 / 2904 -0 Fax +49 (0) 6151 / 2904 -97
Autoren	Matthias Kailing, Jens Knissel
Dokument	2012-11_13_Standardbericht_Technik_I-2

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

13.11.2012, Kassel

Datum, Ort

Unterschrift, Stempel



Inhalt

1 Zusammenfassung	1
2 Einleitung und Aufgabenstellung	3
3 Projekt- und Gebäudebeschreibung	4
4 Bewertung des Ist-Zustandes	6
4.1 Gemessene Verbrauchsdaten	6
4.2 Lastganganalysen.....	9
4.2.1 Lastganganalyse Fernwärme	9
4.2.2 Aufgelöste Monatsverbräuche Fernwärme	10
4.3 Rechnerische Bilanzierung des Energieaufwandes des Gebäudes	11
4.3.1 Vergleich der Berechnung mit dem gemessenen Verbrauch	11
4.3.2 Berechnete Energiekennwerte	12
5 Gebäudeanalyse über Teilenergiekennwertbewertung	15
6 Modernisierungsempfehlungen	18
6.1 Modernisierungsempfehlung 1: RLT.....	18
6.1.1 Einzelmaßnahme 8: RLT-Anlagen austauschen.....	19
6.1.2 Einzelmaßnahme 1: Zentrale RLT-Anlage für Halle K1	20
6.1.3 Einzelmaßnahme 10: Regelung + Laufzeit der RLT-Anlagen an aktuelle Nutzung anpassen	20
6.1.4 Auslegung Neuanlagen	21
6.1.5 Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsbewertung	22
6.2 Modernisierungsempfehlung 2: Flachdach Hauptgebäude und Halle K1 ertüchtigen.....	23
6.2.1 Einzelmaßnahme 5: Flachdach Hauptgebäude ertüchtigen.....	23
6.2.2 Einzelmaßnahme 2: Satteldach Halle K1 ertüchtigen	24
6.2.3 Ergebnis des Variantenvergleichs / Wirtschaftlichkeitsbewertung	25
6.3 Modernisierungsempfehlung 3: Beleuchtungssanierung Verkehrsflächen.....	26
6.3.1 Einzelmaßnahme 6: Beleuchtungssanierungssanierung Obergeschosse	26
6.3.2 Einzelmaßnahme 7: Bewegungsmelder Untergeschosse.....	27
6.3.3 Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsbewertung	27
6.4 Zusammenfassung und Vergleich	29
7 Durchgeführte Messungen	30
7.1 Lastgangmessung Anlage 12 Kern 8 (Zentrale West).....	31
7.2 Lastgangmessung Anlage 8 Kern 7 (Zentrale Süd).....	32

8 Anhang – Literatur	33
9 Anhang: Datenerhebung	34
9.1 Vom Eigentümer zur Verfügung gestellte Unterlagen	34
9.2 Annahmen aufgrund fehlender Daten.....	35
9.3 Kostenschätzung	36
9.3.1 Kostenschätzung Modernisierungsempfehlung 1	36
10 Anhang: TEK – Bewertung je Nutzungseinheit	37
11 Anhang: TEK – Bewertung auf Zonenebene	38
12 Anhang: TEK - Kurzdokumentation.....	53



1 Zusammenfassung

Im vorliegenden Energieberatungsbericht wird das Institutsgebäude Technik I/2 am Standort Holländischer Platz der Universität Kassel mit Hilfe einer Gebäudeanalyse nach dem Verfahren Teilenergiekennwerte von Nicht-Wohngebäuden (TEK) untersucht.

Das Gebäude wurde von 1978 bis 1983 auf dem Gelände des ehemaligen Werkstattgebäudes der Firma Henschel errichtet. Hauptnutzer des Institutsgebäudes ist der Fachbereiche Maschinenbau und Bauingenieurwesen sowie die amtliche Materialprüfstelle. Weiterhin sind ein Hörsaal und mehrere Seminarräume im Gebäude integriert.

Charakteristisch für dieses Gebäude ist die 76 Meter lange und 10 Meter hohe Versuchshalle die sich im Kern des Gebäudes befindet und damals auf dem Grundriss der alten Henschelhalle K1 errichtet wurde.



Abbildung 1-1: Süd-Westansicht Gebäude Technik I/2

Der Primärenergiebedarf für des Gebäudes beträgt $226,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Der Energiebedarf des gesamten Gebäudes wird vor dem Hintergrund der vorliegenden Nutzung als „gering“ eingestuft. Diese Gesamtbewertung wird erzielt, da der als „mittel“ eingeschätzte Energieaufwand für die Luftförderung und Beleuchtung durch eine bessere Bewertung der restlichen Gewerke insbesondere der Heizung kompensiert wird.

Die berechneten Endenergiekennwerte liegen für den Brennstoff bei $92,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ und für die elektrische Energie bei $62,4 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.

Im Folgen 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:

- Ergebnisse der Maßnahmenempfehlung 1 RLT ergeben, dass sich bei RLT-Anlagen mit einer Gesamtluftmenge von 20.000m³/h der Austausch des gesamten Gerätes aus energetischer sowie wirtschaftlicher Sicht positiv darstellt. Bei zukünftigen Instandsetzungsmaßnahmen sollten nicht nur Einzelkomponenten wie Motoren, Ventilatoren Frequenzumformer umgerüstet bzw. nachgerüstet werden sondern das gesamte Gerät ersetzt werden.
- Die Maßnahmenempfehlung 2 belegt das zukünftige Sanierungsarbeiten im Bereich des Flachdaches mit einem U-Wert der Dachkonstruktion von 0,15 W/(m²K) ausgeführt werden sollten.
- Aus den Erkenntnissen der Maßnahmenempfehlung 2 ergibt sich, dass Beleuchtungsanierungen im Bereich von innenliegenden Fluren mit einer Neuanlage und präsenzabhängiger Regelung ausgeführt werden sollte.

Abbildung 1-2 zeigt den Vergleich der jährlichen Gesamtkosten der verschiedenen Maßnahmenempfehlungen. Eine detaillierte Erläuterung der Maßnahmen ist in Abschnitt 6.4 dargestellt. Der ökologische Vergleich (s. Abbildung 1-3) zeigt die entsprechende Minderung der absoluten CO₂ – Emissionen in Tonnen pro Jahr.

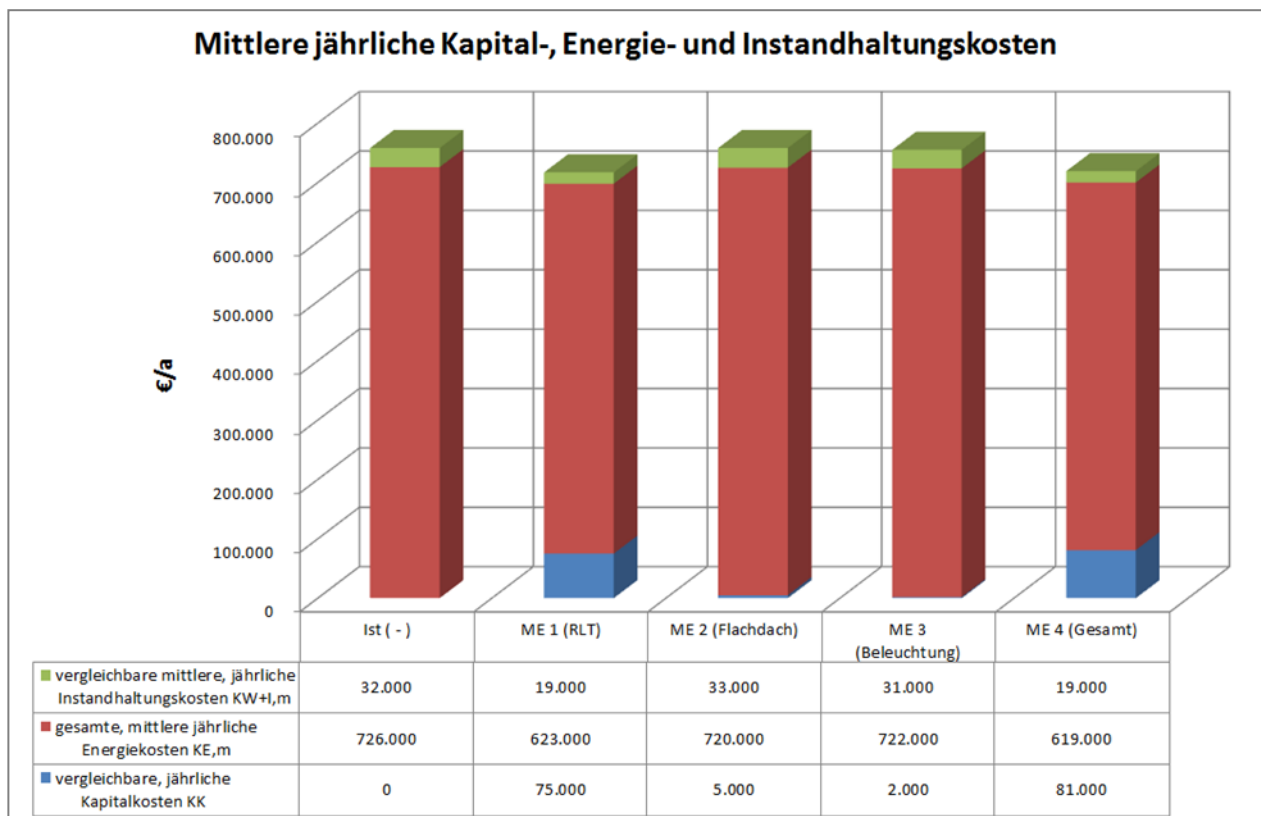


Abbildung 1-2: Vergleich der jährlichen Gesamtkosten der verschiedenen Maßnahmenempfehlungen

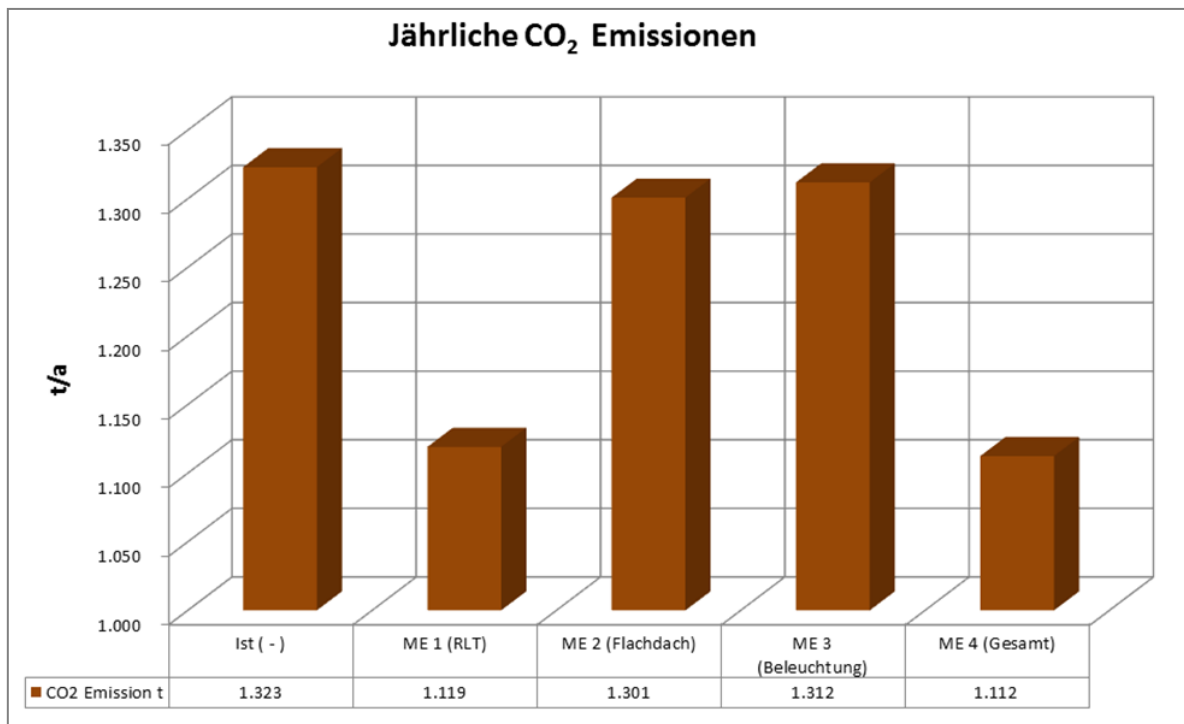


Abbildung 1-3: Vergleich der jährlichen CO₂-Emissionen der verschiedenen Maßnahmenempfehlungen

2 Einleitung und Aufgabenstellung

Im Rahmen des vom Hessischen Ministerium der Finanzen geförderten Forschungsprojektes „Bausteine für die CO₂-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:

Universität Kassel - Technik I/2; Kurt-Wolters-Straße 3; 34127 Kassel

3 Projekt- und Gebäudebeschreibung

1.1 Allgemeine Projektinformationen		
CO2-neutrale Hochschulen _ Gebäudeanalysen		
Gebäude	Eigentümer	Energieberatung
Technik I/2 Geb. 7090 Mönchebergstr. 7 34125 Kassel	Universität Kassel Mönchebergstr. 19 34125 Kassel	Universität Kassel FG Technische Gebäudeausr: Gottschalkstr. 28 34127 Kassel



1.2 Allgemeine Gebäudeeigenschaften			
Gebäudekategorie	Hochschulen	en. Qualität Gebäudehülle H_T	0,81 $W/(m^2_{BTF}K)$
Unterkategorie	Institutsgebäude für Lehre und Forschung	en. Qualität Lüftung H_V	0,54 $W/(m^2/h K)$
		Fensterant. (oberirdisch)	14 %
Baujahr Gebäude	1982	Anzahl beheiz. Geschosse	3,1
Energiebezugsfläche	22.161 m^2	Anzahl der Zonen	42
davon	künst. belichte	Anzahl der RLT-Anlagen	12
	mech. belüftet	Anzahl zentr. Kälteerz.	1
	gekühlt	Anzahl zentr. Wärmeerz.	1
	befeuchtet		
A/V-Verhältnis	0,30 m^{-1}		

Abbildung 3-1: Zusammenfassende Darstellung der wichtigsten Gebäudeeigenschaften

Allgemeine Hinweise zur Geschichte des Gebäudes

Das Gebäude Technik I/II wurde von 1978 bis 1983 auf dem Gelände des ehemaligen Werkstattgebäudes der Firma Henschel errichtet. Kern des Gebäudes ist eine 76 Meter lange und 10 Meter hohe Versuchshalle. Sie wurde auf dem Grundriss der alten Henschelhalle K1 errichtet und ist aktuell in kleinere Versuchsbereiche gegliedert. Im Zusammenhang mit der Konzeption als Mehrzweckgebäude beherbergt es neben dem Versuchsfeld, Teile der Fachbereiche Bauingenieurwesen und Maschinenbau, die amtliche Materialprüfstelle¹.

Das Gebäude Technik I/II gliedert sich in 9 als Kerne bezeichnete Bauabschnitte. Im UG befinden sich vorwiegend betriebstechnische Anlagen und Lagerräume, aber auch ein Labor. Das EG wird vom Versuchsfeld, weiteren Laboren und Werkstätten dominiert, während sich im 1.OG vorwiegend Büros und nur noch wenige Werkstätten und Labore befinden. Im 2. und 3. OG befinden sich

¹ Die Universität Kassel entsteht [3], <http://www.uni-kassel.de/presse/PPP/stelen/>



aufgrund der administrativen Nutzung zum größten Teil Büros und vereinzelt Seminarräume. Eine Besonderheit stellen das 4. und 5. OG dar, welche ausschließlich für betriebstechnische Anlagen vorgesehen sind. Es handelt sich dabei um Lüftungszentralen und Aufzugsmaschinenräume.

Die Nettogrundfläche (NGF) beträgt ca. 22161 m² und entspricht in diesem Gebäude auch der Energiebezugsfläche (EBF). Letztere stellt die Summe der Nettogrundflächen aller Zonen innerhalb der thermischen Gebäudehülle dar, unabhängig davon, ob sie direkt oder indirekt beheizt sind. Die gesamte NGF ist künstlich beleuchtet. Es werden 36 % der Energiebezugsfläche mechanisch belüftet. Das A/V-Verhältnis (Fläche zu Volumen) beträgt 0,30m⁻¹.

Die Gebäudehülle besteht aus zwei Arten von Außenwänden. Außenwand 1 als Konstruktion der Außenwände die an Hauptnutzflächen grenzen. Außenwand 2 im Bereich der Nebennutzflächen. Die Außenwand 1 (AW1) besteht aus einer 30 cm starken Stahlbetonwand die mit einer Vorhangfassade aus 4 cm starken Natursteinplatten verblendet wurde. Die Außenwandkonstruktion ist mit einer 6 cm starken Kerndämmung ausgeführt. Außenwand 2 (AW2) besteht ebenfalls aus einer Stahlbetonwand und ist in Form einer schwach hinterlüfteten Doppelfassade mit Kalksandstein als äußerste Sicht ausgeführt. Zwischen der Sicht aus Stahlbeton und der Vorsatzschale aus Kalksandstein befindet sich eine 6 cm starke Kerndämmung.

Die Fassade stellt eine klassische Lochfassade dar. Der Fensterflächenanteil liegt bei 14%. Die Fenster der Lochfassade bestehen aus Isolierverglasung mit Aluminiumrahmen. Der nach Bauartersklasse angesetzte U-Wert für die Außenfenster liegt bei 3,38 W/(m²K), für die Oberlichter im Bereich der Labore sowie der Halle K1 wurde ein U-Wert von 4,3 W/(m²K) angesetzt. Der rechnerisch ermittelte U-Wert der Dachflächen des unsanierten Flachdachs beträgt 0,42 W/(m²K). Die schwächsten Bauteile der Gebäudehülle aus energetischer Sicht betrachtet sind die Außenwände gegen Erdreich (U-Wert 1,98 W/(m²K) sowie die Bodenplatte (U-Wert 2,45 W/(m²K)).

Für die energetische Analyse wurde das Gebäude in 42 Nutzungszonen eingeteilt. Das Gebäude hat 23 Zu- und Abluftanlagen sowie 15 Abluftanlagen die zu 12 Lüftungsanlagen zusammengefasst wurden. Die Wärmeversorgung erfolgt über das Fernwärmenetz der Universität.

Der spezifische Transmissionswärmetransferkoeffizient beträgt $H'_T = 0,81 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. H'_T quantifiziert die Transmissionswärmeverluste des Gebäudes bezogen auf die Fläche der thermischen Gebäudehülle unter Berücksichtigung der f_x -Werte und ist mit dem mittleren U-Wert der gesamten Gebäudehülle zu vergleichen. Der spezifische Lüftungswärmetransferkoeffizient beträgt $H'_V = 0,54 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h K})$. Würde in einem ideal dichten Gebäude der hygienische Mindestluftvolumenstrom über Fensterlüftung realisiert, würde sich ein Wert von $H'_V = 0,33 \text{ W}/(\text{K m}^3/\text{h})$ ergeben. Ein höherer Wert von H'_V bedeutet höhere Lüftungswärmeverluste z.B. aufgrund erhöhter Luftvolumenströme oder großen Infiltrationsverlusten. Ein niedriger Wert von H'_V bedeutet niedrigere Lüftungswärmeverluste, z.B. durch Wärmerückgewinnung.

größere Modernisierungen

Aufgrund von Mängeln des Flachdaches im Bereich des Innenkerns wurden im Jahr 2011 eine Dachflächenanierung über eine Fläche von ca. 2000 m² durchgeführt. Die bestehende Dämmung wurde dabei durch eine 15cm starke Dämmung der Wärmeschutzklasse 040 ersetzt. Der rechnerisch ermittelte neue U-Wert liegt somit bei 0,24 W/(m²K).

Im Zuge von Brandschutztechnischen Ertüchtigungen innerhalb des Gebäudes, werden aktuell Beleuchtungssanierungen im Bereich der Verkehrsflächen sowie Labore ausgeführt. Das Beleuch-

tungskonzept der Flure sieht folgende Regelstrategie vor. Die gesamt installierte Leistung der Flure wird über die Gebäudeleittechnik an Werktagen morgens von 7:00 – 8:00 Uhr aktiviert. In dieser Zeit finden die Arbeiten der Gebäudereiniger statt. Ab 8:00 Uhr wird zentral über die Gebäudeleittechnik jede zweite Leuchte abgeschaltet. Das zuschalten der vollen Beleuchtungsstärke ist durch die Betätigung von Tastern möglich. Die volle Beleuchtungsstufe erlischt nach einer Laufzeit von 15 Minuten.

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 4.1) 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 der beiden Hauptzähler für den Zeitraum vom 01.01.2006 bis 31.12.2011. Die Daten wurden einer Klimabereinigung gemäß [3] unterzogen.

Elektrische Energie

Monatliche Verbrauchsdaten des Hauptzählers für den Zeitraum vom 01.01.2006 bis 31.12.2011

Die Abbildung 4-1 und Abbildung 4-2 zeigen die Monatsverläufe sowie Jahreswerte der bereinigten Verbrauchskennwerte für die ausgewerteten Jahre. Die Jahresmittelwerte für Fernwärme sowie elektrische Energie sind in Abbildung 4-3 den Vergleichswerten der vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung veröffentlichten Bekanntmachung „Regeln für Energieverbrauchs-kennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand“ [3] gegenübergestellt. Der Ist-Verbrauch des untersuchten Gebäudes ist dabei als Prozentwert der Referenzwerte angegeben, d. h. die Referenzwerte entsprechen 100 %.

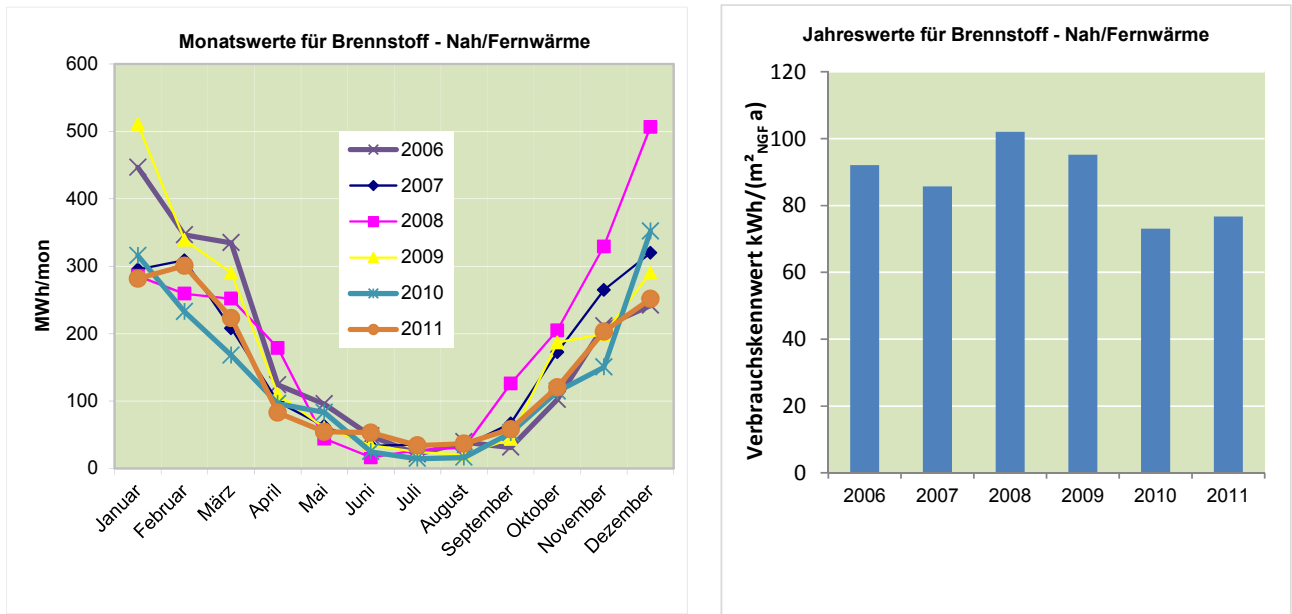


Abbildung 4-1: Witterungsbereinigte Monats- und Jahresverbräuche für Nah-/Fernwärme der letzten 6 Jahre)

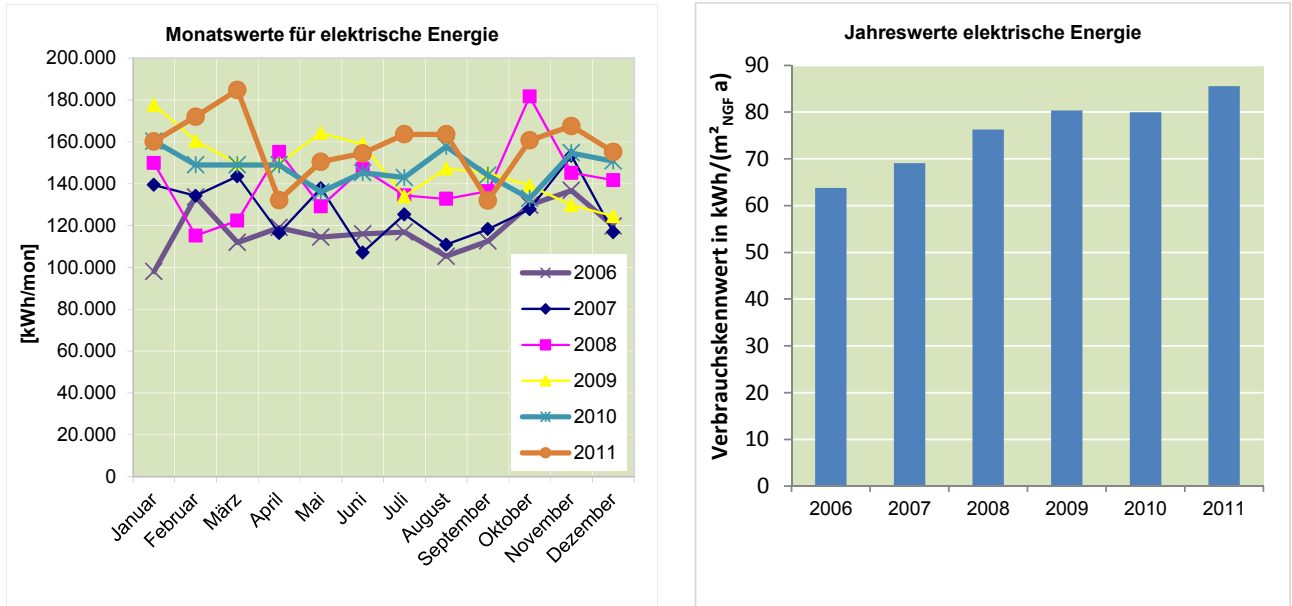


Abbildung 4-2: Monatsverbräuche elektrischer Energie der letzten 6 Jahre

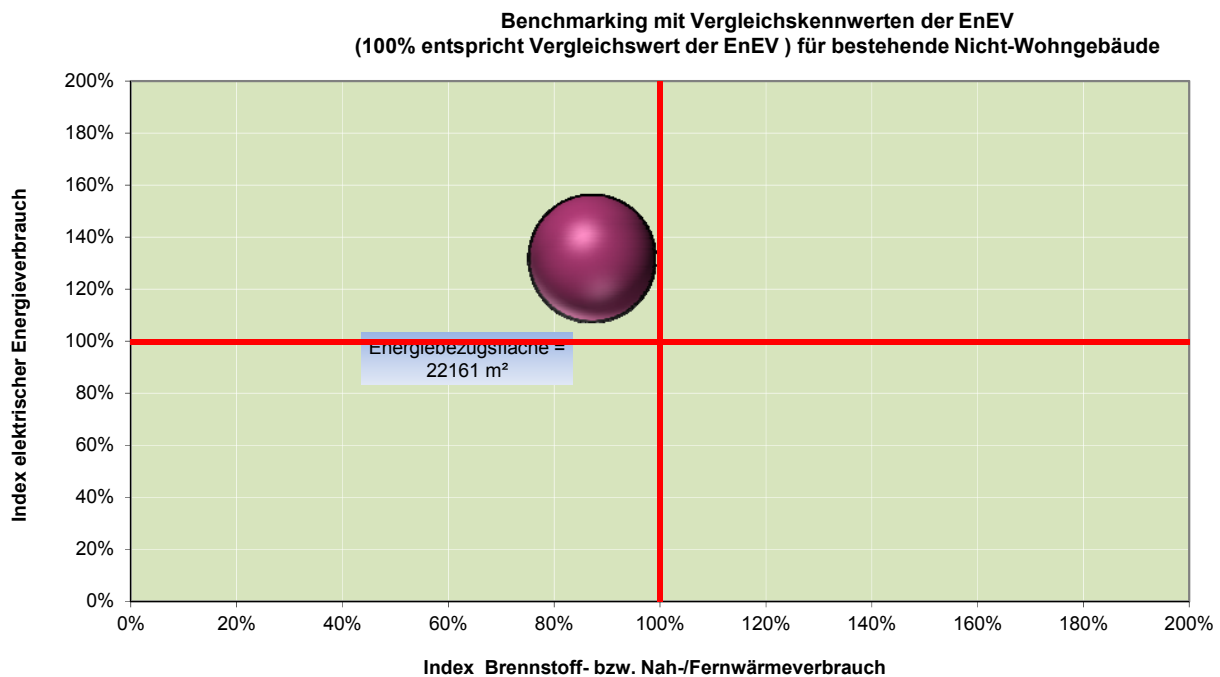


Abbildung 4-3: Bewertung des gemessenen Energieverbrauchs durch Vergleich mit den Referenzwerten der [Bekanntmachung 2009] (entsprechend dem Wert 100 %)

Das Gebäude Technik I/2 wurde aufgrund der Nutzung in drei unterschiedliche Gebäudekategorien nach den o.g. Bekanntmachungen des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung [3] eingeteilt. Die beiden überwiegenden Nutzungen bestehen aus Instituten der Fachgebiete Maschinenbau und Bauingenieurwesen mit jeweils 50% und 44% der Nettogrundfläche. Sie werden den Kategorien Institutsgebäude III für Maschinenbau und Institutsgebäude II für Bauingenieurwesen zugeordnet. Ein kleiner Anteil von 7% entfällt auf die Kategorie Verwaltungsgebäude mit normaler technischer Ausstattung. Für das Benchmarking wurden die Vergleichswerte aller gewählten Gebäudekategorien über den Flächenanteil gewichtet, um einen übergreifenden Vergleichswert zu erhalten.

Der elektrische Energieverbrauch des untersuchten Gebäudes liegt über dem Wert der Vergleichskategorie bei einem Index von ca. 130 %. Das ist vermutlich auf die bestehende Lüftungstechnik sowie auf dem hohen Anteil der Arbeitshilfen zurückzuführen.

Der Brennstoffverbrauch des Objektes liegt bei 83 % und somit unterhalb des Vergleichskennwert, was auf den vergleichsweise guten Wärmeschutz sowie das gute A/V-Verhältnis des betrachteten Gebäudes zurückzuführen ist.



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:

Brennstoff Fernwärme

Für den Zeitraum Januar 2002 bis Dezember 2010 liegen Verbrauchsdaten der Gebäudeleittechnik für folgende Wärmemengenzähler vor: Hauptzähler Nord/Ost, Unterzähler Gebäudeheizung Nord, Unterzähler Lufterhitzer Halle K1, Unterzähler Lüftungszentrale Nord, Hauptzähler Süd/West, Lüftungszentrale Süd/West.

Elektrische Energie

Aufgrund der bestehenden Zählerstruktur konnte der Gebäudebetreiber keine Verbrauchsdaten des Gebäudes zu Verfügung stellen.

4.2.1 Lastganganalyse Fernwärme

Abbildung 4-4 und Abbildung 4-5 zeigen jeweils Tagesverbräuche in Abhängigkeit von der Außentemperatur. Dabei ist deutlich zu erkennen, dass auch bei einer Außenlufttemperatur über 15°C ein hoher Verbrauch vorliegt.

Bemerkung: Die Berechnung basiert auf Monatsablesungen der Wärmemengenzähler im Zeitraum von 02.01.2002 bis 03.12.2010 (108 Monate). Dabei liegt die mittlere Außentemperatur des jeweiligen Monats zu Grunde. Aufgrund der Verwendung des Lastgangtools werden in Abbildung 4-4 die Monatsverbräuche in mittlere Tagesverbräuche umgerechnet.

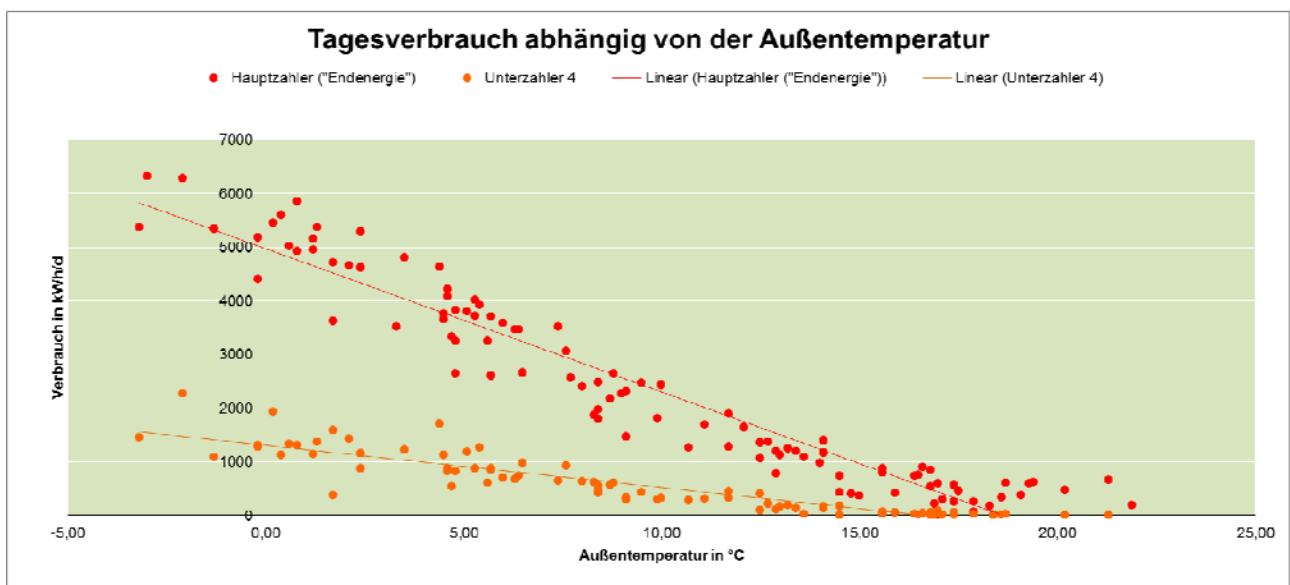


Abbildung 4-4: Tagesverbrauch an Fernwärme des Gebäudes und der RLT-Heizung in Abhängigkeit von der Außentemperatur; Zentrale Süd/West

Legende:

rot: Hauptzähler Süd/West,

orange: Lüftungszentrale Süd/West (Unterzähler 4)

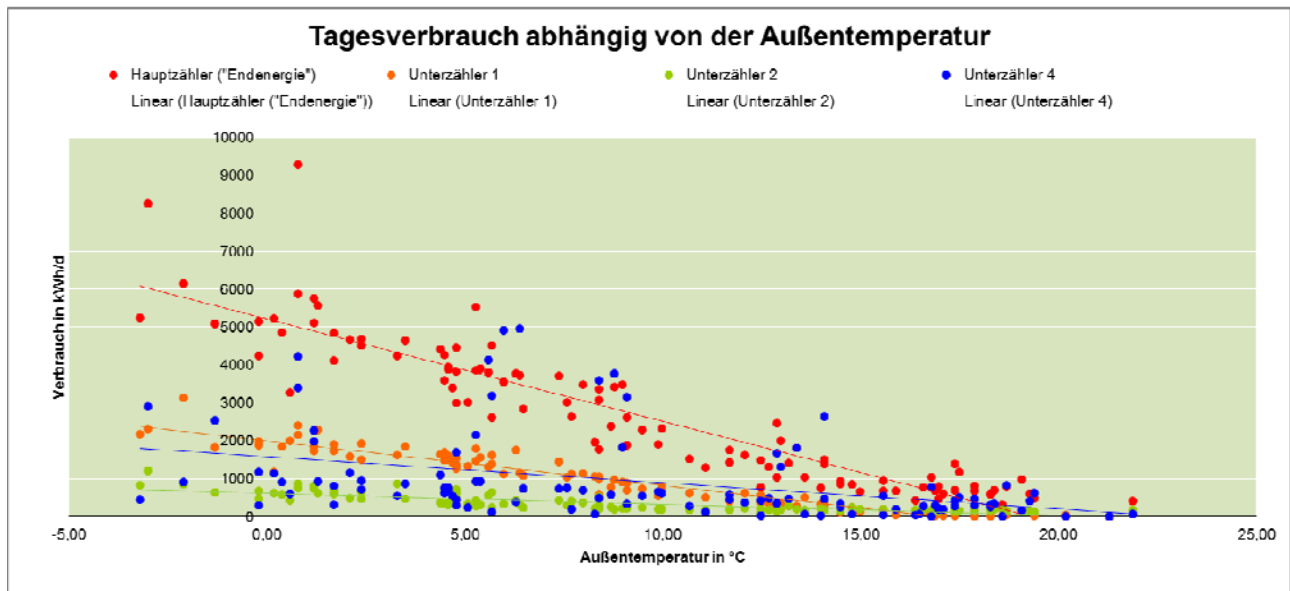


Abbildung 4-5: Tagesverbrauch an Fernwärme des Gebäudes und der RLT-Heizung in Abhängigkeit von der Außentemperatur; Zentrale Nord/Ost

Legende:

rot: Hauptzähler Nord/Ost,

orange: Gebäudeheizung Nord (Unterzähler 1),

grün: Lüfterhitzer Halle K1 (Unterzähler 2),

blau: Lüftungszentrale Nord (Unterzähler 4)

4.2.2 Aufgelöste Monatsverbräuche Fernwärme

Die Abbildung 4-6 zeigt aufgelöste Monatsverbräuche der Fernwärme exemplarisch aus dem Jahr 2010. Auch hier ist gut zu erkennen, dass außerhalb der Heizperiode ein Heizwärmebedarf besteht.

Auf Grund der Verbrauchswerte vergangener Jahre ist zu vermuten, dass der Wärmemengenzähler Lüftungszentrale Süd/Ost seit Sommer 2003 defekt ist. Die Differenz zwischen dem Gesamtwärmeverbrauch und den aufsummierten Verbräuchen der Unterzähler ist in Abbildung 4-6 mit „Rest“ bezeichnet. Dieser Wärmeverbrauch „Rest“ wird wesentlich durch den Verbrauch „Lüftung Süd/Ost“ bestimmt. Die Lüftungszentrale Süd/Ost stellt sich somit als Großverbraucher mit hoher Sommerlast da. Der Verbrauch der Zentrale liegt in den Monaten Mai bis Ende September bei ca. 14 MWh/mon.

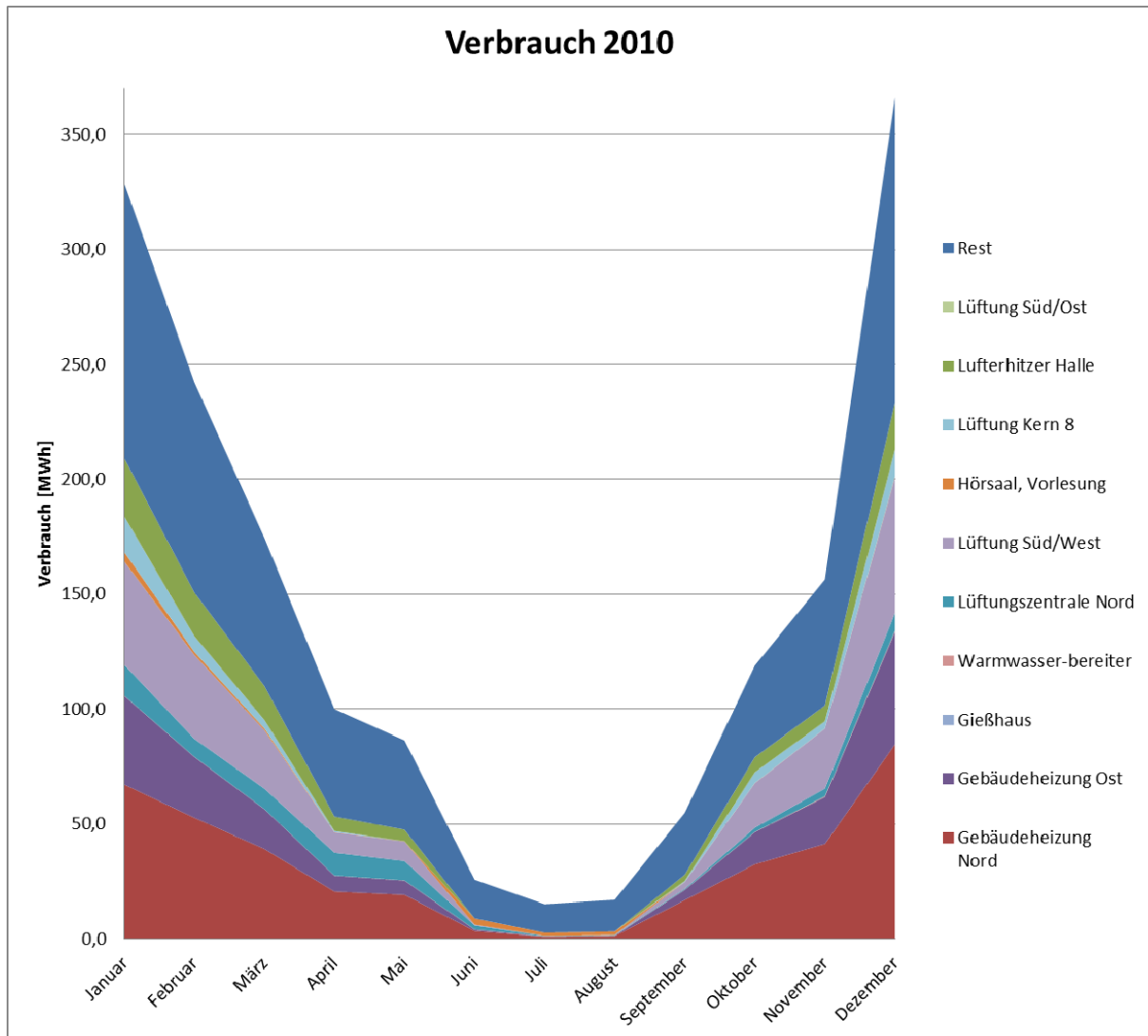


Abbildung 4-6: Vergleich von gemessenem Verbrauch und berechnetem Bedarf

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].

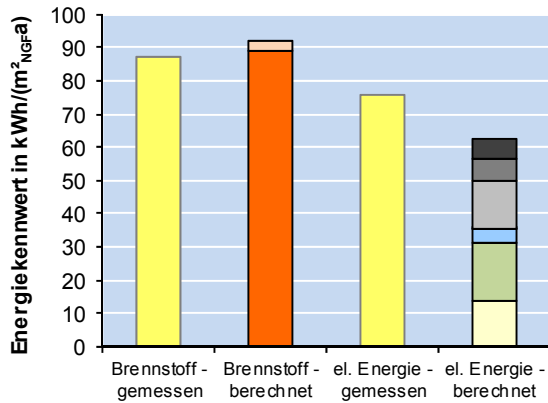
Eine Dokumentation der wichtigsten Eigenschaften und Randbedingungen des Berechnungsmodells ist im Abschnitt 12 zu finden.

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 4-7 die berechneten Energiebedarfskennwerte (siehe Abschnitt **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) den gemessenen Energieverbrauchskennwerten (siehe Abschnitt 4.1) 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 $f_{b/v}$.

1.3 Gemessene und berechnete Energiekennwerte (Endenergie; Gebäudeebene)



	berechnete Kennwerte	
	Brennstoff/FW kWh/(m ² a)	el. Energie kWh/(m ² a)
Diverse Technik *	-	5,8
Zentrale Dienste **	0,0	6,8
Arbeitshilfen	-	14,1
Dampf	0,0	0,0
Hilfsenergie Kälte	-	0,3
Kälte	0,0	4,4
Luftförderung	-	16,9
Beleuchtung	-	14,0
Warmwasser	3,1	0,0
Heizung	89,2	0,0
ges. Gebäude	92,3	62,4

		Brennstoff / Fernwärme	Elektrische Energie
gemessener Verbrauch	kWh/(m ² a) MWh/a	87 1.938	76 1.681
berechneter Bedarf	kWh/(m ² a) MWh/a	92 2.045	62 1.383
Verh. Bedarf/Verbrauch - $f_{b/v}$		1,06	0,82

1.4 Berechnungseinstellungen

TEK-Tool _ Version:	5.5
Flächen der therm. Geb.-hülle	objektspez.
Zonenzuweisung Hüllfläche	automatisch
Stoffwerte therm. Geb.-Hülle	objektspez.
Zonenzuw. Baut.-kennwerte	automatisch
Nutzungszeiten	objektspez.
interne Wärmequellen	objektspez.
Raumsolltemperaturen	objektspez.

Abbildung 4-7: Vergleich von gemessenem Verbrauch und berechnetem Bedarf

Die Abbildung 4-7 zeigt dass der in TEK berechnete Wärmebedarf ca. 5,5 % größer ist als der gemessene Verbrauch, was eine Differenz von 5 kWh/m² im Jahresmittel bedeutet. Das Verhältnis zwischen berechnetem Bedarf zu gemessenem Verbrauch $f_{b/v}$ liegt bei 1,06 und somit in einem sehr gutem Rahmen.

Bei der elektrischen Energie liegt das Verhältnis $f_{b/v}$ bei 0,82, die Differenz liegt dann bei 14 kWh/m² im Jahresmittel.

4.3.2 Berechnete Energiekennwerte

Auf der Grundlage der Energiebilanzberechnung wird in Tabelle 4-1 und Abbildung 4-8 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 CO₂-Emissionen in kg/(m²a) differenziert nach Gewerken und für das gesamte Gebäude dargestellt.



1.5 Teilenergiekennwerte und CO ₂ -Emissionen auf Gebäudeebene						
	Nutzenergie		Endenergie		Primär-energie	CO ₂ -Emission kg/(m ² a)
	Zonen/RLT	Erzeuger	Brennstoff kWh/(m ² a)	el. Energie		
Heizung	78,1	89,2	89,2	0,0	62,4	19,6
Warmwasser	0,2	3,1	3,1	0,0	2,1	0,7
Beleuchtung	-	-	-	14,0	36,5	8,9
Luftförderung	-	-	-	16,9	43,9	10,7
Kälte	9,3	11,8	0,0	4,4	11,5	2,8
Hilfsenergie Kälte	-	-	-	0,3	0,7	0,2
Dampf	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0
Arbeitshilfen	-	-	-	14,1	36,8	9,0
Zentrale Dienste	-	-	0,0	6,8	17,8	4,3
Diverse Technik	-	-	-	5,8	15,0	3,7
gesamt	87,5	104,1	92,3	62,4	226,8	59,7

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

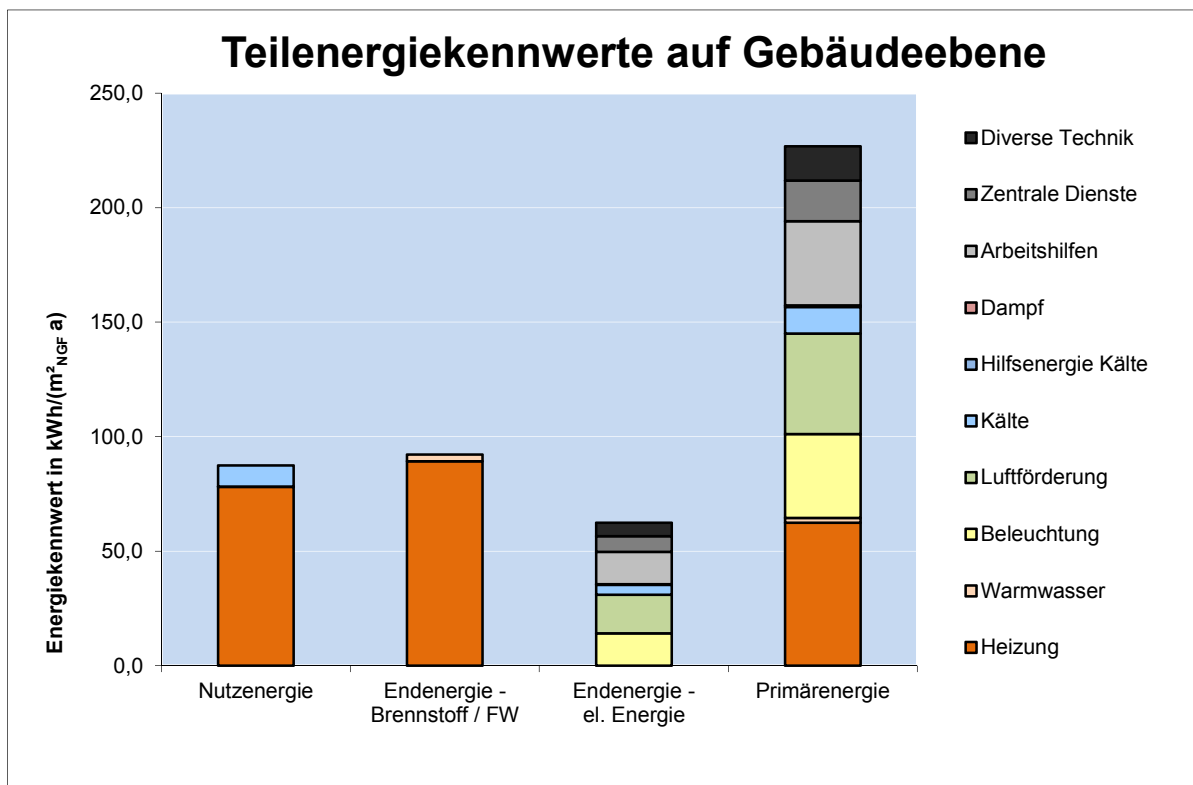


Abbildung 4-8: Teilenergiekennwerte für den Ist-Zustand

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 4-9 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 4-9). 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.

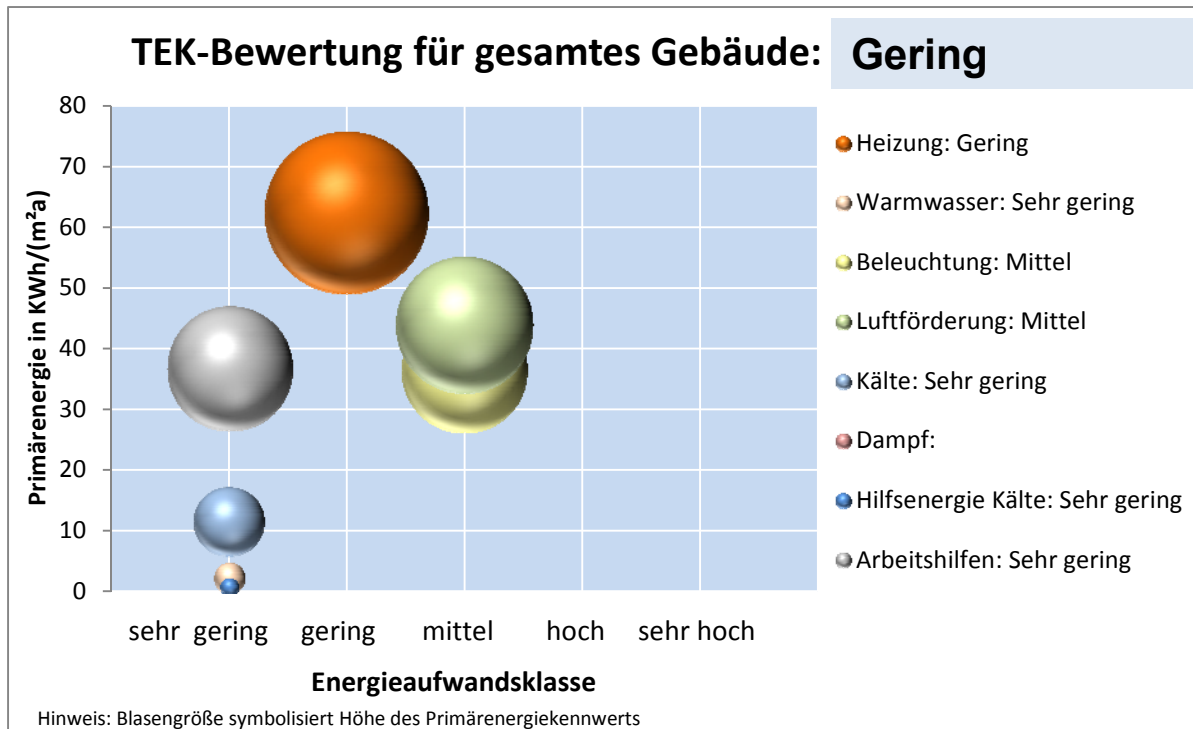


Abbildung 4-9: Beitrag der Gewerke zum Gesamtprimärenergiebedarf des Gebäudes und TEK-Effizienzbewertung

Gesamtes Gebäude

Der Primärenergiebedarf für des Gebäudes beträgt 226,8 kWh/(m²a). Das gesamte Gebäude wird im Rahmen der TEK-Bewertung als „gering“ eingestuft. Diese Gesamtbewertung wird erzielt, da der als „mittel“ eingeschätzte Energieaufwand für die Luftförderung und Beleuchtung durch eine bessere Bewertung der restlichen Gewerke insbesondere der Heizung kompensiert wird.

Die vier wesentlichen Anteile des Gesamtprimärenergiebedarfs entfallen auf die Luftförderung, Arbeitshilfen, Heizung und Beleuchtung.

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

Luftförderung

Der Primärenergiebedarf der Luftförderung beträgt 43,9 kWh/(m²a). Er wird als „mittel“ ausgewiesen. Die Bewertung resultiert daraus, dass den Nutzungseinheiten im Vergleich zu den Standardnutzungen eine wesentlich höhere Laufzeit der Lüftungsanlagen zu Grunde liegt. Die hohen



Nennvolumenströme der Anlagen werden durch die Regelung reduziert, da sie auch aus technischen Gründen nur in Stufe 1 betreiben werden. Die langen Laufzeiten bleiben jedoch bestehen.

Heizung

Die Heizung des Gebäudes liefert mit 62,4 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 $H_T = 0,81 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Beleuchtung

Der Primärenergiebedarf der Beleuchtung beträgt 36,5 kWh/(m²a). Die gesamte Bewertung der Beleuchtung ist mit „mittel“ bewertet. Diese Bewertung ist auf die langen Betriebszeiten der Nutzungseinheit Sanitärräume und Verkehrsflächen zurück zu führen. Sowie die mit „hoch“ bewerteten Nutzungseinheit Unterrichtsräume und Hörsaal. Hier liegt die spezifische Leistung bei 14,9 W/m², der Vergleichswert „gering“ liegt lediglich bei 7,9 W/m².

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 drei relevantesten Maßnahmen bzw. Maßnahmenempfehlungen aus diesen und anderen Maßnahmen sind in Abschnitt 6 näher untersucht.

Tabelle 5-1: Zusammenstellung möglicher Modernisierungsmaßnahmen für das Gebäude

Zusammenstellung möglicher Modernisierungsmaßnahmen

[zurück zu Übersicht](#)

Lfd. Nr.	Kostengruppe DIN 276 Nr. Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung	Wichtigkeit (von 1 bis 5)	Bemerkungen
1	431 Lüftungsanlagen	dezentrale Lüfterhitzer und Abluftventilator in Halle K1 gegen Zentrales RLT-Gerät ersetzen	4) dringend	dezentrale Ventilatoren sind veraltet und passen nicht mehr zur derzeitigen Nutzung. Im Zuge dieser Maßnahme empfiehlt es sich Maßnahmen: 2,3 in Form eines Maßnahmenpakets umzusetzen
2	361 Dachkonstruktionen	Satteldach Halle K1 ertüchtigen	3) wichtig	Im Zuge der ohnehin erforderlichen Sanierung wird empfohlen den Wärmeschutz nach EnEV oder darüber hinaus zu verbessern
3	362 Dachfenster, Dachöffnungen	Oberlichter Satteldach Halle K1 ertüchtigen	3) wichtig	Oberlichter im Zuge der Dachflächensanierung mit ertüchtigen gemäß EnEV oder darüber hinaus
4	445 Beleuchtungsanlagen	Beleuchtungssanierung Halle K1	2) empfohlen	Im Zuge der ohnehin erforderlichen Sanierung Austausch der veralteten Hallenbeleuchtung
5	364 Dachbekleidungen	Flachdach Hauptgebäude ertüchtigen	1) sinnvoll	es sind derzeit weitere Dachsanierungen geplant Es ist zu prüfen ob Wärmeschutzstandards erhöht werden können. Ertüchtigung gemäß der Anforderungen an den Wärmeschutz nach EnEV oder darüber hinaus
6	445 Beleuchtungsanlagen	Beleuchtungssanierung Obergeschosse	3) wichtig	Verkehrsflächen / Treppenhäuser Beleuchtungssanierung fortführen, Effizienzniveau überprüfen
7	445 Beleuchtungsanlagen	Bewegungsmelder Untergeschosse	2) empfohlen	Verkehrsflächen mit Bewegungsmeldern ausführen
8	431 Lüftungsanlagen	bestehende RLT-Anlage ertüchtigen (Hochdruckanlage 1 Kern 2 (Nord) , Hochdruckanlage 1 Kern 5+6 (Süd), Anlage 12 Kern 8 (West), Hochdruckanlage 6 Kern 3 (Nord), Anlage 2 Kern 4 (Süd), Hörsaal 400, Anlage 8 Kern 7 (Süd))	5) sehr dringend	Ausgewählte Anlagen haben ein Nennvolumen über 15.000 m³/h und sind ca. 30 Jahre alt. Austausch gegen neu Anlagen oder ggf. Ertüchtigung bzw. Nachrüstung von WRG Motor Ventilator Frequenzumformer
9	431 Lüftungsanlagen	bestehende KVS der RLT -Anlagen (Anlage 5 und 6 Zentrale Nord; Anlage 8 Zentrale Süd) ertüchtigen	3) wichtig	Bestehende KVS ertüchtigen: Filter vor Wärmetauscher in der Abluft einbauen; Effizienzpumpen; Rohrleitungsdämmung; Wärmetauscher; Regelung
10	439 Lufttechnische Anlagen, sonstiges	Laufzeit RLT-Anlagen an Nutzung anpassen	5) sehr dringend	und zeitversetztes Anfahren der Anlagen
11	489 Gebäudeautomation, sonstiges	Automatische Verbrauchserfassung	4) dringend	Verbrauchszähler + Aufschalten aller relevanten Medien (Wasser, Heizenergie, Strom)
12	489 Gebäudeautomation, sonstiges	Energiemanagement	3) wichtig	Einführung eines Prozess-Visualisierungs-System



13	429 Wärmeversorgungsanlagen, sonstiges	Austausch Heizungsanlagen	3) wichtig	Austausch aller Heizungsanlagen gegen Hocheffizienzpumpen
14	422 Wärmeverteilnetze	hydraulischen Abgleich	3) wichtig	Verteilnetz der Statischen Heizflächen hydraulisch Abgleichen
15	429 Wärmeversorgungsanlagen, sonstiges	Anpassungen Heizungsregelung	3) wichtig	Vorlauftemperaturen-Heizkurve / Heizgrenztemperatur nach AMEV-Richtlinie Heizbetrieb 2001 einstellen. Auswertungen der Zählerablesungen zeigen, dass ein Wärmeverbrauch auch bei Außentemperaturen über 15°C besteht. Gegebenenfalls Regelung und Pumpen der Heizungsverteilung erneuern

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 Einzelmaßnahmen bzw. Modernisierungsempfehlungen als Pakete aus diesen nun detaillierter ausgearbeitet. Für jede Empfehlung werden die erzielbare Energieeinsparung mit einer Variante des TEK-Tools bestimmt und die Investitionskosten im Rahmen einer Grobkostenschätzung ermittelt. Hieraus werden erste Aussagen zur Wirtschaftlichkeit abgeleitet.

Allgemeine Rahmenbedingungen zur Wirtschaftlichkeit

Folgenden Rahmenbedingungen liegen den nachfolgenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zu Grunde:

Kalkulationszinssatz (nominal)	5,0	%
Betrachtungszeitraum (maximale Nutzungsdauer)	25	a
Preissteigerungsrate Endenergie Wärme (nominal)	5,5	%/a
Preissteigerungsrate Endenergie Strom (nominal)	5,5	%/a
Preissteigerung Wartung / Inspektion (nominal)	2,0	%/a
Durchschnittspreis Endenergie Wärme	0,08	€/kWh
Durchschnittspreis Endenergie Strom	0,16	€/kWh
Rechnerische Lebensdauer Bauteile	25	a
Rechnerische Lebensdauer technische Anlagen	15	a

Abbildung 6-1: Rahmenbedingungen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

6.1 Modernisierungsempfehlung 1: RLT

Das Modernisierungspaket besteht aus den in Tabelle 5-1 aufgeführten Einzelmaßnahmen 1, 8 und 10. Die Modernisierungsempfehlung bezieht sich hierbei auf folgende RLT-Anlagen im Gebäude:

- Lüftungsnr.: TEK 2; Hochdruckanlage 1 Kern 2 (Nord) ; Zuluftvolumenstrom ca. 45.000 m³/h; Baujahr 1983
- Lüftungsnr.: TEK 3; Hochdruckanlage 1 Kern 5+6 (Süd) ; Zuluftvolumenstrom ca. 41.000 m³/h; Baujahr 1983
- Lüftungsnr.: TEK 6; Anlage 12 Kern 8 (West) ; Zuluftvolumenstrom ca. 20.000 m³/h; Baujahr 1983, Nachrüstung Frequenzumformer erfolgte bereits
- Lüftungsnr.: TEK 8; Hochdruckanlage 6 Kern 3 (Nord) ; Zuluftvolumenstrom ca. 30.500 m³/h; Baujahr 1983



- Lüftungsnr.: TEK 9; Anlage 2 Kern 4 (Süd), Hörsaal 400; Zuluftvolumenstrom 6.800 m³/h; Baujahr 1983
- Lüftungsnr.: TEK 11; Anlage 8 Kern 7 (Süd); Zuluftvolumenstrom ca. 22.000 m³/h; Baujahr 1983
- Lüftungsnr.: TEK 12; Anlage Werkshalle K1; Zuluftvolumenstrom ca. 16.000 m³/h; Baujahr 1983

Das Modernisierungspaket sieht einen Austausch der gesamten Anlage vor, das Kanalnetz bleibt jedoch bestehen. Bei den gewählten Anlagen handelt es sich um die größten RLT-Anlagen im Gebäude. Von den Anlagen werden derzeit ca. 205.000 m³/h Luft umgewälzt. Die Anlagen können und werden teilweise im Umluftbetrieb betrieben. Die Anlagen versorgen in erster Linie Labor-, Seminar-, Büro- und Vorlesungsräume sowie Nebenräume und Verkehrsflächen. Im Folgenden werden die Einzelmaßnahmen erläutert.

Lfd. Nr.	Kostengruppe DIN 276 Nr. Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung	Bemerkungen
1	431 Lüftungsanlagen	dezentrale Luffterhitzer und Abluftventilator in Halle K1 gegen Zentrales RLT-Gerät ersetzen	dezentrale Ventilatoren sind veraltet und passen nicht mehr zur derzeitigen Nutzung. Im Zuge dieser Maßnahme empfiehlt es sich Maßnahmen: 2,3 in Form eines Maßnahmenpakets umzusetzen
8	431 Lüftungsanlagen	bestehende RLT-Anlage ertüchtigen (Hochdruckanlage 1 Kern 2 (Nord) , Hochdruckanlage 1 Kern 5+6 (Süd), Anlage 12 Kern 8 (West), Hochdruckanlage 6 Kern 3 (Nord), Anlage 2 Kern 4 (Süd), Hörsaal 400, Anlage 8 Kern 7 (Süd))	Ausgewählte Anlagen haben je ein Nennvolumen von über 15.000 m ³ /h und sind ca. 30 Jahre alt. Austausch gegen neu Anlagen oder ggf. Ertüchtigung bzw. Nachrüstung von WRG Motor Ventilator Frequenzumformer
10	439 Lufttechnische Anlagen, sonstiges	Laufzeit RLT-Anlagen an Nutzung anpassen	und zeitversetztes Anfahren der Anlagen

Abbildung 6-2: Modernisierungsempfehlung 1 Übersicht Einzelmaßnahmen

6.1.1 Einzelmaßnahme 8: RLT-Anlagen austauschen

Ist-Zustand bestehende RLT-Anlagen mit Rotationswärmetauschern

Die oben aufgeführten RLT-Anlagen beinhalten aktuell einen Radialventilator der über einen Kleiriemen oder Flachriemen von einem Asynchron Motor angetrieben wird. Die Anlagen können auf zwei Stufen betrieben werden, die Freigabe der Stufen erfolgt zentral über die Gebäudeleittechnik. Die Regelung des Volumenstroms erfolgt in den Anlagen über eingebaute Dralldrosseln.

Ist-Zustand bestehende RLT-Anlagen mit Kreislaufverbundsystem

Bezieht sich auf folgende RLT-Anlage: Anlage 8 Kern 7 (Zentrale Süd)

Die oben aufgeführte RLT-Anlage besteht aus einem Zu- und Abluftgerät das sich im Kellergeschoss in der RLT-Zentrale Süd befindet. Zusätzliche Abluftgeräte befinden sich jeweils in den Abluftzentralen im Obergeschoss.

Die Anlage verfügt über eine Wärmerückgewinnung über ein Kreislaufverbundsystem. Laut Aussage von Herr Kowalzik befindet sich in den Abluftanlagen vor dem Wärmeübertrager des Kreislaufverbundsystems kein Filter. Dies führt zu erhöhten Verschmutzungen an den Flächen des

Wärmeübertragers, was eine Reduzierung des Wärmeübergangs zu Folge hat. Verschmutzte Komponenten oder defekte Einbauten die keine Verwendung mehr finden, führen zu Steigerung des internen Differenzdrucks. Diese Widerstände müssen vom Ventilator überwunden werden.

6.1.2 Einzelmaßnahme 1: Zentrale RLT-Anlage für Halle K1

Die derzeitige Konditionierung der Halle K1 erfolgt über 10 Luftherhitzern und Abluftventilatoren. Die Temperierung der Halle liegt bei 16-18°C. Aufgrund baulicher Veränderungen innerhalb der Halle ist die bestehende Luftführung nicht sehr effektiv.

Aus energetischer Sicht empfiehlt es sich natürlich erst den Wärmebedarf der Halle zu reduzieren. Deshalb sieht die Modernisierungsempfehlung 6.2 eine energetische Ertüchtigung des Hallendaches sowie der Oberlichter vor. Die Umrüstung auf ein Zentrales RLT-Gerät würde zusätzlich die Durchdringungen in der Gebäudehülle im Bereich des Daches reduzieren, dies würde zu einer Reduzierung des Wärmebedarfs führen, da Wärmebrücken verringert werden und Dichtheitsprobleme reduziert werden.

Die bestehenden Luftherhitzer haben jeweils eine Luftmenge von 5300m³/h. Während der Heizperiode werden jeweils vier der Anlagen im Wechsel betrieben. Die Regelung und Steuerung der Anlagen erfolgt über die Gebäudeleittechnik. Nach Angaben der Betriebstechnik werden die Luftherhitzer im Umluftbetrieb betrieben. Jedoch verfügt jeder Luftherhitzer über eine Außenluftöffnung die über eine Jalousieklappe geregelt wird. Die Abluftventilatoren sitzen direkt in der Außenwand und verfügen ebenfalls über eine Jalousieklappe. Über die Funktionalität und Qualität der Klappen kann jedoch keine Aussage getroffen werden. Die derzeitige Regelung der dezentralen Zu- und Abluftanlagen besteht aus einer Pneumatischen Regelung.

Es wird sich aus energetischer Sicht lohnen aus den dezentralen Anlagen ein zentrales Gerät zu installieren. Gründe hierfür sind:

- Reduzierung Durchdringungen in der Gebäudehülle, da Zentralgerät innerhalb der Gebäudehülle
- Reduzierung der Wärmeverluste über durchströmte Rohrleitungen sowie Heizregister
- Wärmerückgewinnung aus der Abluft
- Reduzierung des Stromverbrauchs der für die Druckluftherzeugung der Pneumatische Regelung entsteht

Somit könnte die Luftführung auch an die schon erfolgte Umnutzung der Halle angepasst werden, dies führt zu höherem Komfort für den Nutzer.

6.1.3 Einzelmaßnahme 10: Regelung + Laufzeit der RLT-Anlagen an aktuelle Nutzung anpassen

Die versorgten Räume verfügen jeweils über einen Raumregler, über den der Nutzer die gewünschte Lüftungsstufe wählen kann. Die Bereitschaft der RLT-Anlagen wird über ein Zeitprogramm von Gebäudeleittechnik vorgegeben. Das Zeitprogramm der Anlagen sieht in der Regel eine Freigabe der Stufe 1 von 0:00 – 24:00 Uhr von Montag bis Sonntag sowohl an Feiertagen und in der Vorlesungsfreien Zeit vor. Die Freigabe der Stufe 2 ist in der Regel von Montag bis Freitag zwischen 07:00 und 18:00 Uhr freigegeben. Die Regelstrategie der Anlagen ist so definiert das



wenn lediglich ein Regler im versorgten Bereich in der Zeit der Bereitschaft durch den Nutzer auf Stufe 1 gestellt wird die Anlage auf Stufe 1 betrieben wird. Aufgrund der Tatsachen, dass möglicherweise immer ein Regler auf Stufe 1 gestellt ist, führt dies zu sehr langen Laufzeiten der Anlagen. Exemplarisch kann hier das Wochenlastprofil der Lastgangmessung Anlage 8 Kern 7 (Zentrale Süd) (vgl. Abbildung 7-5 Seite 32) herangezogen werden. Dort ist zu erkennen, dass die Anlage durchgängig auf Stufe 1 betrieben wird. Wenn der Nutzer die Lüftungsstufe 2 anfordert, öffnen sich im Kanalnetz zusätzliche Klappen über die der erhöhte Volumenstrom eingebracht wird. Die Klappen schließen vollständig nach Ablauf der Freigabezeit.

Die Maßnahme sieht vor, die Anlagen außerhalb der Freigabezeit sowie am Wochenende, Feiertagen und der vorlesungsfreien Zeit zentral abzuschalten. Der Nutzer hat jedoch die Möglichkeit über einen Bedarfstaster im Raum auch außerhalb der Freigabezeit Luft anzufordern. Es ist im Detail zu prüfen ob für besondere Anwendungen gegebenenfalls eine separate Lüftungsanlage eingebaut werden muss. Wenn beispielsweise von Seiten des Nutzers eine ganzjährige Konditionierung von gewissen Räumen gefordert wird.

6.1.4 Auslegung Neuanlagen

Bei der Auslegung der neuen RLT-Anlagen wurden die Luftmengen auf den hygienischen Mindestaußenluftvolumenstrom reduziert. Die Anforderungen an die jeweiligen Nutzungsprofile der DIN 18599 Teil 10 wurden dabei berücksichtigt. Somit konnte der Gesamtvolumenstrom (Zu- und Abluft) von ca. 205.000 m³/h auf ca. 118.200 m³/h reduziert werden (siehe Abbildung 6-3).

Das Lüftungskonzept sieht vor gemäß AMEV² RLT-Anlagenbau 2011 die Verwendung von Umluft möglichst zu vermeiden, da sie einen negativen Einfluss auf die Raumluftqualität hat [6].

Nr. RLT-Anlage	Bezeichnung RLT-Anlage	Bestand Nennvolumenstrom Stufe 2 [m ³ /h] Zu- und Abluft	Neu Volumenstrom [m ³ /h] Zu- und Abluft gem. DIN 18599-10
2	Anlage 1 Kern 2	29.400	14.200
3	Anlage 1 Kern 5+6	49.200	25.600
6	12.8/Abluftventilator 12.3	38.500	11.400
8	Anlage 6 Kern 3	14.000	13.800
9	Hörsaal 400	5.500	7.800
11	Anlage 8 Kern 7	36.600	17.000
12	Werkshalle	31.800	28.400
Gesamtluftmenge:		205.000	118.200

Abbildung 6-3: Überschlägige Neudimensionierung des Volumenstroms anhand des hygienischen Außenluftbedarfs

² Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen

Nachfolgend wird stichpunktartig in einer groben Leistungsbeschreibung die Neuanlagen nach dem Handbuch Kosten technischer Gebäudeausrüstung TGA-KO Version 2 [7] dargestellt:

- Zu- und Abluftanlage einschließlich MSR-Technik,
- Zentralgerät verzinkt,
- doppelschalig für Aufstellung in Technikzentrale,
- Radialventilator mit rückwärtsgekrümmten Schaufeln,
- Schwingungsdämpfer, Luftfilter (LF), Elektromotor, FU, Reparaturschalter, Lufferhitzer (LH), WRG

Kostenschätzung/ Massenermittlung der Einzelmaßnahmen 1, 8 und 10

Die Massenermittlung Volumenstromregler beruht auf einem Massenauszug aus vorhandenen Bestandsunterlagen. Es wird für alle Anlagen angenommen, dass für jeweils 600 m³/h ein Volumenstromregler benötigt wird. Bei einem Gesamtvolumenstrom von ca. 118.200 m³/h werden somit ca. 200 Volumenstromregler benötigt. Weiter enthält die Grobkostenschätzung die Kosten für den Rückbau und die Entsorgung der bestehenden Anlagen. Die angesetzten Kosten der Grobkostenschätzung wurde auf der Basis des Handbuchs Kosten technischer Gebäudeausrüstung TGA-KO Version 2 [7] ermittelt. Die Gesamtkosten betragen 710.000€ eine detaillierte Auflistung der Kosten ist in Abbildung 9-1 dargestellt. Die spezifischen Investitionskosten betragen somit 6,01€/m³.

6.1.5 Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsbewertung

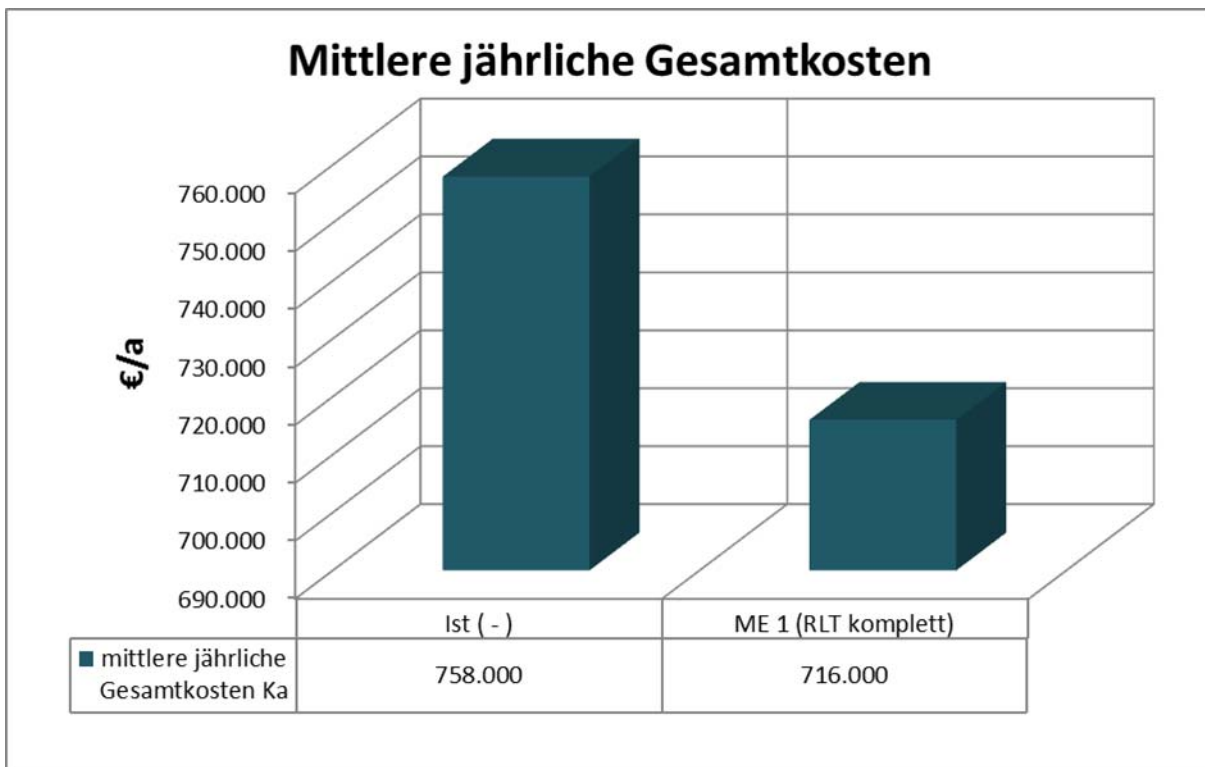


Abbildung 6-4: Modernisierungsempfehlung RLT Mittlere jährliche Kosten RLT-Bestand und RLT-komplett



Bezugnehmend auf die oben dargestellte Abbildung 6-4 stellt sich das Maßnahmenpaket Austausch ausgewählter RLT-Anlagen bezogen auf die Mittleren jährlichen Gesamtkosten als wirtschaftliche Maßnahme da. Es wird somit empfohlen an den in Abschnitt 6.1 aufgeführten RLT-Anlagen, das gesamte Gerät auszutauschen. Die Modernisierungsempfehlung bezieht sich nur auf die oben aufgeführten Anlagen. Es ist im Detail zu prüfen ob die Modernisierungsempfehlung auf weitere Anlage im Gebäude übertragen werden kann.

6.2 Modernisierungsempfehlung 2: Flachdach Hauptgebäude und Halle K1 ertüchtigen

Im Jahre 2011 wurde gemäß geltender EnEV eine Flachdachsanierung im Bereich der Innenkerne am Gebäude durchgeführt. Laut Aussage des Immobilienmanagements sind in naher Zukunft weitere Flachdachsanierungen am Gebäude geplant. Diese Modernisierungsempfehlung soll Auskunft geben, in welcher Qualität zukünftige Flachdachsanierungen ausgeführt werden sollten. Es wird geprüft ob der Wärmeschutz gemäß EnEV oder darüber hinaus erfolgen sollte.

Lfd. Nr.	Kostengruppe DIN 276 Nr. Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung	Bemerkungen
2	361 Dachkonstruktionen	Satteldach Halle K1 ertüchtigen	Im Zuge der ohnehin erforderlichen Sanierung wird empfohlen den Wärmeschutz nach EnEV oder darüber hinaus zu verbessern
5	364 Dachbekleidungen	Flachdach Hauptgebäude ertüchtigen	es sind derzeit weitere Dachsanierungen geplant Es ist zu prüfen ob Wärmeschutzstandart erhöht werden können. Ertüchtigung gemäß der Anforderungen an den Wärmeschutz nach EnEV oder darüber hinaus

Abbildung 6-5: Modernisierungsempfehlung 2 Übersicht der Einzelmaßnahmen

Nachfolgend werden die, in Abbildung 6-5 aufgeführten, Einzelmaßnahmen zunächst einzeln beschrieben.

6.2.1 Einzelmaßnahme 5: Flachdach Hauptgebäude ertüchtigen

Ist-Zustand Flachdach Hauptgebäude

Im IST-Zustand wird von einem Dach mit folgendem Aufbau ausgegangen.

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]	μ_{\min}/μ_{\max}	s_d -Wert [m]	Anteil [%]
1	DIN EN ISO 10456 Beton armiert (mit 2% Stahl) 2400	150	2,500	80 / 130	12,000	100,0
2	DIN V 4108 5.3 Extrudierter Polystyrolschaum GW 0,0385 Kategorie II	150	0,040	80 / 250	12,000	100,0
3	DIN V 4108 7.3.1 Bitumendachbahnen (DIN 52128)	4	0,170	10000 / 80000	40,000	100,0
4	Sand, Kies (trocken)	60	0,700	0 / 0	0,100	100,0

Abbildung 6-6: IST-Zustand Dachaufbau Flachdach Hauptgebäude

Bei diesem Dachaufbau beträgt der U-Wert 0,24 W/(m²K) die Anforderungen der EnEV werden somit erreicht. Eine zukünftige Dachsanierung muss mindestens die oben aufgeführte Mindestanforderung der EnEV erfüllen.

untersuchte Varianten

Es werden folgende Ausführungen gegenübergestellt:

- Flachdach Sanierung gemäß der Anforderungen nach EnEV U-Wert 0,24 W/(m²K)
- Flachdach Sanierung gemäß der Anforderungen Passivhausstandard U-Wert 0,15 W/(m²K)
- Flachdach Sanierung gemäß der Anforderungen Passivhausstandard+ U-Wert 0,1 W/(m²K)

Kostenschätzung/ Massenermittlung

Die Gesamtdachfläche des Hauptgebäudes beträgt 5.461 m².

Sanierungsvariante	spezifische Investitionskosten [€/m ²]	Investitionskosten [€]
gemäß der Anforderungen nach EnEV	140	764.540
gemäß der Anforderungen Passivhausstandard	150	819.150
gemäß der Anforderungen Passivhausstandard+	160	873.760

Abbildung 6-7: Kostenschätzung Sanierungsvarianten der Einzelmaßnahme 5

6.2.2 Einzelmaßnahme 2: Satteldach Halle K1 ertüchtigen

Ist-Zustand Flachdach Halle K1

Über die Qualität und mögliche Bauschäden am bestehenden Dach kann derzeit keine Aussage getroffen werden. Es ist lediglich augenscheinlich zu erkennen das Instandsetzungsmaßnahmen an der Dachhaut durchgeführt wurden. Die typische technische Lebensdauer einer solchen Dachkonstruktion liegt bei 40 Jahren, diese wird somit im Jahr 2023 erreicht.

Bemerkung: Im Zuge der energetischen Sanierung des Satteldachs, empfiehlt es sich die bestehenden Oberlichter im Hallendach (U-Wert im Bestand 4,2 W/m²K) mit auszutauschen, da auch diese ihr Ende der typischen technischen Lebensdauer in 2013 erreichen werden. Es kann jedoch keine Aussage über die jeweilige Qualität und Funktion der Oberlichter getroffen werden, da sie bei der Begehung nicht zugänglich waren. Eine Prüfung im Detail ist deshalb notwendig. Des Weiteren kann keine Aussage über den sommerlichen Wärmeschutz und eine damit mögliche Überhitzung der Halle getroffen werden. Der Austausch der Oberlichter wird in der Modernisierungsempfehlung nicht berücksichtigt.

untersuchte Varianten

Es werden folgende Ausführungen gegenübergestellt:

- Flachdach Sanierung gemäß der Anforderungen nach EnEV U-Wert 0,24 W/(m²K)
- Flachdach Sanierung gemäß der Anforderungen Passivhausstandard U-Wert 0,15 W/(m²K)
- Flachdach Sanierung gemäß der Anforderungen Passivhausstandard+ U-Wert 0,1 W/(m²K)



Kostenschätzung/ Massenermittlung

Die Gesamtfläche des Hallendaches beträgt 1.321 m².

Sanierungsvariante	spezifische Investitionskosten [€/m ²]	Investitionskosten [€]
gemäß der Anforderungen nach EnEV	140	184.940
gemäß der Anforderungen Passivhausstandard	150	198.150
gemäß der Anforderungen Passivhausstandard+	160	211.360

Abbildung 6-8: Kostenschätzung Sanierungsvarianten der Einzelmaßnahme 2

6.2.3 Ergebnis des Variantenvergleichs / Wirtschaftlichkeitsbewertung

Folgende Abbildung zeigt, dass sich Ausführungen über die Anforderungen der EnEV hinaus als wirtschaftlich darstellen.

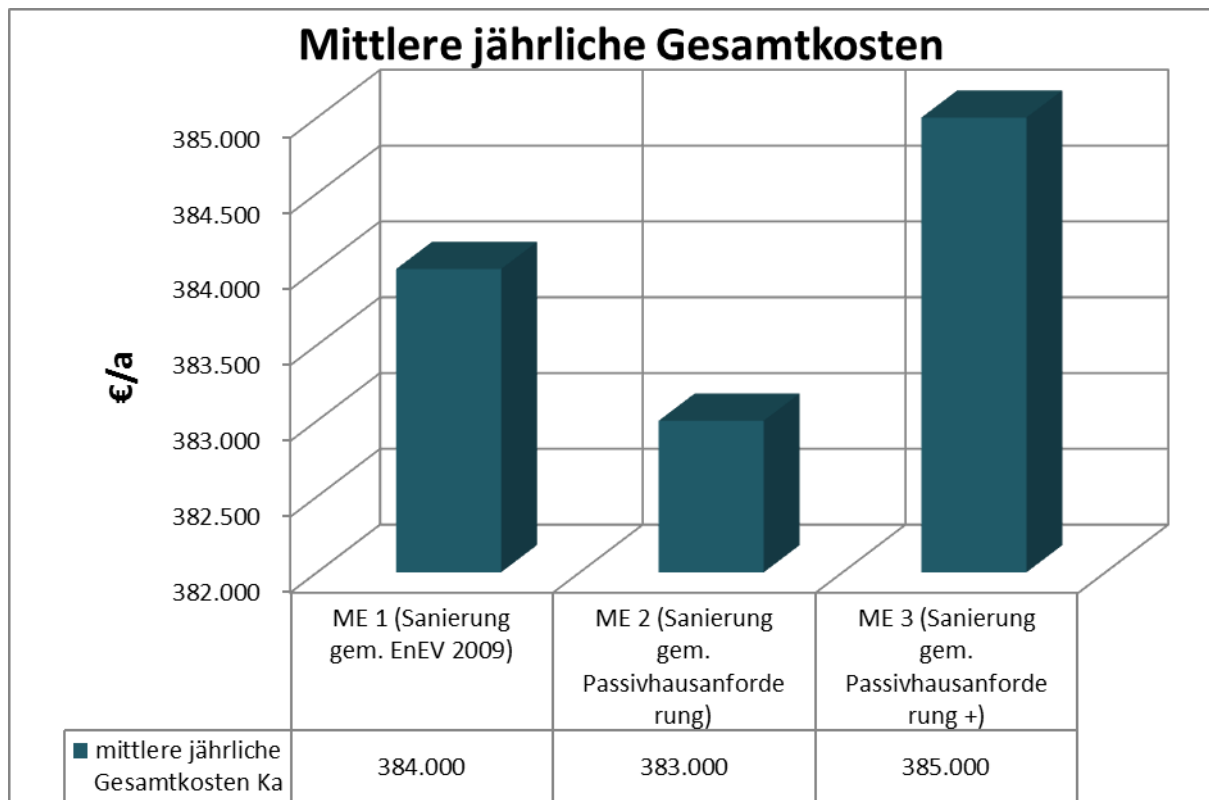


Abbildung 6-9: Variantenvergleich Modernisierungsempfehlung 2 Mittlere jährliche Gesamtkosten Flachdachsanieierung Hauptgebäude und Halle K1

Bezugnehmend auf die oben dargestellte Abbildung 6-9 erweist sich die Ausführung im Passivhausstandard bezogen auf die Mittleren jährlichen Gesamtkosten als wirtschaftlichste Maßnahme. Es wird somit empfohlen zukünftige Sanierungsmaßnahmen an Flachdächern in dieser Qualität auszuführen.

Der Berechnung zur Wirtschaftlichkeit liegt die energetische Ertüchtigung des Flachdaches Hauptgebäude und Flachdach Halle K1 zugrunde. Der Austausch der Oberlichter wurde in der Berechnung nicht berücksichtigt, da sich der Austausch der Oberlichter aus heutiger Sicht nicht wirtschaft-

lich darstellen lässt. Aus energetischer Sicht ist es jedoch zu empfehlen den Austausch der Oberlichter im Zuge der Dachsanierung durchzuführen.

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung beinhaltet nur die mittleren jährlichen Energiekosten Wärme, da die gewählten Varianten keine Auswirkungen auf den Endenergiebedarf Strom haben.

6.3 Modernisierungsempfehlung 3: Beleuchtungssanierung Verkehrsflächen

Die Modernisierungsempfehlung soll Auskunft geben in welcher Art der Ausführung zukünftige Beleuchtungssanierungen der Verkehrsflächen im Bereich der Unter- und Obergeschosse erfolgen sollten. Anlass dafür ist eine derzeit laufende Brandschutzsanierung in oben genannten Bereichen des Gebäudes.

Lfd. Nr.	Kostengruppe DIN 276 Nr. Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung	Bemerkungen
6	445 Beleuchtungsanlagen	Beleuchtungssanierung Obergeschosse	Verkehrsflächen / Treppenhäuser Beleuchtungssanierung fortführen, Effizienzniveau überprüfen
7	445 Beleuchtungsanlagen	Bewegungsmelder Untergeschosse	Verkehrsflächen mit Bewegungsmeldern ausführen

Abbildung 6-10: Modernisierungsempfehlung 3 Übersicht der Einzelmaßnahmen

6.3.1 Einzelmaßnahme 6: Beleuchtungssanierung Obergeschosse

Im Zuge der derzeit laufenden Brandschutzsanierungen im Bereich der innenliegenden Flure, wird die bestehende Abhangdecke sowie die Beleuchtung zurückgebaut. Mit dem Abschluss der Arbeiten zur brandschutztechnischen Ertüchtigung sieht die Maßnahme vor wieder eine Abhangdecke einzubringen. Die Beleuchtung der Flächen wird über eine neue Beleuchtungsanlage sichergestellt. Das Beleuchtungskonzept sieht hier Langfeld Anbauleuchten mit Elektronischem Vorschaltgerät vor. Diese Art der Ausführung wird in der Maßnahme 1 dargestellt.

Ergänzend zu der Ausführung nach dem Beleuchtungskonzept sieht die Maßnahme 2 eine Neuanlage mit präsenzabhängiger Regelung vor.

Kostenschätzung/ Massenermittlung

Die Sanierungsmaßnahme wird auf einer Fläche von ca. 5468 m² umgesetzt. Die Fläche beinhaltet sowohl die Ober- und Untergeschosse.

Sanierungsvariante	spezifische Investitionskosten [€/m ²]	Investitionskosten [€]
Neuanlage ohne Regelung	13	71.084
Neuanlage mit präsenzabhängiger Regelung	16	87.488

Abbildung 6-11: Kostenschätzung Sanierungsvarianten der Einzelmaßnahme 6

Aufgrund der sowieso anfallenden Kosten für die Wiederherstellung des Urzustands (vor der Brandschutzsanierung), wird bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung angenommen das dreißig Prozent der Investitionskosten als Sowieso Kosten in Form von Montagekosten anfallen. Somit werden die Investitionskosten der betrachteten Sanierungsvarianten um dreißig Prozent reduziert. Die



angesetzten Kosten der Wirtschaftlichkeitsberechnung basieren auf die BMVBS³-Online-Publikation, Nr. 08/2012 Ermittlung von spezifischen Kosten energiesparender Bauteil-, Beleuchtungs-, Heizungs- und Klimatechnikausführungen zur EnEV 2012.

Für die bestehende Beleuchtungsanlage wurden 1,5 % [5] des Anlagenwertes für jährliche Wartungs- und Inspektionskosten angenommen. Für die Neuanlagen werden jährliche Wartungs- und Inspektionskosten in der Höhe von 1,25 % der Investitionskosten angesetzt.

6.3.2 Einzelmaßnahme 7: Bewegungsmelder Untergeschosse

Im Bereich des Untergeschosses befinden sich in erster Linie Technikzentralen Lager- und Nebenräume sowie einzelne Labore. Diese Nebennutzflächen sowie die Erschließungsflächen kommen aufgrund ihrer Nutzung auf sehr geringe Vollbenutzungsstunden im Jahr. Es empfiehlt sich hier eine präsenzabhängige Regelung nachzurüsten. Dadurch könnten die Laufzeiten der Beleuchtungsanlage in diesem Nutzungsbereich ausgehend von den Standardeinschaltzeiten nach DIN 18599-10 erheblich reduziert werden. Es ist zu prüfen, ob die tatsächlichen Einschaltzeiten in gleicher Größenordnung wie die Standardannahmen der DIN 18599 liegen.

6.3.3 Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsbewertung

Folgende Abbildung soll aufzeigen, das sich Ausführungen über den Umfang des Beleuchtungskonzeptes hinaus als Wirtschaftlich darstellen.

- Sanierungsvariante ME1 Neuanlage ohne Regelung (Beleuchtungskonzept)
- Sanierungsvariante ME2 Neuanlage mit präsenzabhängiger Regelung

³ Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

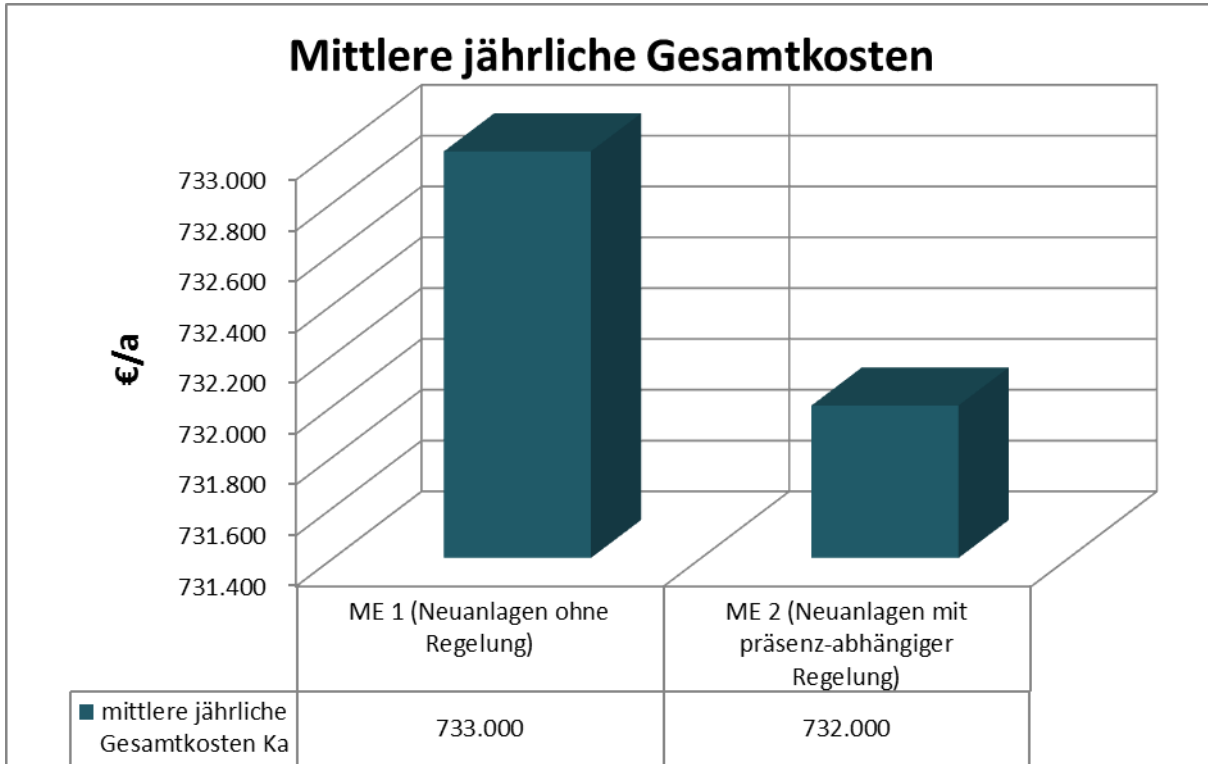


Abbildung 6-12: Modernisierungsempfehlung 3 Mittlere jährliche Kosten Beleuchtungssanierung

Die oben aufgeführte Sanierungsvariante 1 Neuanlage ohne Regelung nach den Angaben aus dem Beleuchtungskonzept führt aus heutiger Sicht zu etwas höheren mittleren jährlichen Kosten. Es empfiehlt sich somit das Beleuchtungskonzept um eine präsenzabhängige Regelung (siehe Sanierungsvariante 2) zu erweitern.



6.4 Zusammenfassung und Vergleich

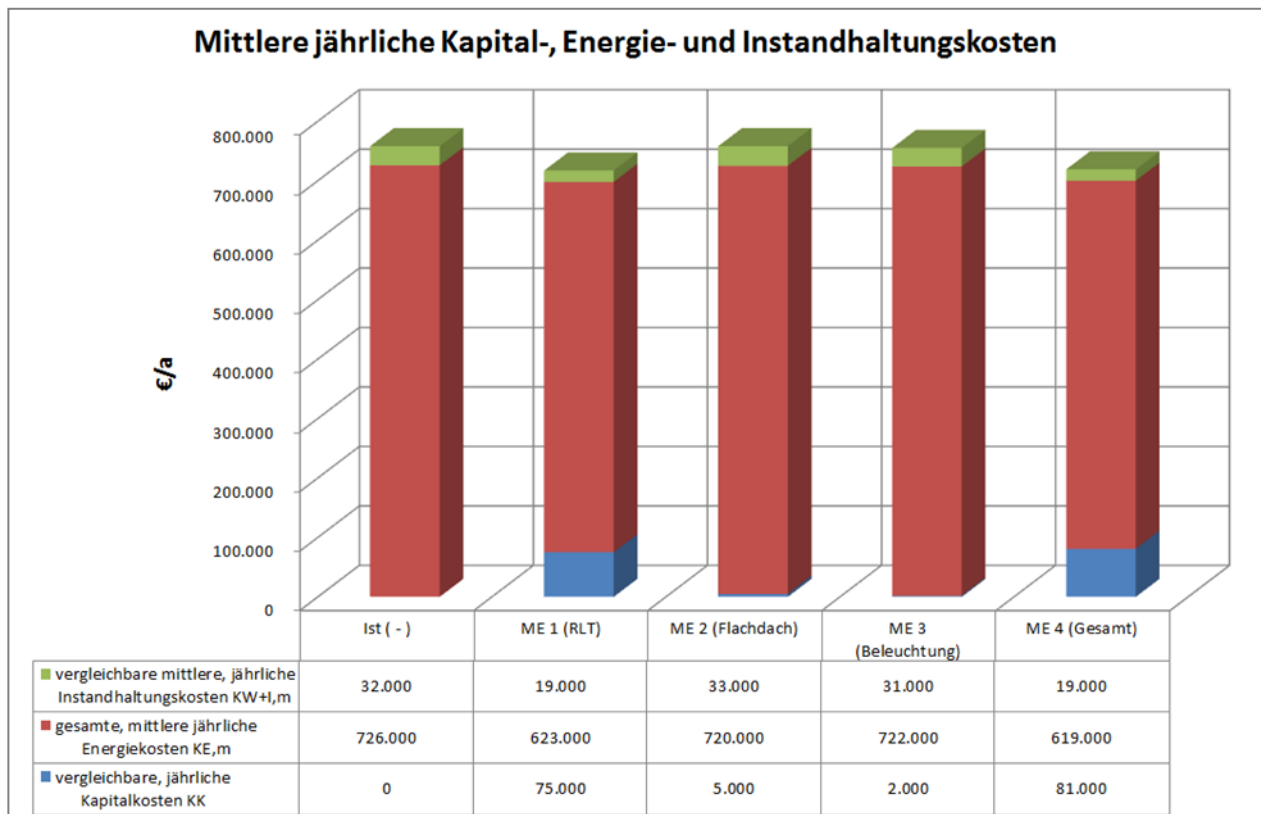


Abbildung 6-13: Vergleich der jährlichen Gesamtkosten der verschiedenen Maßnahmenempfehlungen

ME1 RLT: Die Maßnahmenempfehlung 1 mit dem größten Investitionsvolumen birgt auch das größte Einsparpotential. Es ist deshalb zu empfehlen die veraltete Anlagentechnik (siehe Liste RLT-Anlagen Abschnitt 6.1) sukzessive durch neue RLT-Anlagen zu ersetzen.

ME2 Flachdachsanie rung Hauptgebäude und Halle K1: Aufgrund der geringen Fläche die in der Sanierungsvariante betrachtet wurde ist nur ein minimaler Rückgang der mittleren Jährlichen Energiekosten zu erkennen. Die Erkenntnisse aus dem Variantenvergleich siehe Abschnitt 6.2.3 sind bei dieser Maßnahmenempfehlung jedoch von einer höheren Bedeutung. Der Maßnahmenempfehlung liegt hier die Sanierungsvariante „Flachdach Sanierung gemäß der Anforderungen Passivhausstandart“ zugrunde. Diese Art der Ausführung stellt sich als wirtschaftlich da und es empfiehlt sich somit zukünftige Flachdachsanie rungen in Passivhausqualität umzusetzen.

ME3 Beleuchtung Verkehrsflächen: Wie auch bei ME2 ist nur ein minimaler Rückgang der mittleren jährlichen Energiekosten zu erkennen. Jedoch hat auch hier die Erkenntnis aus dem Variantenvergleich einen hohen Stellenwert. Der Maßnahmenempfehlung liegt hier die Sanierungsvariante „Neuanlagen mit präsenzabhängiger“ zugrunde. Diese Art der Ausführung stellt sich als wirtschaftlich da und es empfiehlt sich somit zukünftige innenliegende Flure mit präsenzabhängiger Regelung auszuführen.

ME4 Gesamt: Beinhaltet die Maßnahmenempfehlungen ME1 – ME3 und soll eine Gesamtübersicht geben wenn alle drei Maßnahmenempfehlungen umgesetzt werden würden.

7 Durchgeführte Messungen

Es wurden an allen zentralen Zu- und Abluftanlagen, die regelmäßig in Betrieb sind, Leistungsmessungen durchgeführt, um deren Energieverbrauch in Kombination mit vorgegebenen Nutzungszeiten bestimmen zu können.

Es handelt sich um Momentanwert-Messungen, bei denen im Fall von volumenstromvariablen Anlagen 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 Abbildung 7-1 und Abbildung 7-2 zeigen das Ergebnis der Leistungsmessung als prozentualen Anteil der Typenschildleistung über der Typenschildleistung. Es ist erkennbar, dass es eine große Bandbreite in Bezug auf die Abweichung von der Typenschildleistung gibt. Das zeigt, dass der Messaufwand nötig ist, um den Energieverbrauch der Lüftungsanlagen korrekt bestimmen zu können, da die Verwendung von Typenschildleistung zu größeren Fehler führen würde.

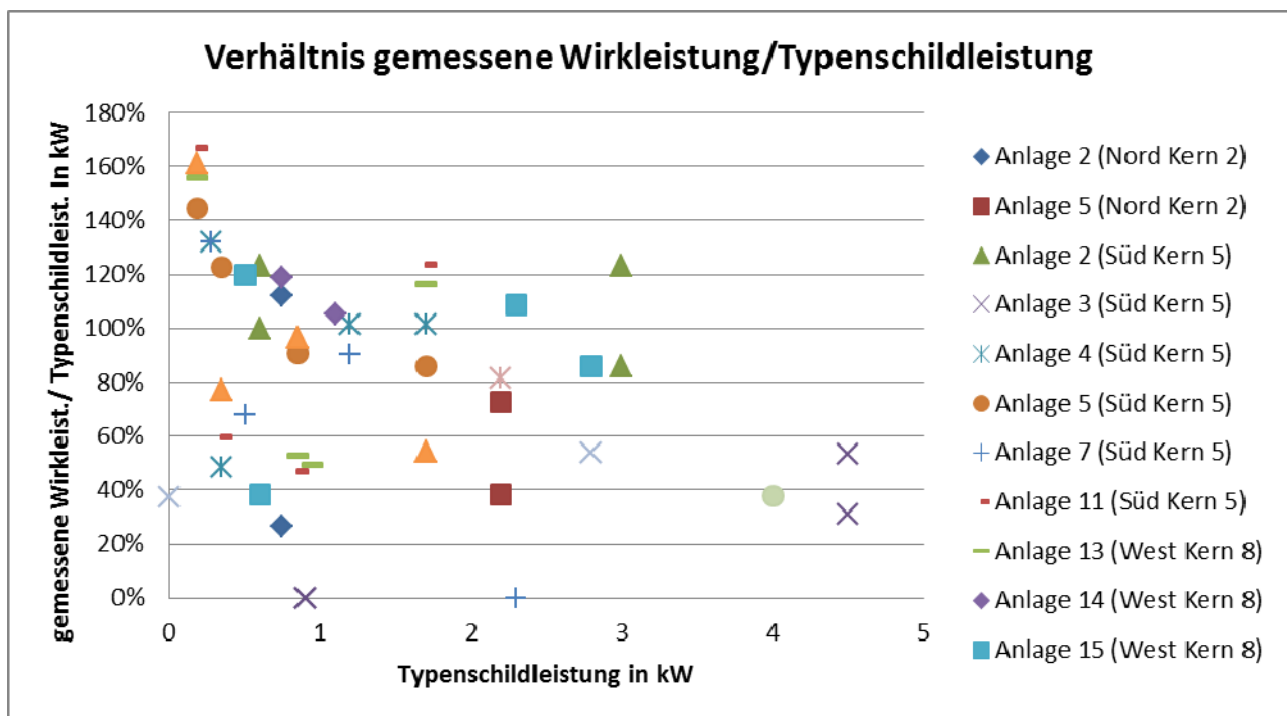


Abbildung 7-1 (links): Verhältnis gemessene Wirkleistung/Typenschildleistung bis 5 kW

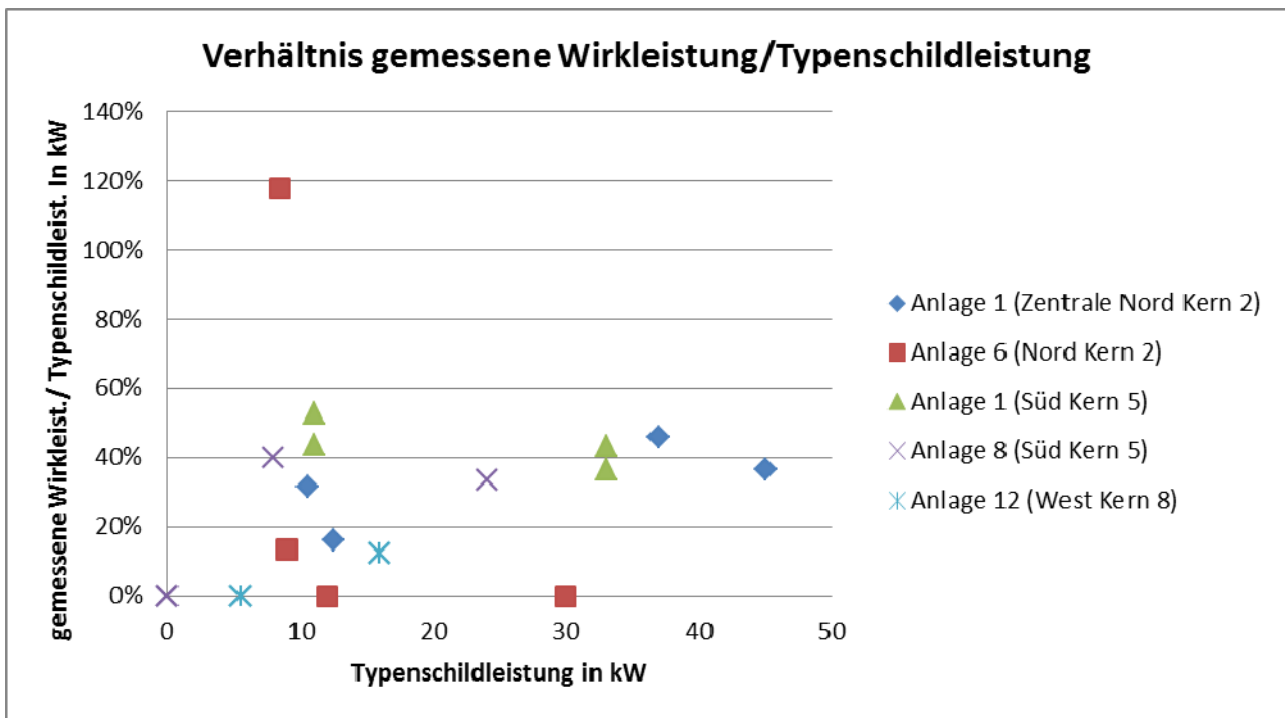


Abbildung 7-2 (rechts): Verhältnis gemessene Wirkleistung/Typenschildleistung bis 50 kW

7.1 Lastgangmessung Anlage 12 Kern 8 (Zentrale West)

Aufgrund einer Änderung in der Betriebsführung der Anlage die während der Langzeitmessung erfolgt konnte kein typisches Wochenprofil für die Anlage erstellt werden. Lediglich typische Tageslastprofile der Zu- und Abluftanlage 12 im Kern 8 (Zentrale West) konnten aus den vorliegenden Messergebnissen erstellt werden. Diese sind in den nachfolgenden Abbildung 7-3 und Abbildung 7-4 dargestellt. Diese Anlage wurde im Zuge einer Sanierung bereits mit einem Frequenzumformer nachgerüstet.

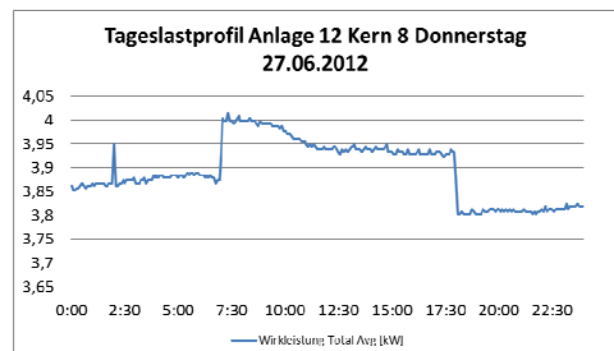
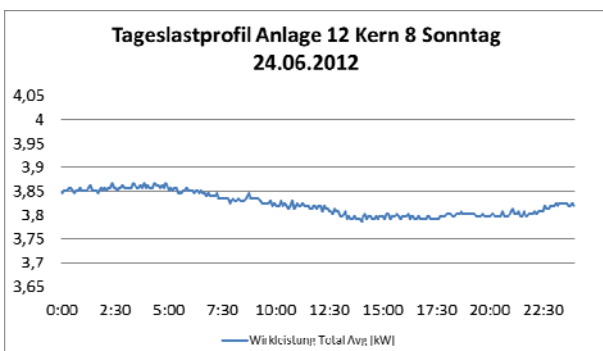


Abbildung 7-3 (links): Tageslastprofil Anlage 12 Kern 8 So. 24.06.2012

Abbildung 7-4 (rechts): Tageslastprofil Anlage 12 Kern 8 Do. 27.06.2012

Die zweite Leistungsstufe der Anlage ist von Montag bis Freitag von 07:00- 18:00 Uhr freigegeben. Das ist auch im oben dargestellten typischen Tageslastprofil von Donnerstag dem 27.06.2012

(Abbildung 7-4) erkennbar, in diesem Zeitraum hat die Anlage eine Leistungsaufnahme von ca. 4 kW. Außerhalb der Nutzungszeit sowie an Wochenenden siehe dazu typisches Tageslastprofil am Sonntag den 24.06.2012 (Abbildung 7-3) beträgt die Leistungsaufnahme immer noch ca. 3,85 kW. Somit kommt die Anlage trotz Umrüstung auf einen Frequenzumrichter auf eine hohe Laufzeit. Die Reduzierung der Laufzeit in den Nachtzeiten sowie an den Wocheneden birgt hier ein Einsparpotenzial.

Ein Anteil von ca. 0,90 kW mit einer Luftmenge von 1100 m³/h ist den dezentralen Abluftgeräten in der Dachzentrale zuzuteilen. Diese Abluftgeräte werden auch außerhalb der Hauptnutzungszeiten der Lüftungsanlage betrieben. Somit ist eine Nachströmung über das zentrale Lüftungsgerät nicht gewährleistet. Dies hat zu Folge, dass sich möglicherweise ein Unterdruck in den Räumen einstellt und es zu einer unerwünschten Nachströmung über angrenzende Räume oder über die Gebäudehülle erfolgt. Es ist zu prüfen ob die Laufzeiten der Abluftgeräte an die der Hauptanlage angepasst werden können.

7.2 Lastgangmessung Anlage 8 Kern 7 (Zentrale Süd)

Nachfolgende Abbildung zeigt ein typisches Wochenprofil der Zu- und Abluftanlage 8 im Kern 7 (Zentrale Süd). Das Lastprofil resultiert aus einer Lastgangmessung die in der Zeit 21.06.2012 bis 06.07.2012 an der oben genannten Anlage durchgeführt wurde.

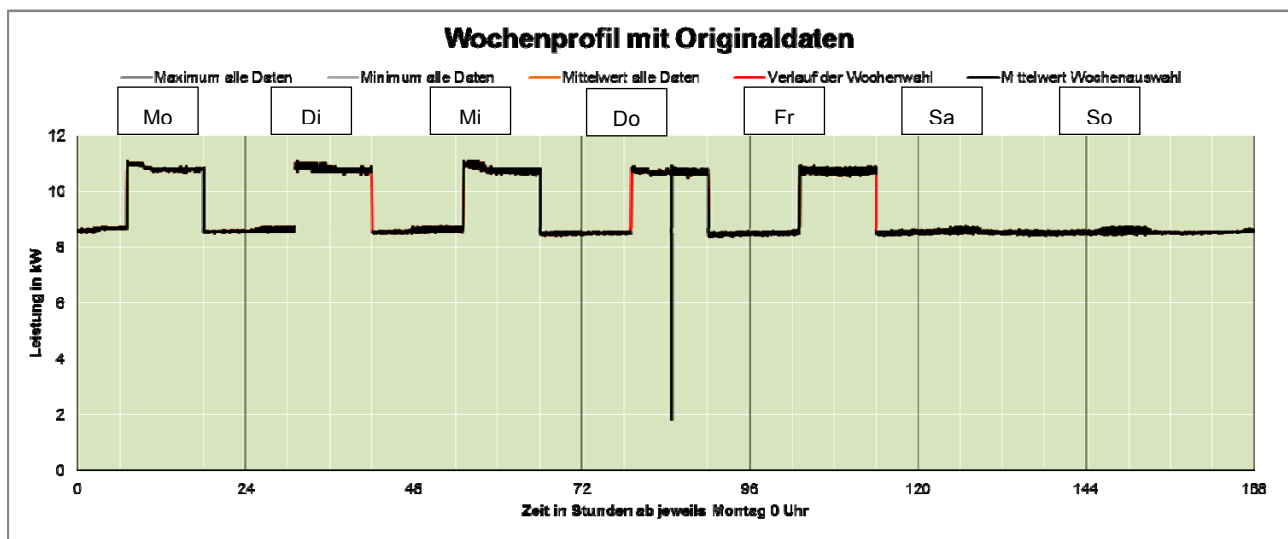


Abbildung 7-5 (rechts): Wochenprofil Anlage 8 Kern 7 Do. 21.06.2012 – Fr. 06.07.2012

Die zweite Leistungsstufe der Anlage ist von Montag bis Freitag von 07:00- 18:00 Uhr freigegeben. Das ist auch im oben dargestellten Wochenprofil (Abbildung 7-5) erkennbar, in diesem Zeitraum hat die Anlage eine Leistungsaufnahme von ca. 10,5 kW. Außerhalb der Nutzungszeit sowie an Wochenenden beträgt die Leistungsaufnahme immer noch ca. 8,5 kW. Somit kommt die Anlage auf eine hohe Laufzeit. Die Reduzierung der Laufzeit in den Nachtzeiten sowie an den Wocheneden birgt hier ein Einsparpotenzial.



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
- [5] Institut Wohnen und Umwelt, Hessisches Umweltministerium: Leitfaden Energiebewusste Gebäudeplanung - Heizenergie im Hochbau; 6. Auflage, IWU, Darmstadt 1999
- [6] Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltung: RLT-Anlagenbau 2011, Hinweise zur Planung und Ausführung von Raumluftechnischen Anlagen für öffentliche Gebäude, Broschüre Nr.: 111, Kapitel 1.5, Seite 7; Berlin, 2011
- [7] Finanzministerium Baden-Württemberg: TGA-KO Version 2. Kosten Technischer Gebäudeausrüstung; Stuttgart 2008

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"> <input checked="" type="checkbox"/> bemaßte Grundrisse, 1:200 <input checked="" type="checkbox"/> bemaßte Schnitte, 1:200 <input checked="" type="checkbox"/> Ansichten 	+	
<input type="checkbox"/> Baubeschreibung		-
<input type="checkbox"/> EnEV-Nachweis oder Vergleichbares zum Bauantrag/Baufertigstellung		-
<input type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Raumbuch, Flächenangaben <input type="checkbox"/> Angaben für Gesamtgebäude nach Kategorien DIN 277 <input type="checkbox"/> Angaben geschossweise <input type="checkbox"/> Angaben nach Nutzungszonen 	+	gute Dokumentation vorhanden genutzt: Raumbuch zur Flächenermittlung und Zonierung
<input type="checkbox"/> Technische Unterlagen Gebäudehülle <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Bauteilkatalog <input type="checkbox"/> Sonstiges 		
<input type="checkbox"/> Technische Unterlagen Wärmeversorgungsanlagen <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Schemata <input type="checkbox"/> Anlagen- und Funktionsbeschreibung <input type="checkbox"/> Darstellung der Versorgungsbereiche im Grundriss 	-	Schemata in Form von Fotodokumentation aus Begehung
<input type="checkbox"/> Technische Unterlagen Kälteversorgungsanlagen <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Schemata <input type="checkbox"/> Anlagen- und Funktionsbeschreibung <input type="checkbox"/> Darstellung der Versorgungsbereiche im Grundriss 	-	Anlagenbeschreibung vorhanden und genutzt für Name des Kompressors
<input checked="" type="checkbox"/> Technische Unterlagen RLT-Anlagen	+	gute Dokumentation vorhan-



<input checked="" type="checkbox"/> Schemata <input type="checkbox"/> Anlagen- und Funktionsbeschreibung <input type="checkbox"/> Lüftungsgesuch <input type="checkbox"/> Abnahmemessungen <input checked="" type="checkbox"/> Darstellung der Versorgungsbereiche im Grundriss		den, genutzt: RLT-Schema RLT-Grundrisse nicht vorhanden
<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		Vermutlich vorhanden, nicht gebraucht
<input checked="" type="checkbox"/> Sonstige Unterlagen		Abschlussberichte Solarcampus

9.2 Annahmen aufgrund fehlender Daten

Nr.	Größe	Angenommene Ausprägung	Bemerkung
1	U-Wert	4,2 W/(m ² *K)	U-Wert Lichtkuppel Halle K1
2	Temperaturen	T= 18...21 °C	Raumsolltemperaturen wurden nicht gemessen (Datenaufnahme erfolgte im Sommer)

Maßnahmenempfehlung 3 Beleuchtungssanierung Verkehrsflächen:

- Das durch die Brandschutzsanierung sowohl die Verkehrsflächen der Ober- und Untergeschossen betroffen sind.
- Das dreißig Prozent der Investitionskosten als Instandhaltungskosten (Sowieso Kosten) in Form von Montagekosten angesetzt werden können.

9.3 Kostenschätzung

9.3.1 Kostenschätzung Modernisierungsempfehlung 1

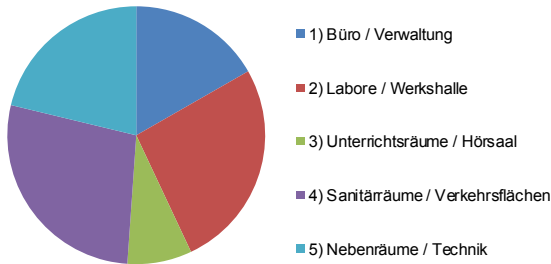
Anlagenliste erstellt mit TGA-KO-2			
Projektname: Uni Kassel Technik I/II			
Anlage	Kostenelement	Preis	Kosten
	Position		Gesamtpreis
Summe Anlage RLT TEK 11: Anlage 8 Kern 7			44.880,00 €
RLT TEK 11: Anlage 8 Kern 7	43111.1.2	18.425,00 €	
RLT TEK 11: Anlage 8 Kern 7	480	9.200,00 €	
RLT TEK 11: Anlage 8 Kern 7	43121.2	14.455,00 €	
RLT TEK 11: Anlage 8 Kern 7	480	2.800,00 €	
Summe Anlage RLT TEK 12: Werkshalle			60.480,00 €
RLT TEK 12: Werkshalle	43111.1.3	28.040,00 €	
RLT TEK 12: Werkshalle	480	9.200,00 €	
RLT TEK 12: Werkshalle	43121.3	20.440,00 €	
RLT TEK 12: Werkshalle	480	2.800,00 €	
Summe Anlage RLT TEK 2: Abluft Anlage 1 Kern 2			16.520,00 €
RLT TEK 2: Abluft Anlage 1 Kern 2	43121.2	13.720,00 €	
RLT TEK 2: Abluft Anlage 1 Kern 2	480	2.800,00 €	
Summe Anlage RLT TEK 2: Zuluft Anlage 1 Kern 2			25.900,00 €
RLT TEK 2: Zuluft Anlage 1 Kern 2	43111.1.2	16.700,00 €	
RLT TEK 2: Zuluft Anlage 1 Kern 2	480	9.200,00 €	
Summe Anlage RLT TEK 3: Anlage 1 Kern 5+6			56.810,00 €
RLT TEK 3: Anlage 1 Kern 5+6	43111.1.3	25.900,00 €	
RLT TEK 3: Anlage 1 Kern 5+6	480	9.200,00 €	
RLT TEK 3: Anlage 1 Kern 5+6	43121.3	18.910,00 €	
RLT TEK 3: Anlage 1 Kern 5+6	480	2.800,00 €	
Summe Anlage RLT TEK 6: Anlage 12 Kern 8			38.024,00 €
RLT TEK 6: Anlage 12 Kern 8	43111.1.2	13.872,00 €	
RLT TEK 6: Anlage 12 Kern 8	480	9.200,00 €	
RLT TEK 6: Anlage 12 Kern 8	43121.2	12.152,00 €	
RLT TEK 6: Anlage 12 Kern 8	480	2.800,00 €	
Summe Anlage RLT TEK 8: Anlage 6 Kern 3			42.420,00 €
RLT TEK 8: Anlage 6 Kern 3	43111.1.2	16.700,00 €	
RLT TEK 8: Anlage 6 Kern 3	480	9.200,00 €	
RLT TEK 8: Anlage 6 Kern 3	43121.2	13.720,00 €	
RLT TEK 8: Anlage 6 Kern 3	480	2.800,00 €	
Summe Anlage RLT TEK 9: Hörsaal 400			28.400,00 €
RLT TEK 9: Hörsaal 400		10.320,00 €	
RLT TEK 9: Hörsaal 400	480	6.880,00 €	
RLT TEK 9: Hörsaal 400	43121.1	8.400,00 €	
RLT TEK 9: Hörsaal 400	480	2.800,00 €	
Summe Anlage Raumregelung			290.000,00 €
Raumregelung	43143.5.1	117.000,00 €	
Raumregelung	480	78.000,00 €	
Raumregelung	43143.5.2	69.000,00 €	
Raumregelung	480	26.000,00 €	
Summe Anlage Rückbau Bestehende Anlagen			105.000,00 €
Rückbau Bestehende Anlagen	43991.2	105.000,00 €	
Summe:		708.434,00 €	708.434,00 €
zur Rundung:		1.566,00 €	1.566,00 €
Gesamtkosten:		710.000,00 €	710.000,00 €

Abbildung 9-1: Kostenschätzung Modernisierungsempfehlung 1



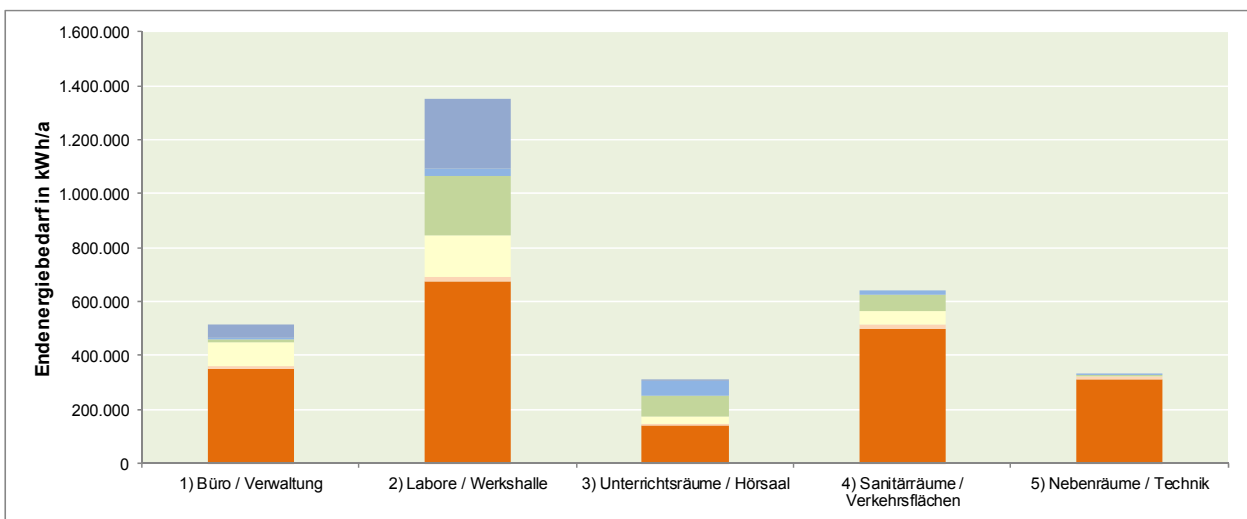
10 Anhang: TEK – Bewertung je Nutzungseinheit

2.1 Flächen der Nutzungseinheiten



	Fläche m²	Anteil an beh. NGF
1) Büro / Verwaltung	3.709	17%
2) Labore / Werkshalle	5.821	26%
3) Unterrichtsräume / Hörsaal	1.793	8%
4) Sanitärräume / Verkehrsflächen	6.131	28%
5) Nebenräume	4.706	21%
	22.161	100%

2.2 Endenergiebedarf der Gewerke je Nutzungseinheit



2.3 Teilenergiekennwertbewertung je Nutzungseinheit

Bezeichnung	1) Büro / Verwaltung		2) Labore / Werkshalle		3) Unterrichtsräume / Hörsaal		4) Sanitärräume / Verkehrsflächen		5) Nebenräume / Technik	
	Fläche der Nutzungseinheit	3709 m²	5821 m²	1793 m²	6131 m²	4706 m²	TEK-Bew. ert.	PE-Kennwert kWh/(m²a)	TEK-Bew. ert.	PE-Kennwert kWh/(m²a)
Arbeitshilfen	Mittel	14	Sehr gering	44	Sehr gering	4	-	0	-	0
Dampf		0		0		0		0		0
Kälte	Mittel	1	Hoch	5	Sehr gering	31	Sehr hoch	2	Mittel	0
Luftförderung	Mittel	4	Mittel	38	Mittel	43	Mittel	10	Gering	1
Beleuchtung	Gering	23	Mittel	26	Mittel	14	Mittel	8	Mittel	0
Warmwasser	Sehr gering	3	Sehr gering	3	Sehr gering	3	Gering	3	Gering	3
Heizung	Gering	95	Mittel	116	Gering	79	Gering	81	Gering	66

Abbildung 10-1: Bewertung je Nutzungseinheit

11 Anhang: TEK – Bewertung auf Zonenebene

3.1 Heizung										
Nr. und Name	Std.-nutzung	Fläche m²	Nutz.- einheit	Ist-Wert Zone (Endenergie)				Vergleichswert - gering		
				TEK-Bewert.	kWh/(m²a)	W/m²	h/a	kWh/(m²a)	W/m²	h/a
1) Büro / Verwaltung	02 Gruppenbü	3.190	1	Gering	95,6	64,1	1.490	56,0	105,3	531
2) Hörsaal	09 Hörsaal	126	3	Gering	107,6	237,1	454	88,0	550,2	160
3) Sanitärräume He + WRG	15 Küche, Lag	45	5	Gering	66,1	337,8	196	84,1	284,5	296
4) Labore	22.2 Gewerbe	1.072	2	Mittel	106,4	85,8	1.240	42,9	197,8	217
5) Nebenräume	18 Nebenfläch	1.183	5	Gering	70,0	32,0	2.186	62,2	28,9	2.151
6) Sanitärräume	16 WC, Sanitä	154	4	Gering	186,5	130,3	1.431	129,3	284,3	455
7) Technik	20 Lager, Tech	2.893	5	Gering	64,5	29,0	2.220	73,2	37,3	1.964
8) Labore He + WRG	22.2 Gewerbe	20	2	Sehr hoch	382,2	460,0	831	42,9	197,8	217
9) Unterrichtsräume	21 Rechenzen	823	3	Mittel	48,0	52,7	910	24,0	57,1	420
10) Verkehrsflächen / Trepp	19 Verkehrsflä	4.889	4	Gering	67,1	32,0	2.093	60,1	26,5	2.269
11) Halle	22.2 Gewerbe	1.398	2	Gering	76,5	302,1	253	42,9	197,8	217
12) Büro / Verwaltung He 6.	02 Gruppenbü	141	1	Mittel	100,2	111,2	901	56,0	105,3	531
13) Büro / Verwaltung He +	02 Gruppenbü	122	1	Gering	86,8	103,3	840	56,0	105,3	531
14) Büro / Verwaltung He Ki	02 Gruppenbü	83	1	Gering	84,3	96,6	873	56,0	105,3	531
15) Büro / Verwaltung He Ki	02 Gruppenbü	110	1	Gering	87,3	84,6	1.032	56,0	105,3	531
16) Büro / Verwaltung He Ki	02 Gruppenbü	161	2	Mittel	131,3	218,8	600	56,0	105,3	531



3.1 Heizung

Nr. und Name	Std.-nutzung	Fläche m²	Nutz.- einheit	Ist-Wert Zone (Endenergie)				Vergleichswert - gering		
				TEK-Bewert.	kWh/(m²a)	W/m²	h/a	kWh/(m²a)	W/m²	h/a
17) Labor He Kü Be Ent	22.2 Gewerbe	224	2	Mittel	85,8	122,8	699	42,9	197,8	217
18) Labore He	22.2 Gewerbe	305	2	Sehr hoch	508,0	581,8	873	42,9	197,8	217
19) Labore He + WRG 1.2	22.2 Gewerbe	536	2	Gering	79,2	243,7	325	42,9	197,8	217
20) Labore He + WRG 1.5+6	22.2 Gewerbe	635	2	Mittel	81,0	167,6	483	42,9	197,8	217
21) Labore He 6.3	22.2 Gewerbe	556	2	Mittel	127,6	188,5	677	42,9	197,8	217
22) Nebenräume He 6.3	18 Nebenfläch	101	5	Gering	63,1	31,1	2.028	62,2	28,9	2.151
23) Nebenräume He + WRG	18 Nebenfläch	110	5	Gering	66,7	35,5	1.883	62,2	28,9	2.151
24) Sanitärräume He + WRG	16 WC, Sanitär	88	4	Hoch	576,6	688,5	837	129,3	284,3	455
25) Sanitärräume He Kü + W	16 WC, Sanitär	269	4	Gering	144,8	206,2	702	129,3	284,3	455
26) Unterrichtsräume He 6.3	08 Klassenzim	63	3	Mittel	133,8	201,0	666	61,0	208,6	292
27) Unterrichtsräume He + V	08 Klassenzim	90	3	Gering	86,2	256,6	336	61,0	208,6	292
28) Unterrichtsräume He Kü	36 Labor	248	3	Sehr gering	129,1	258,4	499	276,4	456,7	605
29) Verkehrsfläche / Treppe	19 Verkehrsflä	191	4	Gering	74,6	39,0	1.911	60,1	26,5	2.269
30) Büro / Verwaltung He	K102 Gruppenbü	63	1	Gering	97,3	110,3	882	56,0	105,3	531
31) Labor He Kü Be Ent	12.8 22.2 Gewerbe	451	2	Mittel	88,8	183,5	484	42,9	197,8	217
32) Labore He Kü	22.2 Gewerbe	60	2	Mittel	126,8	241,3	526	42,9	197,8	217
33) Labore He Kü +WRG	22.2 Gewerbe	403	2	Mittel	95,6	154,5	619	42,9	197,8	217



3.1 Heizung

Nr. und Name	Std.-nutzung	Fläche m²	Nutz.- einheit	Ist-Wert Zone (Endenergie)				Vergleichswert - gering		
				TEK-Bew ert.	kWh/(m²a)	W/m²	h/a	kWh/(m²a)	W/m²	h/a
34) Nebenräume He + WRG 18 Nebenfläch		200	5	Gering	62,6	31,9	1.961	62,2	28,9	2.151
35) Nebenräume He + WRG 18 Nebenfläch		152	5	Gering	62,7	30,6	2.045	62,2	28,9	2.151
36) Nebenräume He Kü + Wi 18 Nebenfläch		22	5	Gering	63,0	30,6	2.059	62,2	28,9	2.151
37) Unterrichtsräume He + V 08 Klassenzim		366	3	Gering	89,4	180,6	495	61,0	208,6	292
38) Unterrichtsräume He Kü 08 Klassenzim		77	3	Gering	100,0	200,0	500	61,0	208,6	292
39) Verkehrsfläche / Treppe 19 Verkehrsflä		85	4	Gering	74,7	39,0	1.914	60,1	26,5	2.269
40) Verkehrsfläche / Treppe 19 Verkehrsflä		55	4	Gering	67,4	35,7	1.885	60,1	26,5	2.269
41) Verkehrsfläche / Treppe 19 Verkehrsflä		248	4	Gering	74,6	39,0	1.911	60,1	26,5	2.269
42) Sanitärräume He + WRG 16 WC, Sanitä		152	4	Sehr gering	62,7	207,8	302	129,3	284,3	455

Tabelle 11-1: Bewertung auf Zonenebene - Heizung



3.2 Beleuchtung

Nr. und Name	Std.-nutzung	Fläche m²	Nr. Beleuch- tungsanlage	Ist-Wert Zone (Endenergie)				Vergleichswert - gering		
				TEK-Bewert.	kWh/(m²a)	W/m²	h/a	kWh/(m²a)	W/m²	h/a
1) Büro / Verwaltung	02 Gruppenbü	3.190	1	Gering	22,8	16,3	1.394	23,9	15,4	1.554
2) Hörsaal	09 Hörsaal	126	2	Mittel	24,4	20,8	1.176	15,3	11,3	1.356
3) Sanitärräume He + WRG	15 Küche, Lag	45	3	Gering	0,6	7,1	90	0,7	12,2	57
4) Labore	22.2 Gewerbe	1.072	4	Mittel	30,3	20,9	1.447	20,3	11,5	1.764
5) Nebenräume	18 Nebenfläch	1.183	5	Sehr hoch	0,1	8,3	17	0,0	3,0	14
6) Sanitärräume	16 WC, Sanitä	154	6	Mittel	14,6	10,4	1.408	2,8	9,0	309
7) Technik	20 Lager, Tech	2.893	7	Gering	0,0	3,5	8	0,0	3,0	11
8) Labore He + WRG	22.2 Gewerbe	20	4	Mittel	34,3	20,9	1.642	20,3	11,5	1.764
9) Unterrichtsräume	21 Rechenzen	823	9	Mittel	8,8	14,9	588	5,3	14,6	359
10) Verkehrsflächen / Trepp	19 Verkehrsflä	4.889	10	Mittel	7,5	4,9	1.536	2,2	4,5	487
11) Halle	22.2 Gewerbe	1.398	11	Mittel	15,2	9,3	1.642	10,0	11,5	872
12) Büro / Verwaltung He 6.	02 Gruppenbü	141	1	Gering	22,0	16,3	1.349	23,9	15,4	1.554
13) Büro / Verwaltung He +	02 Gruppenbü	122	1	Gering	22,0	16,3	1.345	23,9	15,4	1.554
14) Büro / Verwaltung He Ki	02 Gruppenbü	83	1	Gering	22,0	16,3	1.345	23,9	15,4	1.554
15) Büro / Verwaltung He Ki	02 Gruppenbü	110	1	Gering	22,0	16,3	1.345	23,9	15,4	1.554
16) Büro / Verwaltung He Ki	02 Gruppenbü	161	1	Gering	14,2	16,3	869	15,3	15,4	995



3.2 Beleuchtung

Nr. und Name	Std.-nutzung	Fläche m²	Nr. Beleuch- tungsanlage	Ist-Wert Zone (Endenergie)				Vergleichswert - gering		
				TEK-Bew ert.	kWh/(m²a)	W/m²	h/a	kWh/(m²a)	W/m²	h/a
17) Labor He Kü Be Ent	22.2 Gew erbe	224	4	Mittel	29,5	20,9	1.413	20,3	11,5	1.764
18) Labore He	22.2 Gew erbe	305	4	Mittel	29,6	20,9	1.415	20,3	11,5	1.764
19) Labore He + WRG 1.2	22.2 Gew erbe	536	4	Mittel	30,0	20,9	1.435	20,3	11,5	1.764
20) Labore He + WRG 1.5+6	22.2 Gew erbe	635	4	Mittel	30,1	20,9	1.440	20,3	11,5	1.764
21) Labore He 6.3	22.2 Gew erbe	556	4	Mittel	30,0	20,9	1.436	20,3	11,5	1.764
22) Nebenräume He 6.3	18 Nebenfläch	101	5	Sehr hoch	0,1	8,3	17	0,0	3,0	14
23) Nebenräume He + WRG	18 Nebenfläch	110	5	Sehr hoch	0,1	8,3	17	0,0	3,0	14
24) Sanitärräume He + WRG	16 WC, Sanitä	88	6	Mittel	14,6	10,4	1.408	2,8	9,0	309
25) Sanitärräume He Kü + W	16 WC, Sanitä	269	6	Mittel	14,6	10,4	1.408	2,8	9,0	309
26) Unterrichtsräume He 6.3	08 Klassenzim	63	9	Hoch	16,4	14,9	1.096	6,7	7,9	853
27) Unterrichtsräume He + V	08 Klassenzim	90	9	Hoch	16,4	14,9	1.095	6,7	7,9	853
28) Unterrichtsräume He Kü	36 Labor	248	9	Mittel	19,9	14,9	1.335	12,2	15,4	795
29) Verkehrsfläche / Treppe	19 Verkehrsflä	191	10	Mittel	6,7	4,9	1.375	2,2	4,5	487
30) Büro / Verw altung He K	02 Gruppenbü	63	1	Gering	22,0	16,3	1.344	23,9	15,4	1.554
31) Labor He Kü Be Ent	12.8 22.2 Gew erbe	451	4	Mittel	29,9	20,9	1.430	20,3	11,5	1.764
32) Labore He Kü	22.2 Gew erbe	60	4	Mittel	28,8	20,9	1.377	20,3	11,5	1.764
33) Labore He Kü +WRG	22.2 Gew erbe	403	4	Mittel	29,8	20,9	1.426	20,3	11,5	1.764



3.2 Beleuchtung

Nr. und Name	Std.-nutzung	Fläche m²	Nr. Beleuch- tungsanlage	Ist-Wert Zone (Endenergie)				Vergleichswert - gering		
				TEK-Bewert.	kWh/(m²a)	W/m²	h/a	kWh/(m²a)	W/m²	h/a
34) Nebenräume He + WRG 18 Nebenfläch		200	5	Sehr hoch	0,1	8,3	17	0,0	3,0	14
35) Nebenräume He + WRG 18 Nebenfläch		152	5	Sehr hoch	0,1	8,3	17	0,0	3,0	14
36) Nebenräume He Kü + WI 18 Nebenfläch		22	5	Sehr hoch	0,1	8,3	17	0,0	3,0	14
37) Unterrichtsräume He + V 08 Klassenzim		366	9	Hoch	17,5	14,9	1.170	6,7	7,9	853
38) Unterrichtsräume He Kü 08 Klassenzim		77	9	Hoch	16,4	14,9	1.095	6,7	7,9	853
39) Verkehrsfläche / Treppe 19 Verkehrsflä		85	10	Mittel	6,5	4,9	1.327	2,2	4,5	487
40) Verkehrsfläche / Treppe 19 Verkehrsflä		55	10	Mittel	6,3	4,9	1.289	2,2	4,5	487
41) Verkehrsfläche / Treppe 19 Verkehrsflä		248	10	Mittel	6,7	4,9	1.374	2,2	4,5	487
42) Sanitärräume He + WRG 16 WC, Sanitä		152	6	Mittel	14,6	10,4	1.408	2,8	9,0	309

Tabelle 11-2: Bewertung auf Zonenebene: Beleuchtung



3.3 Luftförderung

Nr. und Name	Std.-nutzung	Fläche m ²	Nr. RLT- anlage	Ist-Wert Zone (Endenergie)				Vergleichswert - gering		
				TEK-Bew ert.	kWh/(m ² a)	W/m ²	h/a	kWh/(m ² a)	W/m ²	h/a
1) Büro / Verwaltung	02 Gruppenbü	3.190	0							
2) Hörsaal	09 Hörsaal	126	9	Hoch	195,4	49,8	3.921	45,0	25,0	1.800
3) Sanitärräume He + WRG	15 Küche, Lag	45	2	Gering	50,0	72,2	692	56,3	12,5	4.500
4) Labore	22.2 Gew erbe	1.072	0							
5) Nebenräume	18 Nebenfläch	1.183	0							
6) Sanitärräume	16 WC, Sanitä	154	0							
7) Technik	20 Lager, Tech	2.893	0							
8) Labore He + WRG	22.2 Gew erbe	20	4	Sehr hoch	116,9	15,9	7.351	20,8	8,3	2.500
9) Unterrichtsräume	21 Rechenzen	823	0							
10) Verkehrsflächen / Trepp	19 Verkehrsflä	4.889	0							
11) Halle	22.2 Gew erbe	1.398	12	Sehr gering	1,9	6,4	300	20,8	8,3	2.500
12) Büro / Verwaltung He 6	02 Gruppenbü	141	8	Hoch	46,3	7,5	6.164	10,8	3,3	3.250
13) Büro / Verwaltung He +	02 Gruppenbü	122	3	Gering	11,7	9,0	1.301	10,8	3,3	3.250
14) Büro / Verwaltung He Ki	02 Gruppenbü	83	11	Hoch	37,0	5,0	7.331	10,8	3,3	3.250
15) Büro / Verwaltung He Ki	02 Gruppenbü	110	5	Gering	16,6	6,2	2.669	10,8	3,3	3.250
16) Büro / Verwaltung He Ki	02 Gruppenbü	161	1	Sehr hoch	73,6	23,6	3.120	10,8	3,3	3.250



3.3 Luftförderung

Nr. und Name	Std.-nutzung	Fläche m ²	Nr. RLT- anlage	Ist-Wert Zone (Endenergie)				Vergleichswert - gering		
				TEK-Bewert.	kWh/(m ² a)	W/m ²	h/a	kWh/(m ² a)	W/m ²	h/a
17) Labor He Kü Be Ent	22.2 Gewerbe	224	5	Mittel	41,4	15,5	2.669	20,8	8,3	2.500
18) Labore He	22.2 Gewerbe	305	7	Hoch	68,1	27,0	2.518	20,8	8,3	2.500
19) Labore He + WRG 1.2	22.2 Gewerbe	536	2	Mittel	33,3	48,1	692	20,8	8,3	2.500
20) Labore He + WRG 1.5+6	22.2 Gewerbe	635	3	Gering	29,4	22,6	1.301	20,8	8,3	2.500
21) Labore He 6.3	22.2 Gewerbe	556	8	Sehr hoch	115,7	18,8	6.164	20,8	8,3	2.500
22) Nebenräume He 6.3	18 Nebenfläch	101	8	Hoch	1,7	0,3	6.164	0,4	0,1	3.250
23) Nebenräume He + WRG	18 Nebenfläch	110	4	Hoch	1,8	0,2	7.351	0,4	0,1	3.250
24) Sanitärräume He + WRG	16 WC, Sanitä	88	4	Hoch	175,3	23,9	7.351	40,6	12,5	3.250
25) Sanitärräume He Kü + W	16 WC, Sanitä	269	11	Hoch	138,7	18,9	7.331	40,6	12,5	3.250
26) Unterrichtsräume He 6.3	08 Klassenzim	63	8	Sehr hoch	115,7	18,8	6.164	15,0	8,3	1.800
27) Unterrichtsräume He + V	08 Klassenzim	90	2	Mittel	33,3	48,1	692	15,0	8,3	1.800
28) Unterrichtsräume He Kü	36 Labor	248	5	Sehr gering	103,5	38,8	2.669	125,0	20,8	6.000
29) Verkehrsfläche / Treppe	19 Verkehrsflä	191	11	Hoch	0,0	0,0	7.331	0,0	0,0	3.250
30) Büro / Verwaltung He	Ki 02 Gruppenbü	63	6	Mittel	25,6	3,2	8.026	10,8	3,3	3.250
31) Labor He Kü Be Ent	12.8 22.2 Gewerbe	451	6	Hoch	64,0	8,0	8.026	20,8	8,3	2.500
32) Labore He Kü	22.2 Gewerbe	60	10	Sehr hoch	126,7	36,9	3.429	20,8	8,3	2.500
33) Labore He Kü +WRG	22.2 Gewerbe	403	11	Hoch	92,5	12,6	7.331	20,8	8,3	2.500



3.3 Luftförderung

Nr. und Name	Std.-nutzung	Fläche m ²	Nr. RLT- anlage	Ist-Wert Zone (Endenergie)				Vergleichswert - gering		
				TEK-Bewert.	kWh/(m ² a)	W/m ²	h/a	kWh/(m ² a)	W/m ²	h/a
34) Nebenräume He + WRG 18 Nebenfläch		200	2	Gering	0,5	0,7	692	0,4	0,1	3.250
35) Nebenräume He + WRG 18 Nebenfläch		152	3	Gering	0,4	0,3	1.301	0,4	0,1	3.250
36) Nebenräume He Kü + Wi 18 Nebenfläch		22	11	Hoch	1,4	0,2	7.331	0,4	0,1	3.250
37) Unterrichtsräume He + V 08 Klassenzim		366	3	Mittel	29,4	22,6	1.301	15,0	8,3	1.800
38) Unterrichtsräume He Kü 08 Klassenzim		77	6	Hoch	64,0	8,0	8.026	15,0	8,3	1.800
39) Verkehrsfläche / Treppe 19 Verkehrsflä		85	4	Hoch	0,0	0,0	7.351	0,0	0,0	3.250
40) Verkehrsfläche / Treppe 19 Verkehrsflä		55	2	Gering	0,0	0,0	692	0,0	0,0	3.250
41) Verkehrsfläche / Treppe 19 Verkehrsflä		248	3	Gering	0,0	0,0	1.301	0,0	0,0	3.250
42) Sanitärräume He + WRG 16 WC, Sanitä		152	3	Gering	44,1	33,9	1.301	40,6	12,5	3.250

Tabelle 11-3: Bewertung auf Zonenebene: Luftförderung



3.4 Kälte										
Nr. und Name	Std.-nutzung	Fläche m²	Nutz.- einheit	Ist-Wert Zone (Endenergie)				Vergleichswert - gering		
				TEK-Bewert.	kWh/(m²a)	W/m²	h/a	kWh/(m²a)	W/m²	h/a
1) Büro / Verwaltung	02 Gruppenbü	3.190	1							
2) Hörsaal	09 Hörsaal	126	3	Sehr hoch	44,9	73,5	611	16,2	47,6	341
3) Sanitärräume He + WRG	15 Küche, Lag	45	5							
4) Labore	22.2 Gewerbe	1.072	2							
5) Nebenräume	18 Nebenfläch	1.183	5							
6) Sanitärräume	16 WC, Sanitä	154	4							
7) Technik	20 Lager, Tect	2.893	5							
8) Labore He + WRG	22.2 Gewerbe	20	2							
9) Unterrichtsräume	21 Rechenzen	823	3	Sehr gering	44,6	37,6	1.186	196,8	24,2	8.142
10) Verkehrsflächen / Trepp	19 Verkehrsflä	4.889	4							
11) Halle	22.2 Gewerbe	1.398	2							
12) Büro / Verwaltung He 6.	02 Gruppenbü	141	1							
13) Büro / Verwaltung He +	02 Gruppenbü	122	1							
14) Büro / Verwaltung He Ki	02 Gruppenbü	83	1	Mittel	13,7	14,5	944	6,9	12,7	545
15) Büro / Verwaltung He Ki	02 Gruppenbü	110	1	Gering	8,5	13,8	617	6,9	12,7	545
16) Büro / Verwaltung He Ki	02 Gruppenbü	161	2	Sehr hoch	33,7	63,4	532	6,9	12,7	545



3.4 Kälte

Nr. und Name	Std.-nutzung	Fläche m²	Nutz.- einheit	Ist-Wert Zone (Endenergie)				Vergleichswert - gering		
				TEK-Bew.ert.	kWh/(m²a)	W/m²	h/a	kWh/(m²a)	W/m²	h/a
17) Labor He Kü Be Ent	22.2 Gew erbe	224	2	Mittel	21,2	34,4	617	17,7	25,4	697
18) Labore He	22.2 Gew erbe	305	2							
19) Labore He + WRG 1.2	22.2 Gew erbe	536	2							
20) Labore He + WRG 1.5+6	22.2 Gew erbe	635	2							
21) Labore He 6.3	22.2 Gew erbe	556	2							
22) Nebenräume He 6.3	18 Nebenfläch	101	5							
23) Nebenräume He + WRG	18 Nebenfläch	110	5							
24) Sanitärräume He + WRG	16 WC, Sanitä	88	4							
25) Sanitärräume He Kü + W	16 WC, Sanitä	269	4	Sehr hoch	51,2	54,3	944	6,9	19,7	350
26) Unterrichtsräume He 6.3	08 Klassenzim	63	3							
27) Unterrichtsräume He + V	08 Klassenzim	90	3							
28) Unterrichtsräume He Kü	36 Labor	248	3	Hoch	53,1	86,0	617	17,9	33,0	542
29) Verkehrsfläche / Treppe	19 Verkehrsflä	191	4	Sehr gering	0,0	0,0	944	0,3	3,0	110
30) Büro / Verwaltung He	Ki 02 Gruppenbü	63	1							
31) Labor He Kü Be Ent	12.8 22.2 Gew erbe	451	2							
32) Labore He Kü	22.2 Gew erbe	60	2	Sehr hoch	45,4	74,4	611	17,7	25,4	697
33) Labore He Kü +WRG	22.2 Gew erbe	403	2	Hoch	34,1	36,2	944	17,7	25,4	697



3.4 Kälte										
Nr. und Name	Std.-nutzung	Fläche m ²	Nutz.- einheit	Ist-Wert Zone (Endenergie)				Vergleichswert - gering		
				TEK-Bew ert.	kWh/(m ² a)	W/m ²	h/a	kWh/(m ² a)	W/m ²	h/a
34) Nebenräume He + WRG 18 Nebenfläch		200	5							
35) Nebenräume He + WRG 18 Nebenfläch		152	5							
36) Nebenräume He Kü + WI 18 Nebenfläch		22	5	Mittel	0,5	0,5	944	0,3	3,0	100
37) Unterrichtsräume He + V 08 Klassenzim		366	3							
38) Unterrichtsräume He Kü 08 Klassenzim		77	3							
39) Verkehrsfläche / Treppe 19 Verkehrsflä		85	4							
40) Verkehrsfläche / Treppe 19 Verkehrsflä		55	4							
41) Verkehrsfläche / Treppe 19 Verkehrsflä		248	4							
42) Sanitärräume He + WRG 16 WC, Sanitä		152	4							

Tabelle 11-4: Bewertung auf Zonenebene: Kälte



3.5 Dampfbefeuchtung

Nr. und Name	Std.-nutzung	Fläche m ²	Nutz.- einheit	Ist-Wert Zone (Endenergie)				Vergleichswert - gering		
				TEK-Bew ert.	kWh/(m ² a)	W/m ²	h/a	kWh/(m ² a)	W/m ²	h/a
1) Büro / Verwaltung	02 Gruppenbü	3.190	1							
2) Hörsaal	09 Hörsaal	126	3							
3) Sanitärräume He + WRG	15 Küche, Lag	45	5							
4) Labore	22.2 Gewerbe	1.072	2							
5) Nebenräume	18 Nebenfläch	1.183	5							
6) Sanitärräume	16 WC, Sanitär	154	4							
7) Technik	20 Lager, Techn	2.893	5							
8) Labore He + WRG	22.2 Gewerbe	20	2							
9) Unterrichtsräume	21 Rechenzen	823	3							
10) Verkehrsflächen / Trepp	19 Verkehrsflä	4.889	4							
11) Halle	22.2 Gewerbe	1.398	2							
12) Büro / Verwaltung He 6	02 Gruppenbü	141	1							
13) Büro / Verwaltung He +	02 Gruppenbü	122	1							
14) Büro / Verwaltung He Ki	02 Gruppenbü	83	1							
15) Büro / Verwaltung He Ki	02 Gruppenbü	110	1							
16) Büro / Verwaltung He Ki	02 Gruppenbü	161	2							



3.5 Dampfzufuhr

Nr. und Name	Std.-nutzung	Fläche m ²	Nutz.- einheit	Ist-Wert Zone (Endenergie)				Vergleichswert - gering		
				TEK-Bew ert.	kWh/(m ² a)	W/m ²	h/a	kWh/(m ² a)	W/m ²	h/a
17) Labor He Kü Be Ent	22.2 Gew erbe	224	2							
18) Labore He	22.2 Gew erbe	305	2							
19) Labore He + WRG 1.2	22.2 Gew erbe	536	2							
20) Labore He + WRG 1.5+6	22.2 Gew erbe	635	2							
21) Labore He 6.3	22.2 Gew erbe	556	2							
22) Nebenräume He 6.3	18 Nebenfläch	101	5							
23) Nebenräume He + WRG	18 Nebenfläch	110	5							
24) Sanitärräume He + WRG	16 WC, Sanitä	88	4							
25) Sanitärräume He Kü + W	16 WC, Sanitä	269	4							
26) Unterrichtsräume He 6.3	08 Klassenzim	63	3							
27) Unterrichtsräume He + V	08 Klassenzim	90	3							
28) Unterrichtsräume He Kü	36 Labor	248	3							
29) Verkehrsfläche / Treppe	19 Verkehrsflä	191	4							
30) Büro / Verwaltung He K	02 Gruppenbü	63	1							
31) Labor He Kü Be Ent	12.8 22.2 Gew erbe	451	2							
32) Labore He Kü	22.2 Gew erbe	60	2							
33) Labore He Kü +WRG	22.2 Gew erbe	403	2							



3.5 Dampfbefeuchtung

Nr. und Name	Std.-nutzung	Fläche m ²	Nutz.- einheit	Ist-Wert Zone (Endenergie)			Vergleichswert - gering		
				TEK-Bew.ert.	kWh/(m ² a)	W/m ²	h/a	kWh/(m ² a)	W/m ²
34) Nebenräume He + WRG 18 Nebenfläch		200	5						
35) Nebenräume He + WRG 18 Nebenfläch		152	5						
36) Nebenräume He Kü + Wi 18 Nebenfläch		22	5						
37) Unterrichtsräume He + V 08 Klassenzim		366	3						
38) Unterrichtsräume He Kü 08 Klassenzim		77	3						
39) Verkehrsfläche / Treppe 19 Verkehrsflä		85	4						
40) Verkehrsfläche / Treppe 19 Verkehrsflä		55	4						
41) Verkehrsfläche / Treppe 19 Verkehrsflä		248	4						
42) Sanitärräume He + WRG 16 WC, Sanitä		152	4						

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		
	$\text{m}^2_{\text{BTF}}/\text{m}^2_{\text{NGF}}$	m^2_{BTF}	W/(m ² K)	-
Außenwand	0,512	11.345	0,94	-
Dach	0,397	8.789	0,25	-
Kellerdecke	0,408	9.050	1,37	-
Fenster O,S,W	0,061	1.354	3,38	0,78
Fenster N	0,021	460	3,45	0,78
Fenster hor.	0,030	659	4,10	0,72
ges. Gebäude	1,429	31.657	1,08	0,76

2.1.2 Mittlere Nutzungseigenschaften

spez. hyg. Mindestaußenluftvolumenstrom	5,06 m ³ /(m ² h)
Raumsolltemperatur Heizung	19,3 °C
Raumsolltemperatur Kühlung	26,0 °C
Wartungswert der Beleuchtungsstärke	344 Lux
Nutzungszeit	1.896 h/a
Wärmequellen (Personen und Arbeitshilfen)	137 Wh/(m ² d)

2.1.5 Luftförderung

	Zuluftvent.	Abluftvent.	
Nennvolumenstrom	236.960	223.930	m ³ /h
Dimensionierungsfaktor	325%	307%	
installierte Leistung	73,62	62,26	kW
spezifische Ventilatorleistung	1,12	1,00	kW/(m ³ s)
Vollbetriebszeit	2983	2487	h/a
Endenergiebedarf	9,9	7,0	kWh/(m ² a)
Primärenergiebedarf	25,8	18,2	kWh/(m ² a)

2.1.6 Wärmeerzeugung Heizung und Warmwasser (zentral + dezentral)

Nutzenergiebedarf	78,2 kWh/(m ² a)
davon Warmwasser	0,2 kWh/(m ² a)
zusätzliche Verluste Verteilung*	14,0 kWh/(m ² a)
Erzeugernutzwärmeabgabe	92,3 kWh/(m ² a)
Nennleistung (Soll: Heiz. berechnet * 1,3)	2.963 kW
Dimensionierungsfaktor** (nur zentr. Erz.)	52%
Erzeugerauftwandszahl	1,00 -
Endenergie Wärmeerzeugung	92,3 kWh/(m ² a)
davon elektrische Energie	0 %
Primärenergie Wärmeerzeugung	64,6 kWh/(m ² a)

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 ² _{NGF} a)		
Raumsystem	62,0	4,2	-
RLT-Anlage	16,0	5,1	0,0
Summe	78	9	-

max. Heiz- bzw. Kühllast	Heizung	Kälte
	W/m ² _{NGF}	
Raumsystem	70	4
RLT-Anlage	33	9
Summe	103	14

2.1.4 Beleuchtung	
installierte Leistung	251 kW
mittlere Bew ertungsleistung	11,3 W/m ²
Vollbetriebszeit	1.238 h/a
Endenergie Beleuchtung	14 kWh/(m ² a)
Primärenergie Beleuchtung	37 kWh/(m ² a)

2.1.7 Kälteerzeugung (zentral + dezentral)	
Nutzenergiebedarf	9,3 kWh/(m ² a)
zusätzliche Verluste Übergabe, Verteilung	2,5 kWh/(m ² a)
Erzeugernutzkälteabgabe	11,8 kWh/(m ² a)
maximale thermische Kälteleistung	300 kW
Dimensionierungsfaktor*** (nur zentr. Erz.)	113%
Jahreskälteleistungszahl	2,66 -
Endenergie Kälteerzeugung	4,4 kWh/(m ² a)
davon elektrische Energie	100 %
Primärenergieenergie Kälteerzeugung	11,5 kWh/(m ² a)
Endenergie Hilfsenergie Kälte	0,3
Teilkennwert Kalt-/Kühlw asserverteilung	0,0 kWh/(KW a)

2.1.8 Dampferzeugung	
Endenergiefaktor	0,00 -
Endenergie Dampferzeugung	0 kWh/(m ² a)
Primärenergie Dampferzeugung	0 kWh/(m ² 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

22.161	m²	Grundfläche aller beheizten Zonen		Konditionierung (1=vorhanden)				Nutzenergie				
2.721	m²	Grundfläche aller gekühlten Zonen										
		Zonenname	Standard-nutzung	Zonen-fläche m²	RLT-Anlage Nr	Heizung / Warmwasser	mech. Lüftung	Kälte Befeuchtung	Heizung Zone+RLT Erzeuger		Kälte Zone+RLT Erzeuger	
								kWh/(m²a) ¹				
Kennwerte bezogen auf die gesamte beheizte bzw. gekühlte Fläche			22.161					78	89	76	96	
Zone 1	Büro / Verwaltung	02 Gruppenbü	3.190		1 / 1		/	84,5	95,6			
Zone 2	Hörsaal	09 Hörsaal	126	9	1 / 1	1	1 /	96,5	107,6	82,4	107,5	
Zone 3	Sanitäräume He + WRG 1.2	15 Küche, Lag	45	2	1 / 1	1	/	55,0	66,1			
Zone 4	Labore	22.2 Gewerbe	1.072		1 / 1		/	95,3	106,4			
Zone 5	Nebenräume	18 Nebenfläch	1.183		1 / 1		/	58,9	70,0			
Zone 6	Sanitäräume	16 WC, Sanitär	154		1 / 1		/	175,4	186,5			
Zone 7	Technik	20 Lager, Techn	2.893		1 / 1		/	53,3	64,5			
Zone 8	Labore He + WRG	22.2 Gewerbe	20	4	1 / 1	1	/	371,0	382,1			
Zone 9	Unterrichtsräume	21 Rechenzen	823		1 / 1		1 /	36,8	48,0	112,8	138,8	
Zone 10	Verkehrsflächen / Treppen	19 Verkehrsflä	4.889		1 / 1		/	55,9	67,1			
Zone 11	Halle	22.2 Gewerbe	1.398	12	1 / 1	1	/	65,3	76,5			
Zone 12	Büro / Verwaltung He 6.3	02 Gruppenbü	141	8	1 / 1	1	/	89,0	100,2			
Zone 13	Büro / Verwaltung He + WRG 02	Gruppenbü	122	3	1 / 1	1	/	75,6	86,8			
Zone 14	Büro / Verwaltung He Kü + W 02	Gruppenbü	83	11	1 / 1	1	1 /	73,2	84,3	25,0	32,7	
Zone 15	Büro / Verwaltung He Kü Be I 02	Gruppenbü	110	5	1 / 1	1	1 /	76,2	87,3	15,6	20,3	
Zone 16	Büro / Verwaltung He Kü Be I 02	Gruppenbü	161	1	1 / 1	1	1 /	120,2	131,3	61,8	80,7	

1) Flächenbezug: Zonenfläche



2.2.2 Zoneninformationen

22.161 m²		Grundfläche aller beheizten Zonen			Konditionierung (1=vorhanden)			Nutzenergie			
2.721 m²		Grundfläche aller gekühlten Zonen						Heizung		Kälte	
Zonenname		Standard- nutzung	Zonen- fläche m²	RLT- Anlage Nr	Heizung / Warmwasser	mech. Lüftung	Kälte Befeuchtung	Zone+RLT	Erzeuger	Zone+RLT	Erzeuger
Kennwerte bezogen auf die gesamte beheizte bzw . gekühlte Fläche			22.161					78	89	76	96
kWh/(m²a) ¹											
Zone 17	Labor He Kü Be Ent	22.2 Gew erbe	224	5	1 / 1	1	1 /	74,6	85,8	38,9	50,8
Zone 18	Labore He	22.2 Gew erbe	305	7	1 / 1	1	/	496,8	507,9		
Zone 19	Labore He + WRG 1.2	22.2 Gew erbe	536	2	1 / 1	1	/	68,0	79,1		
Zone 20	Labore He + WRG 1.5+6	22.2 Gew erbe	635	3	1 / 1	1	/	69,9	81,0		
Zone 21	Labore He 6.3	22.2 Gew erbe	556	8	1 / 1	1	/	116,4	127,5		
Zone 22	Nebenräume He 6.3	18 Nebenfläch	101	8	1 / 1	1	/	52,0	63,1		
Zone 23	Nebenräume He + WRG	18 Nebenfläch	110	4	1 / 1	1	/	55,6	66,7		
Zone 24	Sanitärräume He + WRG	16 WC, Sanitä	88	4	1 / 1	1	/	565,4	576,5		
Zone 25	Sanitärräume He Kü + WRG	16 WC, Sanitä	269	11	1 / 1	1	1 /	133,7	144,8	93,9	122,5
Zone 27	Unterrichtsräume He + WRG	08 Klassenzim	90	2	1 / 1	1	/	75,1	86,2		
Zone 28	Unterrichtsräume He Kü Be	Ei 36 Labor	248	5	1 / 1	1	1 /	117,9	129,1	97,4	127,0
Zone 29	Verkehrsfläche / Treppen He	19 Verkehrsflä	191	11	1 / 1	1	1 /	63,4	74,5	0,0	0,0
Zone 30	Büro / Verwaltung He Kü Be	102 Gruppenbü	63	6	1 / 1	1	/	86,2	97,3		
Zone 31	Labor He Kü Be Ent	12.8 22.2 Gew erbe	451	6	1 / 1	1	/	77,7	88,8		
Zone 32	Labore He Kü	22.2 Gew erbe	60	10	1 / 1	1	1 /	115,7	126,8	83,3	108,8
Zone 33	Labore He Kü +WRG	22.2 Gew erbe	403	11	1 / 1	1	1 /	84,5	95,6	62,6	81,7

1) Flächenbezug: Zonenfläche



2.2.2 Zoneninformationen

22.161	m ²	Grundfläche aller beheizten Zonen										
2.721	m ²	Grundfläche aller gekühlten Zonen						Konditionierung (1=vorhanden)				
		Zonenname	Standard- nutzung	Zonen- fläche m ²	RLT- Anlage Nr	Heizung / Warmwasser	mech. Lüftung	Kälte Befeuchtung	Heizung		Kälte	
								Zone+RLT	Erzeuger	Zone+RLT	Erzeuger	
								kWh/(m ² a) ¹				
Kennwerte bezogen auf die gesamte beheizte bzw. gekühlte Fläche				22.161					78	89	76	96
Zone 34		Nebenräume He + WRG 1.2	18 Nebenfläch	200	2	1 / 1	1	/	51,5	62,6		
Zone 35		Nebenräume He + WRG 1.5+1	18 Nebenfläch	152	3	1 / 1	1	/	51,6	62,7		
Zone 36		Nebenräume He Kü + WRG	18 Nebenfläch	22	11	1 / 1	1	1 /	51,9	63,0	0,9	1,2
Zone 37		Unterrichtsräume He + WRG	08 Klassenzim	366	3	1 / 1	1	/	78,2	89,3		
Zone 38		Unterrichtsräume He Kü Be	08 Klassenzim	77	6	1 / 1	1	/	88,8	100,0		
Zone 39		Verkehrsfläche / Treppen	He 19 Verkehrsflä	85	4	1 / 1	1	/	63,6	74,7		
Zone 40		Verkehrsfläche / Treppen	He 19 Verkehrsflä	55	2	1 / 1	1	/	56,3	67,4		
Zone 41		Verkehrsfläche / Treppen	He 19 Verkehrsflä	248	3	1 / 1	1	/	63,4	74,5		
Zone 42		Sanitärräume He + WRG 1.5+	16 WC, Sanitä	152	3	1 / 1	1	/	51,6	62,7		

1) Flächenbezug: Zonenfläche

Tabelle 12-3: Übersicht Zonen



2.2.3 Beleuchtungsanlagen

22.161 m² Grundfläche aller belichteten Zonen

Zonenname	Zonen- fläche m ²	Beleuchtungssystem Nr. / Bezeichnung	Beleuchtungs- stärke Lux	elektrische Bew ertungsleistung			Regelung	Endenergie- bedarf kWh/(m ² a) ¹	
				W/m ² ¹	W/(m ² 100lux)	Ermittlung			
Kennw erte bezogen auf die gesamte belichtete Fläche		22.161	302	11	4			14	
Zone 1	Büro / Verw altung	3.190	1 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	500	16,3	3,3	Lamp. zählen	man.	23
Zone 2	Hörsaal	126	2 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	500	20,8	4,2	Lamp. zählen	man.	24
Zone 3	Sanitäräume He + WRG 1.2	45	3 / Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG	300	7,1	2,4	Lamp. zählen	man.	1
Zone 4	Labore	1.072	4 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	500	20,9	4,2	Lamp. zählen	man.	30
Zone 5	Nebenräume	1.183	5 / Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG	100	8,3	8,3	Lamp. zählen	man.	0
Zone 6	Sanitäräume	154	6 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	200	10,4	5,2	Lamp. zählen	man.	15
Zone 7	Technik	2.893	7 / Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG	100	3,5	3,5	Lamp. zählen	man.	0
Zone 8	Labore He + WRG	20	4 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	500	20,9	4,2	Lamp. zählen	man.	34
Zone 9	Unterrichtsräume	823	9 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	500	14,9	3,0	Lamp. zählen	man.	9
Zone 10	Verkehrsflächen / Treppen	4.889	10 / Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG	100	4,9	4,9	Lamp. zählen	man.	7
Zone 11	Halle	1.398	11 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	500	9,3	1,9	Lamp. zählen	man.	15
Zone 12	Büro / Verw altung He 6.3	141	1 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	500	16,3	3,3	Lamp. zählen	man.	22
Zone 13	Büro / Verw altung He + WRG	122	1 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	500	16,3	3,3	Lamp. zählen	man.	22
Zone 14	Büro / Verw altung He Kü + W	83	1 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	500	16,3	3,3	Lamp. zählen	man.	22
Zone 15	Büro / Verw altung He Kü Be I	110	1 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	500	16,3	3,3	Lamp. zählen	man.	22
Zone 16	Büro / Verw altung He Kü Be I	161	1 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	500	16,3	3,3	Lamp. zählen	man.	14

1) Flächenbezug: Zonenfläche



2.2.3 Beleuchtungsanlagen

22.161 m ² Grundfläche aller belichteten Zonen										
Zonenname	Zonen- fläche m ²	Beleuchtungssystem Nr. / Bezeichnung	Beleuchtungs- stärke Lux	elektrische Bewertungsleistung			Regelung	Endenergie- bedarf kWh/(m ² a) ¹		
				W/m ² ¹	W/(m ² 100lux)	Ermittlung				
Kennwerte bezogen auf die gesamte belichtete Fläche		22.161	302	11	4			14		
Zone 17	Labor He Kü Be Ent	224	4 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	500	20,9	4,2	Lamp. zählen	man.	30	
Zone 18	Labore He	305	4 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	500	20,9	4,2	Lamp. zählen	man.	30	
Zone 19	Labore He + WRG 1.2	536	4 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	500	20,9	4,2	Lamp. zählen	man.	30	
Zone 20	Labore He + WRG 1.5+6	635	4 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	500	20,9	4,2	Lamp. zählen	man.	30	
Zone 21	Labore He 6.3	556	4 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	500	20,9	4,2	Lamp. zählen	man.	30	
Zone 22	Nebenräume He 6.3	101	5 / Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG	100	8,3	8,3	Lamp. zählen	man.	0	
Zone 23	Nebenräume He + WRG	110	5 / Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG	100	8,3	8,3	Lamp. zählen	man.	0	
Zone 24	Sanitärräume He + WRG	88	6 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	200	10,4	5,2	Lamp. zählen	man.	15	
Zone 25	Sanitärräume He Kü + WRG	269	6 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	200	10,4	5,2	Lamp. zählen	man.	15	
Zone 27	Unterrichtsräume He + WRG	89,705	9 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	300	14,9	5,0	Lamp. zählen	man.	16	
Zone 28	Unterrichtsräume He Kü Be Ei	248,358	9 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	500	14,9	3,0	Lamp. zählen	man.	20	
Zone 29	Verkehrsfläche / Treppen He	191,321	10 / Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG	100	4,9	4,9	Lamp. zählen	man.	7	
Zone 30	Büro / Verwaltung He Kü Be I	63,174	1 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	500	16,3	3,3	Lamp. zählen	man.	22	
Zone 31	Labor He Kü Be Ent 12.8	450,987	4 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	500	20,9	4,2	Lamp. zählen	man.	30	
Zone 32	Labore He Kü	60,372	4 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	500	20,9	4,2	Lamp. zählen	man.	29	
Zone 33	Labore He Kü +WRG	403,091	4 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	500	20,9	4,2	Lamp. zählen	man.	30	

1) Flächenbezug: Zonenfläche



2.2.3 Beleuchtungsanlagen

22.161 m ² Grundfläche aller belichteten Zonen										
Zonenname	Zonenfläche m ²	Beleuchtungssystem Nr. / Bezeichnung	Beleuchtungsstärke Lux	elektrische Bewertungsleistung			Regelung	Endenergiebedarf kWh/(m ² a) ¹		
				W/m ² ¹	W/(m ² 100lux)	Ermittlung				
Kennwerte bezogen auf die gesamte belichtete Fläche		22.161	302	11	4			14		
Zone 34	Nebenträume He + WRG 1.2	200,408	5 / Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG	100	8,3	8,3	Lamp. zählen	man.	0	
Zone 35	Nebenträume He + WRG 1.5+6	152	5 / Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG	100	8,3	8,3	Lamp. zählen	man.	0	
Zone 36	Nebenträume He Kü + WRG	22	5 / Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG	100	8,3	8,3	Lamp. zählen	man.	0	
Zone 37	Unterrichtsräume He + WRG	365,821	9 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	300	14,9	5,0	Lamp. zählen	man.	17	
Zone 38	Unterrichtsräume He Kü Be Ei	76,896	9 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	300	14,9	5,0	Lamp. zählen	man.	16	
Zone 39	Verkehrsfläche / Treppen He	85,461	10 / Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG	100	4,9	4,9	Lamp. zählen	man.	6	
Zone 40	Verkehrsfläche / Treppen He	54,935	10 / Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG	100	4,9	4,9	Lamp. zählen	man.	6	
Zone 41	Verkehrsfläche / Treppen He	247,721	10 / Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG	100	4,9	4,9	Lamp. zählen	man.	7	
Zone 42	Sanitäräume He + WRG 1.5+	152	6 / Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG	200	10,4	5,2	Lamp. zählen	man.	15	

1) Flächenbezug: Zonenfläche

Tabelle 12-4: Übersicht Beleuchtungsanlagen



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

Bezeichnung	belüftete Fläche m ²	Heiz-/ Kühlregister	Befeuchter / WRG ¹	Zuluft		Abluft		Dimensionierungs- faktor ²	spezifische Leistungsauf. kW/(m ³ /s)	Endenergie kWh/(m ² a) bzw. Anteil	Teilkenwert DIN V 18599 kWh/(m ³ /h a)	
				max. Vol- umenstrom m ³ /h	max. elektr. Leistung kW	max. Vol- umenstrom m ³ /h	max. elektr. Leistung kW					
Kennwerte bez. a. d. ges. mech. bel. Fläche		7.957			236.960	73,62	223.930	62,26	325%	1,06	47,07	10,01
RLT 1	Institut Meß und Automa Tech	161	Hz+Kühlreg.	kein / W) 0,75	7.500	2,40	7.500	1,40	1165%	0,91	3%	13,16
RLT 2	Anlage 1 Kern 2	926	Heizreg.	kein / W) 0,75	47.110	17,00	40.620	16,50	677%	1,37	6%	4,54
RLT 3	Anlage 1 Kern 5+6	1.675	Heizreg.	kein / W) 0,75	41.320	12,00	39.740	16,89	323%	1,28	10%	4,51
RLT 4	Anlage 2 und 5 Kern 2	303	Heizreg.	kein / W) 0,45	7.820	1,60	7.380	0,84	510%	0,58	5%	12,95
RLT 5	Anlagen 11.7/13.8/16.8/4.1/4.	582	Hz+Kühlreg.	kein / W) 0,75	22.450	9,41	22.250	4,37	253%	1,11	10%	17,43
RLT 6	12.8/Abluftventilator 12.3 Dig	591	Heizreg.	kein / W) 0,75	20.870	1,96	20.020	2,45	377%	0,39	9%	4,67
RLT 7	He 14.8/15.8/3.1/6.5	305	Heizreg.	kein / kein)	10.930	4,29	12.030	3,96	358%	1,29	6%	34,51
RLT 8	Anlage 6 Kern 3	861	Heizreg.	kein / W) 0,75	30.640	10,00	29.040	2,70	453%	0,77	21%	16,89
RLT 9	Hörsaal 400	126	Hz+Kühlreg.	kein / W) 0,75	6.800	3,70	6.800	2,58	180%	1,66	7%	21,03
RLT 10	Anlage 5 Kern 5	60	Hz+Kühlreg.	kein / W) 0,75	3.300	1,46	3.300	0,77	547%	1,22	2%	15,35
RLT 11	Anlage 8 Kern 7	968	Hz+Kühlreg.	kein / W) 0,75	22.320	5,30	19.350	5,30	266%	0,92	21%	15,07
RLT 12	Werkshalle	1.398	Heizreg.	kein / kein)	15.900	4,50	15.900	4,50	114%	1,02	1%	1,23

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 m ²	Leistung kW	Erzeugerauf- wandszahl	Endenergie kWh/(m ² a) ¹
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)

22.161	m ²	Grundfläche aller über zentrale Wärmeerzeuger beheizten Zonen						
7.957	m ²	Grundfläche aller über zentrale Wärmeerzeuger mit Warmwasser versorgten Zonen						
Bezeichnung		Erzeugerart	Baujahr	thermische Nennleistung ² kW	Erzeugerauf- wandszahl		Endenergie kWh/(m ² a) bzw. Anteil	
					Heizung	Warmwasser		
Kennwerte bezogen auf die gesamte zentral beheizte Fläche				1.540	1,00	1,00	92	
Wärmeerz. 1	Fernwärmeübergabe	Fernwärme	1982	1540	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 ²	Leistung kW	Erzeugerauf- wandszahl	Endenergie kWh/(m ² a) ¹
Kompaktklimagerät (Fenster, Wand)				
Split-System - ein/aus	823	96,29	0,32	44,6
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)

1.898 m ² Über zentrale Kälteerzeuger gekühlte Fläche								
Bezeichnung	Erzeugerart	Baujahr	thermische Kälteleistung ² kW	Nennkälte- leistungszahl	mittlerer Teil- lastfaktor	Teilkennwert Kälteerzeugung	Erzeuger- aufwandszahl	Endenergie kWh/(m ² a) bzw. Anteil
Kennwerte bezogen auf die gesamte zentral gekühlte Fläche			297,6	0,00	0,00	0,0	0,00	32,3
Erz. 1	Carrier 30 HXC 175.331 PH3 Wassergekühlt - Schraubenverdichter mit Steuerschieber	2007	297,6	2,90	0,83	2,4	0,42	100%
Erz. 2								

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

Tabelle 12-7: Übersicht Kälteerzeuger