

Energieberatungsbericht zur Universitätsbibliothek Frankfurt

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

Stand: 21.11.2012

Erstellt durch:

Universität Kassel, Fachgebiet Technische Gebäudeausrüstung
Gottschalkstraße 28
34127 Kassel

Projektleitung: Institut Wohnen und Umwelt GmbH

Förderung: Hessisches Ministerium der Finanzen

Impressum

Projekt	Bausteine für die CO 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 Gebäudeausrüstung
Geschäftsadresse	Institut Wohnen und Umwelt GmbH Rheinstraße 65 64295 Darmstadt Tel. +49 (0) 6151 / 2904 -0 Fax +49 (0) 6151 / 2904 -97
Autoren	Nadine Krüger, Jens Knissel
Dokument	2012-11-21 Beratungsbericht Frankfurt

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

Datum, Kassel

Datum, Ort

Unterschrift, Stempel



Inhalt

1 Zusammenfassung	1
2 Einleitung und Aufgabenstellung	4
3 Projekt- und Gebäudebeschreibung	5
4 Bewertung des Ist-Zustandes	7
4.1 Gemessene Verbrauchsdaten	7
4.2 Lastganganalysen.....	10
4.2.1 Lastganganalyse Nahwärme.....	10
4.2.2 Lastganganalyse elektrische Energie.....	10
4.3 Rechnerische Bilanzierung des Energieaufwandes des Gebäudes.....	12
4.3.1 Vergleich der Berechnung mit dem gemessenen Verbrauch.....	12
4.3.2 Berechnete Energiekennwerte	13
5 Gebäudeanalyse über Teilenergiekennwertbewertung	17
6 Modernisierungsempfehlungen	19
6.1 Modernisierungsempfehlung 1: Gebäudehüllfläche	19
6.2 Modernisierungsempfehlung 2: Lüftungsanlagen.....	21
6.3 Modernisierungsempfehlung 3: Beleuchtung	23
6.4 Modernisierungsempfehlung 4: Kurzfristig umsetzbare Empfehlungen	24
6.5 Modernisierungsempfehlung 5: Kombination	26
6.6 Zusammenfassung und Vergleich	27
7 Durchgeführte Messungen	30
8 Anhang – Literatur	32
9 Anhang: Datenerhebung	33
9.1 Vom Eigentümer zur Verfügung gestellte Unterlagen	33
9.2 Annahmen aufgrund fehlender Daten.....	34
10 Anhang: TEK – Bewertung je Nutzungseinheit	36
11 Anhang: TEK – Bewertung auf Zonenebene	37
12 Anhang: TEK - Kurzdokumentation	48
13 Interner Anhang: Energetische Bilanzierung mit dem TEK-Tool	56
13.1 Anmerkungen zu Plausibilitätsprüfung und Anpassungen	56
13.2 Differenzen zu Standardnutzungsprofilen DIN V 18599	56
13.3 Vereinfachte Hüllflächenermittlung	56



13.4	Teilenergiekennwertbewertung.....	59
14	Interner Anhang – Modellierungsgrenzen von TEK.....	60
15	Interner Anhang Zeitaufwand.....	61

1 Zusammenfassung

Im vorliegenden Energieberatungsbericht wird das zu bewertende Gebäude mit Hilfe einer Gebäudeanalyse nach dem Verfahren Teilenergiekennwerte von Nicht-Wohngebäuden (TEK) untersucht. Das Bibliotheksgebäude wurde 1964 erbaut. Bis einschließlich 2004 wurde es als Bibliotheksgebäude der Stadt Frankfurt genutzt, seit dem 01.01.2005 stellen Stadt- und Universitätsbibliothek Frankfurt am Main und Senckenbergische Bibliothek gemeinsam die zentrale Bibliothek der Universität Frankfurt am Main mit dem neuen Namen „Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg“ dar. Innerhalb der folgenden 10 Jahre zieht die Universität von Bockenheim auf den neuen Campus Westend, weshalb dieser Bibliotheksstandort etwa im Jahr 2025 aufgegeben werden soll. Das Gebäude soll im Zuge der Umbaumaßnahmen für den Kulturcampus wieder an die Stadt Frankfurt übergeben werden, über einen Erhalt wird derzeit noch diskutiert.



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

Das gesamte Bauwerk gliedert sich in eine Bibliothek mit vorgelagertem Verwaltungsbau. Bisher wurden keine Sanierungsmaßnahmen durchgeführt. Verbunden sind beide Gebäudeteile mit einer großzügigen Eingangshalle.

Der Primärenergiebedarf des Gebäudes beträgt $721,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Unter Berücksichtigung der vorhandenen Nutzung wird dieser Energieaufwand in der TEK-Bewertung als „hoch“ eingestuft. Somit liegt der Bedarf des Gebäudes über dem Mittelwert für vergleichbare Bestandsgebäude. Der größte Anteil des gesamten Energieaufwands entfällt auf das Gewerk Heizung, welches als hoch eingestuft wird. Darüber hinaus werden die Gewerke Luftförderung und Kälte als sehr hoch eingeordnet. Die berechneten Endenergiekennwerte liegen für den Brennstoff bei $188,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ und für die elektrische Energie bei $183,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.

Aus den Untersuchungen können die im Folgenden aufgeführten Modernisierungsempfehlungen abgeleitet werden. Die Wirtschaftlichkeit wird dabei über die jährlichen Gesamtkosten ermittelt, die sowohl die kapitalisierten Investitionskosten als auch die Energie- und Instandhaltungskosten be-

rücksichtigen. Sinken die jährlichen Gesamtkosten, ist eine Maßnahme wirtschaftlich. Die jährlichen Kosten ergeben sich aus den mittleren jährlichen Energiekosten über den Betrachtungszeitraum von 25 Jahren. Die aktuellen Energiepreise für das Gebäude liegen bei 15 Ct./kWh_{el} bzw. 12 Ct./kWh_{th}. Die rechnerische Nutzungsdauer von Bauteilen wurde auf 25 Jahre und die der Anlagentechnik auf 15 Jahre angesetzt.

- Die Heizung liefert den größten Anteil am Primärenergiebedarf des Gebäudes. Um diesen zu reduzieren, sollte unter anderem die energetische Qualität der Gebäudehülle verbessert werden. Besonders das Bibliotheksgebäude muss bei der Maßnahme Berücksichtigung finden. Durch den Austausch der Fassadenelemente sowie einer Dachsanierung könnten 32,7 kWh/(m²a) eingespart werden. Die jährlichen Gesamtkosten sinken durch diese umfangreiche Maßnahme um etwa 100.000 Euro.
- Die Bereitstellung des Energiebedarfs für die Luftförderung wird in der TEK-Bewertung mit sehr hoch bewertet. Besonders die Anlagen, die Eingangshalle und Bibliotheksgebäude versorgen sind insgesamt stark überdimensioniert. Hier sollte eine Leistungsanpassung vorgenommen werden. Durch den Austausch der RLT-Anlagen Magazingebäude, Eingangshalle sowie Lesesäle könnte eine Bedarfsreduktion von insgesamt 51,7 kWh/(m²a) für den elektrischen Energiebedarf erzielt werden. Darüber hinaus sinkt der Bedarfskennwert für die Heizung von 188,2 kWh/(m²a) auf 129,6 kWh/(m²a). Durch diese Maßnahme lassen sich die jährlichen Gesamtkosten um 325.000 Euro reduzieren.
- Des Weiteren tragen die Sprühbefeuchter aufgrund der notwendigen Nachheizregister wesentlich zum Wärmebedarf des Gebäudes bei. Die Feuchteanforderungen an Bibliotheken sollten überprüft werden. Werden die angesetzten Feuchtegrenzen nicht überschritten, sollten die Sprühbefeuchter ggf. abgeschaltet oder ihre Sollwerte reduziert werden. Durch die Abschaltung der Sprühbefeuchter könnte im Verhältnis zum alleinigen Austausch der RLT-Anlagen für die Heizung eine zusätzliche Bedarfsreduktion um 23,6 kWh/(m²a) erzielt werden.
- Im gesamten Gebäude sind konventionelle Vorschaltgeräte (KVG) ohne Präsenzmelder in den weniger frequentierten Bereichen (Lager, Magazin) vorhanden. Die Beleuchtung ist dauerhaft in Betrieb. Auch der elektrische Energiebedarf für die Beleuchtung in Eingangshalle und Bibliotheksgebäude werden in TEK mit sehr hoch bewertet. Aus diesem Grund sollte ein Austausch durch eine moderne Beleuchtung und zusätzlich der Einbau von Präsenzmeldern in den entsprechenden Bereichen vorgenommen werden. Der Energiebedarf der Beleuchtung reduziert sich mit der Durchführung der genannten Empfehlungen von 55,2 kWh/(m² a) auf 15,0 kWh/(m² a). Die mittleren jährlichen Gesamtkosten sinken um 81.000 Euro.

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird ein Nutzungszeitraum von 25 Jahren angesetzt, bei den Berechnungen wird demnach davon ausgegangen, dass das Gebäude nicht im Vorfeld abgerissen wird. Darüber hinaus sollen ergänzend dazu Aussagen zu kurzfristig wirtschaftlichen Maßnahmen getroffen werden:

- Nachtabschaltung
- Deckung des hygienischen Außenluftbedarfs des Bibliotheksgebäudes über „Magazinanlage alt“. Zuschaltung der „Magazinanlage neu“ nur bei Bedarf.
- Erhöhung der Raumsolltemperatur auf 26 °C im Kühlfall

- Kalibrierung des CO₂-Sensors

Durch die Umsetzung dieser minimalinvestiven Maßnahmen könnte der Heizenergiebedarf von 188,2 kWh/(m²a) auf 148,1 kWh/(m² a) sowie der elektrische Energiebedarf von 183,3 kWh/(m² a) auf 152,3 kWh/(m² a) reduziert werden. Ohne wesentliche Investitionskosten könnten die jährlichen Gesamtkosten um 758.000 Euro reduziert werden.

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

2 Einleitung und Aufgabenstellung

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

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Bockenheimer Warte 134-138, 60325 Frankfurt

Der folgende Kurzbericht umfasst:

- Eine kurze Beschreibung des Projektes und des Gebäudes,
- die Bewertung des Ist-Zustands des Gebäudes,
- die Angabe von Modernisierungsmaßnahmen unter Nennung der Energieeinsparung, der Grobkosten und der sich hieraus ergebenden Wirtschaftlichkeit,
- einen Anhang mit ausführlichen Informationen zur Gebäudeanalyse.



3 Projekt- und Gebäudebeschreibung

Die Universitätsbibliothek ist mit etwa sechs Millionen Medieneinheiten eine der größten Universitätsbibliotheken in Deutschland. Das Gebäude wurde 1964 erbaut. Bis einschließlich 2004 wurde es als Bibliotheksgebäude der Stadt Frankfurt genutzt, seit dem 01.01.2005 stellen Stadt- und Universitätsbibliothek Frankfurt am Main und Senckenbergische Bibliothek gemeinsam die zentrale Bibliothek der Universität Frankfurt am Main mit dem neuen Namen „Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg“ dar. Innerhalb der folgenden 10 Jahre zieht die Universität von Bockenheim auf den neuen Campus Westend, weshalb dieser Bibliotheksstandort etwa im Jahr 2025 aufgegeben werden soll.

1.1 Allgemeine Projektinformationen		
CO ₂ -neutrale Hochschulen _ Gebäudeanalysen		
Gebäude	Eigentümer	Energieberatung
Universitätsbibliothek Frankfurt Bockenheimer Landstraße 134-138 60325 Frankfurt	Goethe Universität Frankfurt	Universität Kassel FG Technische Gebäudeausrü Gottschalkstr. 28 34109 Kassel



1.2 Allgemeine Gebäudeeigenschaften				
Gebäudekategorie	Hochschulen	en. Qualität Gebäudehülle H_T	1,71 W/(m ² _{BTF} K)	
Unterkategorie	Institutsgebäude für Lehre und Forschung	en. Qualität Lüftung H_V	0,31 W/(m ³ /h K)	
		Fensterant. (oberirdisch)	29 %	
Baujahr Gebäude	1964	Anzahl beheiz. Geschosse	6,8	
Energiebezugsfläche	19.571 m ²	Anzahl der Zonen	22	
davon	künst. belichte	100 %	Anzahl der RLT-Anlagen	4
	mech. belüftet	100 %	Anzahl zentr. Kälteerz.	2
	gekühlt	100 %	Anzahl zentr. Wärmeerz.	1
	befeuchtet	100 %		
A/V-Verhältnis	0,20 m ⁻¹			

Abbildung 3-1: Zusammenfassende Darstellung der wichtigsten Gebäudeeigenschaften

Das Bibliotheksgebäude besteht zum einen aus dem oberirdischem Hauptgebäude (ca. 19.500 m² NGF) sowie einem nicht öffentlichen, unterirdischen Gebäude (ca. 5000 m² NGF), das von außen nicht sichtbar ist.

Das oberirdische Gebäude gliedert sich in drei Gebäudeabschnitte: Das „Verwaltungsgebäude“ ist dem Bibliotheksgebäude südlich vorgelagert. Es ist eingeschossig unterkellert und besitzt drei

Obergeschosse sowie ein Flachdach. In diesem Gebäudeteil sind hauptsächlich Büros untergebracht. Das „Zwischengebäude“ stellt die Verbindung zwischen dem Verwaltungsgebäude und dem eigentlichen Bibliotheksgebäude dar und besteht aus zwei Untergeschossen sowie dem Erdgeschoss mit Flachdach. Es besitzt die Funktion des Eingangsbereichs. Das Bibliotheksgebäude selbst besteht aus drei Untergeschossen sowie insgesamt 8 Obergeschossen. Dabei wird jedes zweite Geschoss als „Zwischengeschoss“ bezeichnet. Den oberen Gebäudeabschluss stellt ein Sheddach dar.

Das gesamte Gebäude besteht aus einer Skelettkonstruktion. Während die Fassade von Verwaltungs- und Zwischengebäude massiv ausgeführt worden ist, besteht die Fassade des Bibliotheksgebäudes aus vorgehangenen Fassadenelementen in Leichtbauweise. Der mittlere Fensterflächenanteil beträgt etwa 29 %. Das A/V-Verhältnis (Fläche zu Volumen) des Gebäudes beträgt $0,20 \text{ m}^{-1}$. Das Gebäude besitzt einen spezifischen Transmissionswärmeverlust $H_{\tau} = 1,71 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, was sehr hoch ist und darauf hinweist, dass der energetische Standard der Gebäudehülle stark verbesserungswürdig ist.

Das gesamte Gebäude wird über insgesamt 4 RLT-Anlagen versorgt, eine zusätzliche Fensterlüftung ist nicht möglich, da die Fenster nicht geöffnet werden können. Das Gebäude ist an das Fernwärmenetz angeschlossen. Des Weiteren sind zwei Kälteerzeuger vorhanden.

Der unterirdische, von außen nicht ersichtliche Gebäuderiegel mit einer Nettogrundfläche von etwa 5000 m^2 wurde im Jahr 1986 im Zuge des Baus der U-Bahn-Station errichtet. Dieser Gebäudeteil bleibt bei der durchgeführten Untersuchung unberücksichtigt, da er baulich und anlagentechnisch eigenständig ist und sich deutlich von dem Hauptgebäude unterscheidet.

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. Fernwärme 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 des Hauptzählers für den Zeitraum von 2009 bis 2011. Die Daten wurden einer Klimabereinigung gemäß [3] unterzogen.

Elektrische Energie: Monatliche Verbrauchsdaten des Hauptzählers für den Zeitraum von 2009 bis 2011.

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

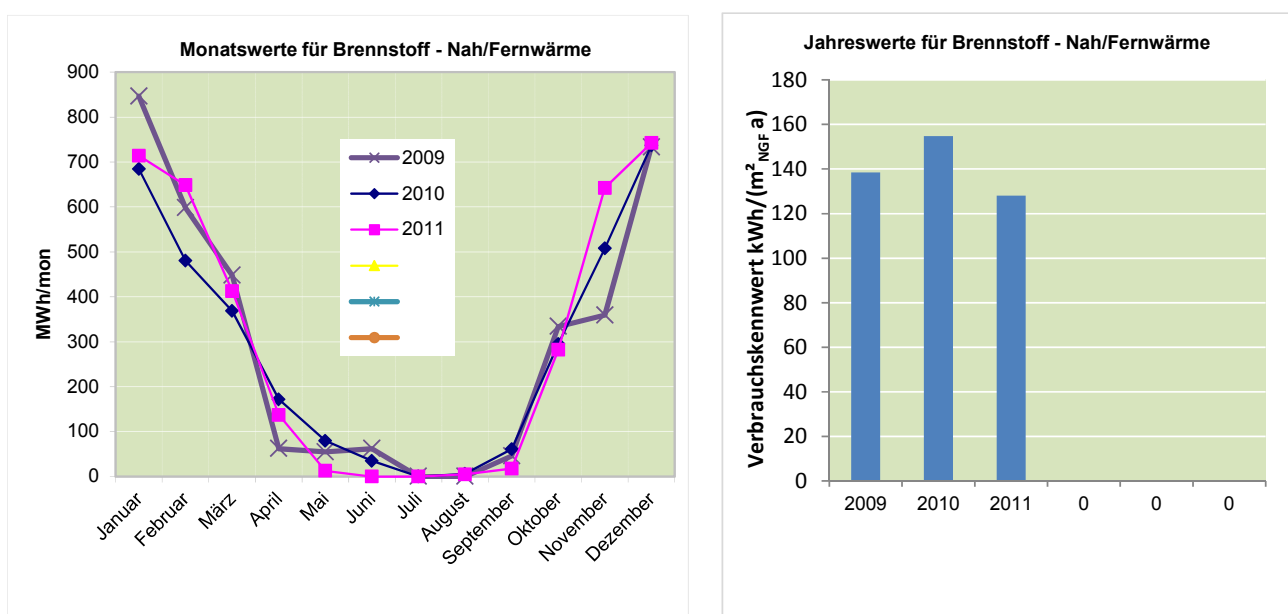


Abbildung 4-1: Witterungsbereinigte Monats- und Jahresverbräuche für Brennstoff bzw. Nah-/Fernwärme der letzten 6 Jahre)

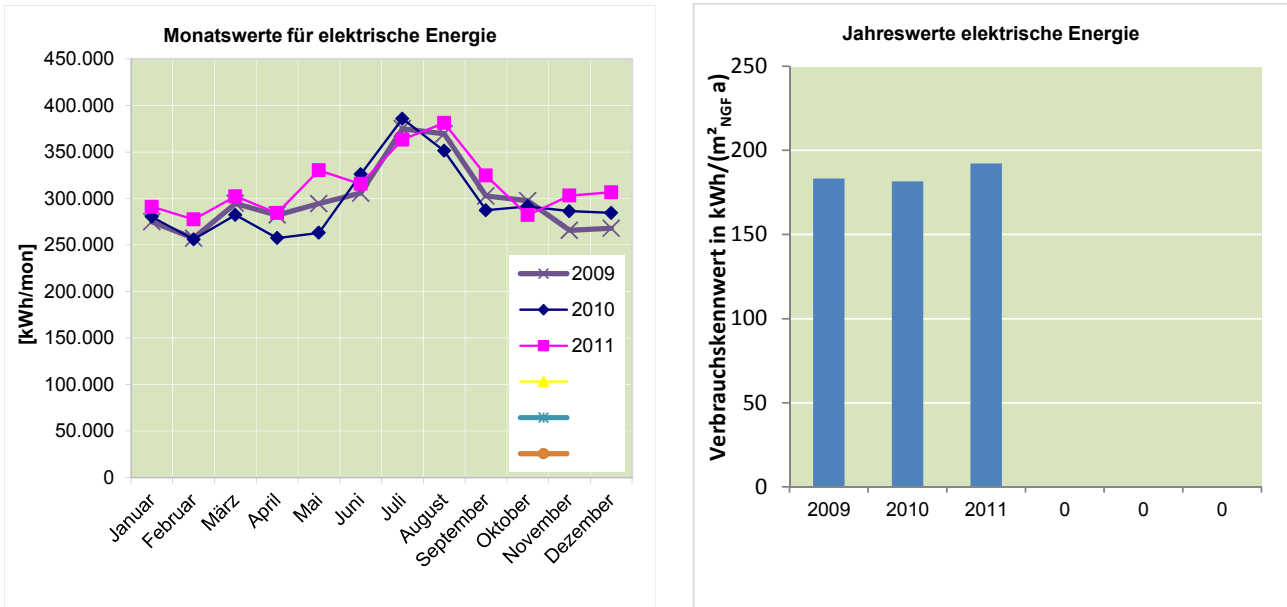


Abbildung 4-2: Monatsverbräuche elektrischer Energie der letzten 5 Jahre

Das Bibliotheksgebäude wurde aufgrund seiner unterschiedlichen Nutzungen mit einer Teilfläche von 80% in die Gebäudekategorie „Bibliotheksgebäude“, des Weiteren mit einer Teilfläche von 20% in die Kategorie „Bürogebäude mit Vollklimaanlage“ eingeteilt.

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

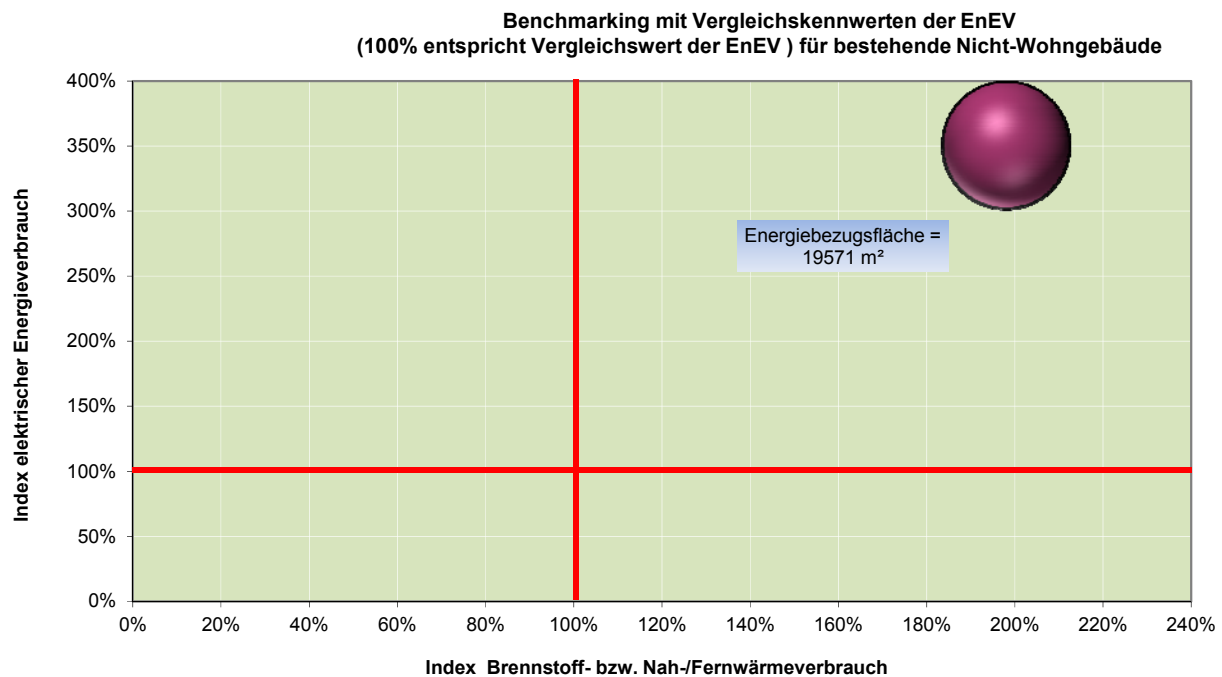


Abbildung 4-3: Bewertung des gemessenen Energieverbrauchs durch Vergleich mit den Referenzwerten der [Bekanntmachung 2009] (entsprechend dem Wert 100 %)

Der gemessene und witterungsbereinigte Jahreswert für Fernwärme beträgt $140 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{NGF}} \text{ a})$, der für die elektrische Energie $186 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{NGF}} \text{ a})$. Der Vergleichswert der EnEV 2009 für ein Gebäude mit entsprechenden Nutzungen beträgt $71 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{NGF}} \text{ a})$ für Nah/Fernwärme und $53 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{NGF}} \text{ a})$ für elektrische Energie.

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

- Der Nahwärmeverbrauch des Hochschulgebäudes liegt mit 198% deutlich über dem Vergleichswert der EnEV 2009.
- Der elektrische Energieverbrauch des Gebäudes liegt mit 350% deutlich über dem Vergleichswert der EnEV 2009.

Es handelt sich demnach um ein Gebäude mit – gemessen an seiner Nutzung – sehr hohen Verbräuchen. Dies kann unter anderem auf die Vollklimatisierung durch die RLT-Anlagen sowie den schlechten baulichen Zustand der Gebäudehülle zurückgeführt werden.

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:

Fernwärme: keine Verbrauchsdaten

Elektrische Energie: Lastgang des Hauptzählers von 01.01.2009 bis 01.09.2012

4.2.1 Lastganganalyse Nahwärme

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

4.2.2 Lastganganalyse elektrische Energie

Abbildung 4-4 zeigt das Wochenprofil des elektrischen Energieverbrauchs. Die orangene Linie stellt den Mittelwert aller ausgewerteten Wochen dar, die grauen Linien den Maxi- und Minimalwert. Die mittlere elektrische Grundlast ist mit ca. 200 kW als relativ hoch einzustufen. Diese fällt nachts an, da zu diesen Zeiten das Gebäude nicht genutzt wird. Ursache hierfür kann die RLT-Anlage darstellen, die nachts zwar im leicht reduzierten Betrieb läuft, jedoch nicht vollkommen abgeschaltet wird

Im Mittel steigt an Wochentagen die elektrische Leistung dann ab ca. 6 Uhr an und erreicht gegen zwölf Uhr ihr Maximum, welches bei etwa 620 kW liegt. Am Wochenende, wenn ausschließlich das Bibliotheksgebäude genutzt wird, liegt das Maximum der mittleren elektrischen Last bei etwa 420 kW. Im Verlauf erkennbar sind klare Niveaus in den Spitzen, was auf Großverbraucher schließen lässt.

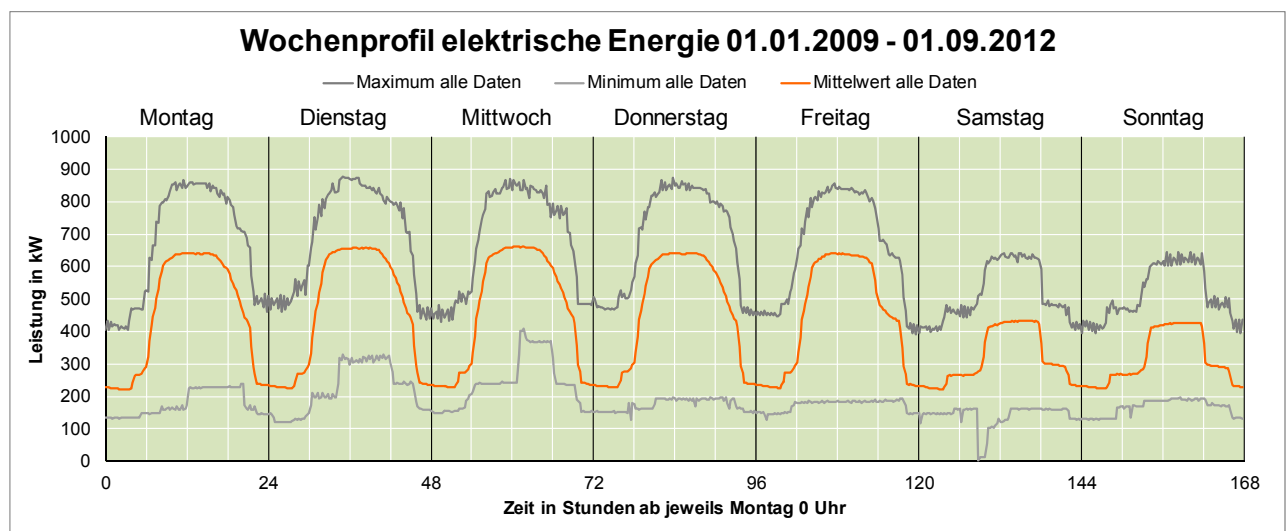


Abbildung 4-4: Wochenprofile des elektrischen Energieverbrauchs



In Abbildung 4-5 ist die numerische Auswertung der Lastganganalyse aufgeführt. Dargestellt sind Kennwerte bezogen auf den gesamten ausgewerteten Zeitraum, die Nutzungszeit und die Standby-Zeit (außerhalb der Nutzungszeit).

In Bezug auf die Gesamtzeit liegt der Stromverbrauch außerhalb der Nutzungszeit bei 47%, was auf einen reduzierten Nachtbetrieb schließen lässt.

Gesamter Zeitraum		
	absolut [kW]	spezifisch [W/m ²]
Maximale Leistung	876,0	44,76
Minimale Leistung	118,0	6,03
Mittlere Leistung	416,1	21,26

Verhältnis Standby zu Gesamtzeit [%]	
Zeit	60,7%
Leistung	77,2%
Verbrauch	46,9%

Nutzungszeit		
Dauer	66 h/woche	
	absolut [kW]	spezifisch [W/m ²]
Maximale Leistung	876,0	44,76
Minimale Leistung	158,0	8,07
Mittlere Leistung	562,8	28,76

Verhältnis Standby zu Nutzungszeit [%]	
Zeit	154,5%
Leistung	57,1%
Verbrauch	88,2%

Standbyzeit		
Dauer	102 h/woche	
	absolut [kW]	spezifisch [W/m ²]
Maximale Leistung	856,0	43,74
Minimale Leistung	118,0	6,03
Mittlere Leistung	321,2	16,41

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

4.3 Rechnerische Bilanzierung des Energieaufwandes des Gebäudes

Um die Struktur des Energieverbrauchs des Gebäudes zu analysieren und Schwachstellen zu identifizieren, wird dieser über eine Energiebilanzberechnung nachvollzogen. Die Berechnung wird in Anlehnung an die DIN V 18599 durchgeführt, wobei unterschiedliche Vereinfachungen und Modifikationen bei der Berechnung vorgenommen wurden [5].

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

4.3.1 Vergleich der Berechnung mit dem gemessenen Verbrauch

Um zu überprüfen, wie gut das Berechnungsmodell den tatsächlichen Verbrauch des Gebäudes abbildet, werden zunächst in Abbildung 4-6 die berechneten Energiebedarfskennwerte (siehe Abschnitt 13) 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 $f_{b/v}$.

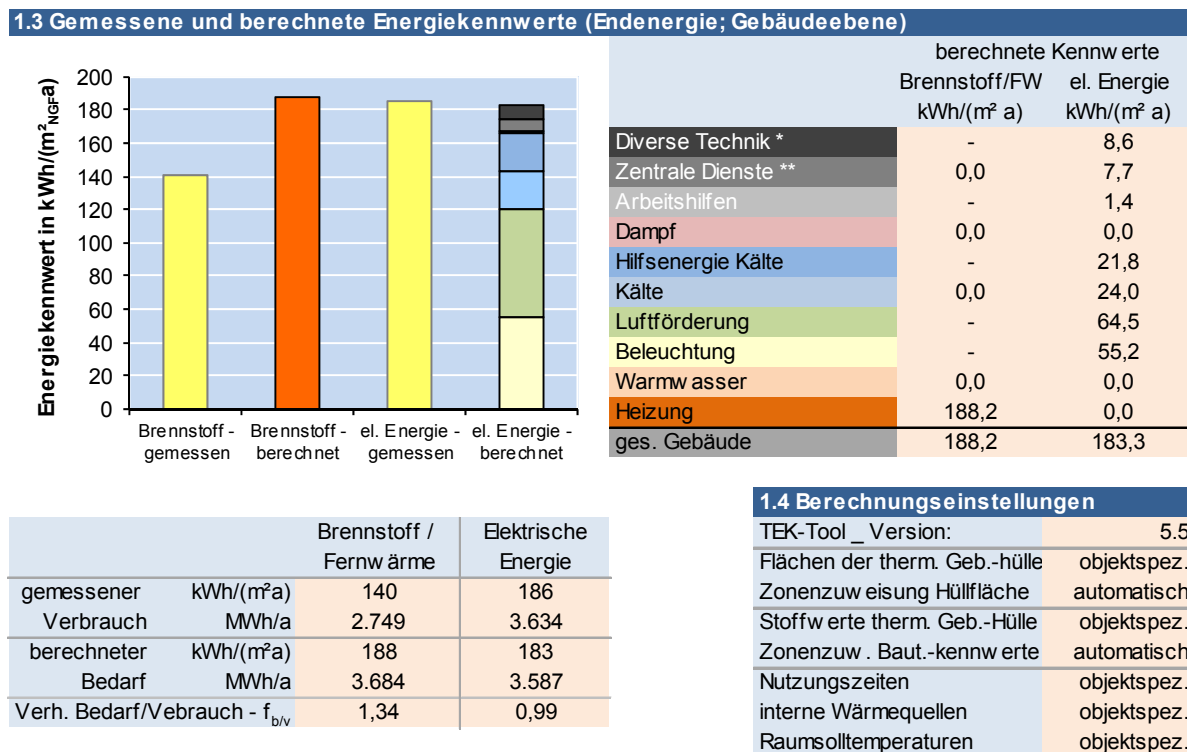


Abbildung 4-6: Vergleich von gemessenem Verbrauch und berechnetem Bedarf

Der berechnete Energiebedarf beträgt 188,2 kWh/(m²a) für die Fernwärme sowie 183,3 kWh/(m²a) für die elektrische Energie. Es zeigt sich, dass der in TEK errechnete Wärmebedarf in Bezug auf den realen Verbrauch um etwa 30 % erhöht ist, was eine Differenz von etwa 48 kWh/m² im Jahresmittel bedeutet. Einen wesentlichen Grund für diese Abweichung könnten die eingesetzten Sprühbefeuchter darstellen, für die standardmäßig aufgrund der notwendigen Nachheizregister ein



hoher Wärmebedarf angesetzt wird. Die genaue Regelung der Sprühbefeuchter ist nicht bekannt und kann in TEK nicht modifiziert werden. Des Weiteren konnten keine genauen Angaben zum Umluftanteil sowie Wärmerückgewinnungsgrad der RLT-Anlagen ermittelt werden. Beides wird in TEK über einen Wärmerückgewinnungsgrad von 75% abgebildet, der in Bezug auf die reale Regelung variieren kann.

Der berechnete Strombedarf bildet den Verbrauch mit einer leichten Abweichung von etwa 2 % sehr genau ab. Dies entspricht einer Differenz von etwa 3 kWh/(m²a).

4.3.2 Berechnete Energiekennwerte

Auf der Grundlage der Energiebilanzberechnung wird in Tabelle 4-1 und Abbildung 4-7 die Entwicklung des Energiebedarfs von der Nutzenergie über die Endenergie (unterschieden nach Brennstoff und elektrischer Energie) bis zur Primärenergie für die unterschiedlichen Gewerke (Heizung bis Diverse Technik) dargestellt werden. In der letzten Spalte von Tabelle 4-1 sind ergänzend die 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	172,8	188,2	188,2	0,0	244,7	76,6
Warmwasser	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Beleuchtung	-	-	-	55,2	143,6	35,0
Luftförderung	-	-	-	64,5	167,7	40,8
Kälte	77,0	94,9	0,0	24,0	62,5	15,2
Hilfsenergie Kälte	-	-	-	21,8	56,7	13,8
Dampf	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0
Arbeitshilfen	-	-	-	1,4	3,8	0,9
Zentrale Dienste	-	-	0,0	7,7	19,9	4,8
Diverse Technik	-	-	-	8,6	22,3	5,4
gesamt	249,8	283,1	188,2	183,3	721,2	192,6

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

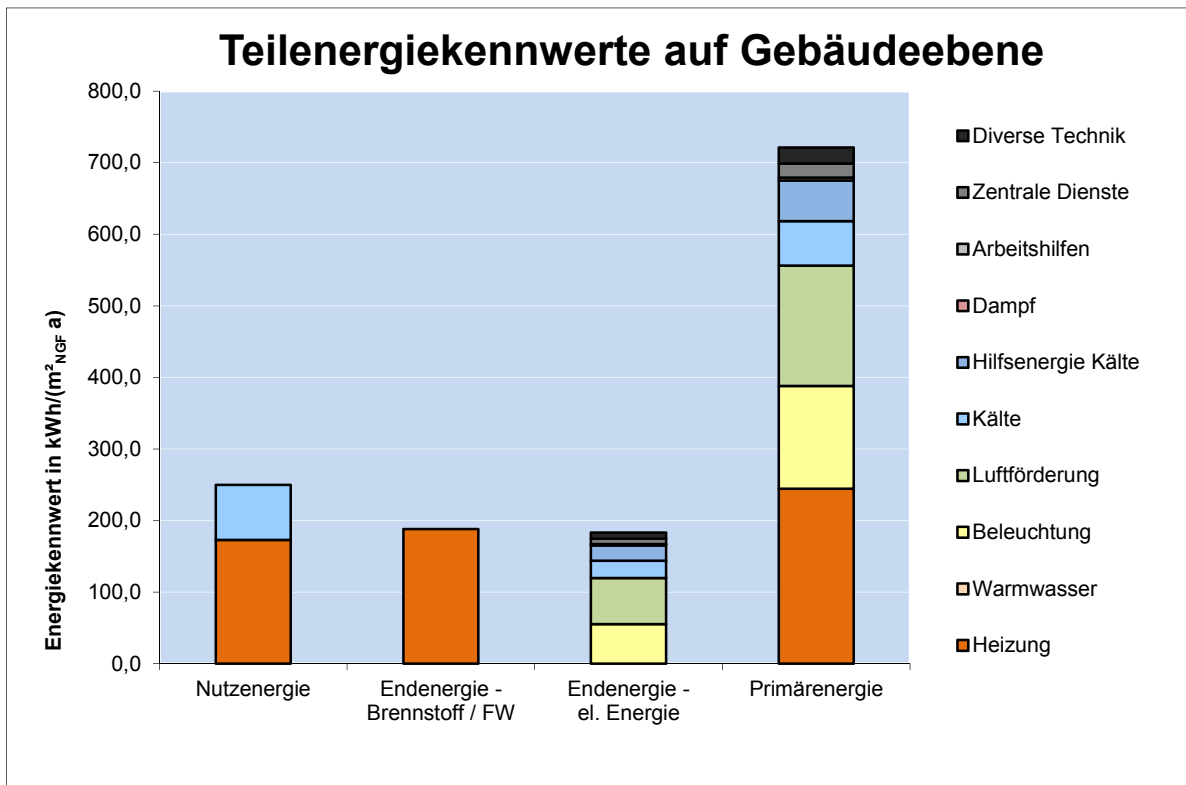


Abbildung 4-7: Teilenergiekennwerte für den Ist-Zustand

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

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

(siehe [5]) ist in Abbildung 4-8 dargestellt. Bei der Teilenergiekennwertbewertung werden die Energiebedarfe der Gewerke auf Zonenebene mit typischen tabellierten Teilenergiekennwerten verglichen (siehe Abschnitt 11). Diese Bewertung wird von der Zonenebene (Abschnitt 11) über die Nutzungseinheit (Abschnitt 10) bis auf die Gebäudeebene aggregiert (siehe Abbildung 4-8). Die gewerkebezogene Bewertung auf Gebäudeebene wird dann zu einer Gesamtbewertung des Gebäudes zusammengefasst. Ausgeklammert bei dieser Bewertung werden die Gewerke „Zentrale Dienste“ und „Diverse Technik“, da für diese beiden keine sinnvollen Benchmarks gebildet werden können.

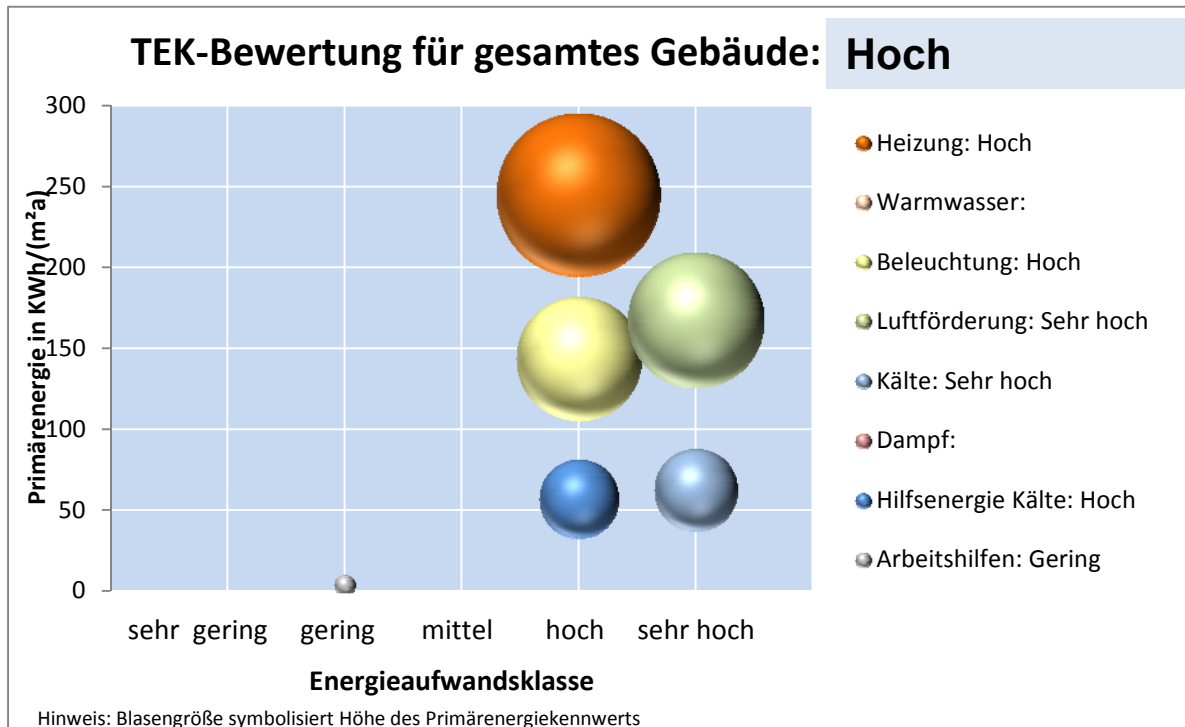


Abbildung 4-8: Beitrag der Gewerke zum Gesamtprimärenergiebedarf des Gebäudes und TEK-Effizienzbewertung

Gesamtes Gebäude

Der Primärenergiebedarf für das gesamte Gebäude beträgt 721,2 kWh/(m²a) und wird von der TEK-Bewertung als „hoch“ eingestuft. Diese Gesamtbewertung wird verursacht durch die Gewerke Heizung, Beleuchtung, Luftförderung sowie Kälte, die mit „hoch“ und „sehr hoch“ bewertet worden sind. Mögliche Ursachen hierfür sollen im Folgenden erläutert werden:

Heizung

Der Primärenergiebedarf für Heizung beträgt 244,7 kWh/(m²a) und liefert den größten Anteil am Primärenergiebedarf. Neben den bereits genannten Sprühbefeuchtern, die eine Nachheizung erfordern, kann als weitere Ursache die schlechte energetische Qualität der Gebäudehülle mit einem spezifischen Transmissionswärmeverlust von $H_{T} = 1,71 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ genannt werden.

Beleuchtung

Der Primärenergiebedarf für Beleuchtung beträgt 143,6 kWh/(m²a). Im gesamten Gebäude sind konventionelle Vorschaltgeräte (KVG) integriert, Präsenzmelder für niedrig frequentierte Bereiche (z.B. Lager, Magazin) sind nicht vorhanden, weshalb in großen Bereichen der Bibliothek die Beleuchtung eine hohe Vollbetriebszeit aufweist. Des Weiteren besitzt insbesondere die Eingangshalle wegen ihrer vielen Beleuchtungselemente eine sehr hohe spezifische Bewertungsleistung.

Luftförderung

Der Energieaufwand für die RLT-Anlage beträgt 167,7 kWh/(m²a) und bildet den zweitgrößten Anteil am gesamten Primärenergiebedarf. Ursache stellen die hohen Laufzeiten sowie die hohen spezifischen Leistungen dar.

Kälte

Der Primärenergiebedarf für Kälte beträgt $62,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ und wird als „sehr hoch“ eingestuft. Das Gebäude wird über die RLT vollständig gekühlt. Die Solltemperatur beträgt auch in den Sommermonaten 22°C .

5 Gebäudeanalyse über Teilenergiekennwertbewertung

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

Zusammenstellung möglicher Modernisierungsmaßnahmen

Lfd. Nr.	Kostengruppe DIN 276 Nr. Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung	Wichtigkeit (von 1 bis 5)	Bemerkungen
1	337 Elementierte Außenwände	Austausch Vorhangfassade	4) dringend	Austausch der vorhandenen Fassadenelemente des Bibliotheksgebäudes
2	363 Dachbeläge	Instandsetzung Dach	4) dringend	Abbruch des vorhandenen Sheddachs und Ausbildung eines Flachdachs, Dämmung.
3	489 Gebäudeautomation, sonstiges	Wartung	4) dringend	Überprüfen der CO2-Sensorik
4	431 Lüftungsanlagen	Austausch der RLT-Anlagen	4) dringend	RLT-Anlagen sind teilweise deutlich überdimensioniert. Anpassung an den Bedarf.
5	431 Lüftungsanlagen	Abschaltung der Sprühbefeuchter	2) empfohlen	Überprüfen der Feuchteanforderungen an Bibliotheken. Werden die Feuchtegrenzen nicht überschritten, ggf. Sprühbefeuchter abschalten oder Sollwerte reduzieren.
6	445 Beleuchtungsanlagen	Beleuchtungsdauer reduzieren	4) dringend	Installation von Präsenzmeldern in den Lager- und Magazinbereichen, Verkehrsflächen sowie WCs, segmentierte Beleuchtung
7	445 Beleuchtungsanlagen	Beleuchtungssanierung	4) dringend	Beleuchtungssanierung im gesamten Gebäude, KVG in EVG. Reduzierung der installierten Leistung in Freihandbereichen, Lesesälen, Magazinbereichen sowie der Eingangshalle.
8	431 Lüftungsanlagen	Nachtabstaltung	2) empfohlen	Nachtabstaltung der RLT-Anlagen
9	431 Lüftungsanlagen	Abschaltung "Magazinanlage neu"	2) empfohlen	Durch den Betrieb einer Anlage kann der hygienische Mindestluftwechsel realisiert werden. Zuschaltung der 2. Anlage bei Bedarf.
10	489 Gebäudeautomation, sonstiges	Betriebsoptimierung	2) empfohlen	Heraufsetzen der mittleren Raumtemperaturen im Kühlfall (26 °C).

Tabelle 5-1: Zusammenstellung möglicher Modernisierungsmaßnahmen für das Gebäude



6 Modernisierungsempfehlungen

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

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

Nachfolgend werden folgende Maßnahmenempfehlungen diskutiert:

- Die Gebäudehülle stellt eine wesentliche Schwachstelle des Gebäudes dar. Alle Teile der Gebäudehüllfläche stammen aus der Bauzeit und wurden bis heute nicht ertüchtigt. Dementsprechend hoch ist der Energiebedarf für die Heizung. Die Auswertung in TEK zeigt, dass Eingangshalle und Bibliotheksgebäude den größten Anteil am Heizenergiebedarf einnehmen. Möglichkeiten zur Sanierung werden in Abschnitt 6.1 erläutert.
- In Abschnitt 6.2 erfolgt die Berechnung der möglichen Einsparung bei Sanierung der RLT-Anlagen. Besonders die Anlagen, die Eingangshalle und Bibliotheksgebäude versorgen sind insgesamt stark überdimensioniert. Hier sollte eine Leistungsanpassung vorgenommen werden.
- Der elektrische Energiebedarf für die Beleuchtung in Eingangshallte und Bibliotheksgebäude werden in TEK mit sehr hoch bewertet. Im gesamten Gebäude sind konventionelle Vorschaltgeräte (KVG) ohne Präsenzmelder in den weniger frequentierten Bereichen (Lager, Magazin) vorhanden. Die Beleuchtung ist konstant in Betrieb. Möglichkeiten zur Reduzierung des Beleuchtungsbedarfs werden in Abschnitt 6.3 beschrieben.
- In Abschnitt 6.4 werden minimalinvestiv bzw. kurzfristig umsetzbare Maßnahmen diskutiert
- In Abschnitt 6.5 erfolgt die Abbildung des Einsparpotentials bei der Kombination der zuvor aufgeführten Maßnahmen.

6.1 Modernisierungsempfehlung 1: Gebäudehüllfläche

Der Endenergiebedarf für die Heizung beträgt $188,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$. Bei einem angenommenen Preis von $0,12 \text{ Euro/kWh}$ ergeben sich für dieses Gewerk jährliche Kosten von etwa 442.000 Euro .

Zu diesem Energiebedarf trägt wesentlich der energetische Zustand der Gebäudehülle bei, weshalb werden innerhalb dieser Maßnahmenempfehlung die Möglichkeiten zur Verbesserung dieser diskutiert werden.

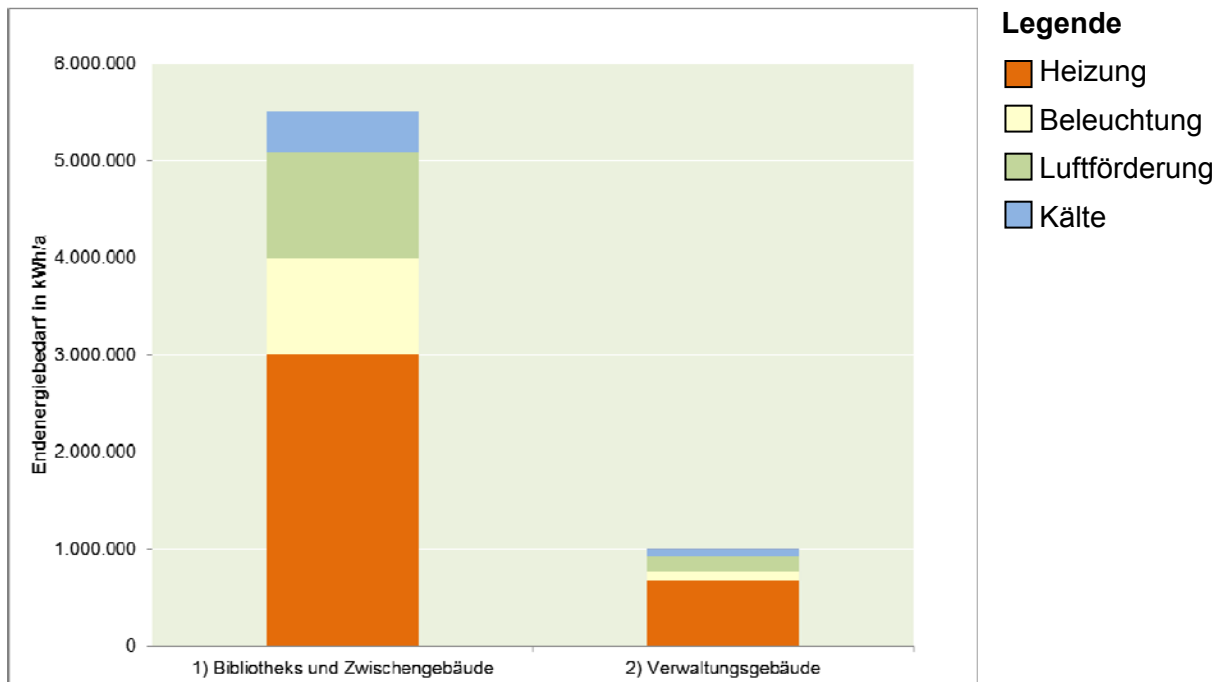


Abbildung 6-1: Anteiliger Endenergiebedarf der unterschiedlichen Gebäudeteile

Abbildung 6-1 soll aufzeigen, in welchen Bereichen die größten Einsparpotentiale zu identifizieren sind. Es wird erkenntlich, dass das Verwaltungsgebäude, auch aufgrund seines geringen Anteils an der Nettogrundfläche, nur einen Bruchteil des Gesamtenergiebedarfs ausmacht. Bei einer Sanierung sollte demnach das Hauptaugenmerk auf das Bibliotheksgebäude gelegt werden.

Zur Sanierung der Gebäudehüllfläche existieren unterschiedliche Ansätze. An dieser Stelle soll der Austausch der Vorhangfassade zusammen mit einer Dachsanierung diskutiert werden. Diese umfangreiche Maßnahme kann nicht im laufenden Betrieb umgesetzt werden. Sie bietet sich beispielsweise an, wenn das Gebäude nach dem Auszug der Bibliothek weiterhin genutzt werden soll. Der Vorteil des Austauschs der Fassadenelemente besteht darin, im Zuge einer ganzheitlichen Sanierung auf Veränderungen der Gebäudenutzung bzw. inneren Organisation flexibel reagieren zu können (z.B. Anpassung des Glasanteils). Darüber hinaus kann das Gebäude mit Dreh-Kipp-Fenstern ausgestattet werden, wodurch der Nutzerkomfort erhöht werden kann.

Der U_{cw} -Wert, mit dem bei Vorhangfassaden gerechnet wird, kann in TEK nicht abgebildet werden. Aus diesem Grund wurden opake und transparente Bereiche der Vorhangfassade separat aufgenommen. Bei der Sanierung wurde in TEK der U-Wert der opaken Paneele auf $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ sowie der transparenten Elemente auf $0,95 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ reduziert.

Bei dieser Maßnahme wird davon ausgegangen, dass Sie im Rahmen von ohnehin anfallenden Arbeiten / Ausbesserungen an der Fassade durchgeführt wird. Aus diesem Grund werden nicht die vollen Kosten von $510 \text{ Euro/m}^2 \text{ BTF}$ angesetzt, sondern ein Abzug von 50% (Sowieso-Kosten) angenommen. Die sich daraus ergebenden Investitionskosten belaufen sich insgesamt auf ca. $1.020.000 \text{ Euro}$. Es wurde mit den vorhandenen Kosten basierend auf den Grobkostenschätzungen der in der Datenbank tabellierten Standardkosten (TEK-WiBe) gerechnet. Die Annahmen wurden auf ihre Plausibilität geprüft.



Die Sanierung des Dachs empfiehlt sich deswegen, weil es im Winter kaum möglich ist, die erforderlichen Temperaturen von 22 °C im Dachgeschoss zu realisieren. Das vorhandene Sheddach sollte in ein Flachdach umfunktioniert werden, da hierfür die Instandhaltungskosten deutlich geringer ausfallen. Darüber hinaus verkleinert sich die Dachfläche von 2.000 m² auf etwa 1.600 m², wodurch sich das A/V-Verhältnis verbessert und dementsprechend eine weitere Bedarfsreduktion erzielt werden kann. Die Gewährleistung des ausreichenden Tageslichteinfalls über das Sheddach wird ohnehin kaum genutzt, da die Decke in den meisten Bereichen des Obergeschosses durch ein Gitter abgehängt ist. Der Lichteinfall des Sheddaches könnte in den entsprechend notwendigen Bereichen über Lichtkuppeln realisiert werden. Es wurde mit einem verbesserten U-Wert von 0,20 W/(m² K) gerechnet.

Auch bei dieser Empfehlung wird der Abbruch des vorhandenen Dachs als ohnehin notwendige Maßnahme (Sowieso-Kosten) eingestuft und nur die energetische Modernisierung als Investitionskosten angerechnet. Für die fachgerechte Dämmung des Dachs wurden Kosten in Höhe von 106 Euro/m² angesetzt. Bei einer Dachfläche von 1.600 m² ergeben sich Gesamtkosten von 169.600 Euro. Auch diese Kostenannahme stammt aus der Datenbank des TEK-WiBe und wurde auf ihre Plausibilität überprüft. Beim Abgleich mit [9] stellte sich heraus, dass die hier angesetzten energiebedingten Mehrkosten als relativ hoch einzustufen sind, die realen Baukosten demnach durchaus niedriger liegen können.

Nach Durchführung der aufgeführten Maßnahmen beträgt der Endenergiebedarf, der für die Heizung aufgebracht werden muss 155,5 kWh/(m² a), was einer Einsparung von 32,7 kWh/(m² a) entspricht. Der spezifische Transmissionswärmeverlust verbessert sich auf $H_{\tau} = 1,07 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Eine weitere Reduktion kann durch die Sanierung der übrigen Gebäudeteile erzielt werden.

Lfd. Nr.	Kostengruppe DIN 276 Nr. Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung	Wichtigkeit (von 1 bis 5)	Bemerkungen
1	337 Elementierte Außenwände	Austausch Vorhangfassade	4) dringend	Austausch der vorhandenen Fassadenelemente des Bibliotheksgebäudes
2	363 Dachbeläge	Instandsetzung Dach	4) dringend	Abbruch des vorhandenen Sheddachs und Ausbildung eines Flachdachs, Dämmung.

Abbildung 6-2: Modernisierungsempfehlung 1 – Gebäudehüllfläche

6.2 Modernisierungsempfehlung 2: Lüftungsanlagen

Das gesamte Gebäude wird mit Wärme, Kälte und Feuchte über insgesamt fünf RLT-Anlagen versorgt. Von den fünf Anlagen versorgt eine das Verwaltungsgebäude, eine die Eingangshalle, eine die in dem Bibliotheksgebäude befindlichen Lesesäle und zwei Anlagen parallel den Rest des Bibliotheksgebäudes. Insgesamt beträgt der elektrische Endenergiebedarf für die Luftförderung 64,5 kWh/(m² a), was bei einem angenommenen Preis von 0,12 Euro/kWh jährliche Kosten von etwa 151.000 Euro zur Folge hat. Besonders die Ventilatorleistungen für Eingangshalle, Lesesäle und Bibliotheksgebäude sind deutlich überdimensioniert und sollen aus diesem Grund im Folgenden diskutiert werden.

Die Lüftungsanlagen werden über eine Software gesteuert. Diese misst die Außentemperatur, Feuchte sowie CO₂-Gehalt der Zu- und Abluft und passt die Volumenströme entsprechend der

Anforderungen an. Ausnahme stellt die „Magazinanlage neu“ dar, die keine Regelung besitzt und konstant bei 100 % betrieben wird. Auffällig ist, dass die Anlagen laut Aussage des Gebäudebetreibers trotz ihrer deutlichen Überdimensionierung tagsüber, obwohl eine Regelung vorhanden, durchgängig unter Vollast betrieben werden. Aus diesem Grund wird empfohlen, die Sensoren zur Steuerung der Anlagen zu kalibrieren. Auf diese Weise kann sichergestellt werden, dass die Volumenströme an den tatsächlichen Bedarf des Gebäudes angepasst sind und die Ventilatoren nicht durchgängig mit einer unnötig hohen Leistung betrieben werden. Die Kalibrierung der Sensoren wurde in der TEK-Berechnung nicht berücksichtigt und ist in der unten angegebenen Einsparung nicht enthalten.

Des Weiteren sollten die Ventilatorleistungen der deutlich überdimensionierten Anlagen angepasst werden. Für die Berechnung in TEK werden für den Nennvolumenstrom die hygienisch notwendigen Außenluftvolumenströme nach DIN 18599-10:2011 und unter Annahme der SFP-Standardwerte nach DIN EN 13779:2007 elektrische Nennleistungen angesetzt.

In TEK wird das Einsparpotential im Falle der Modernisierung nach folgenden Anlagenkonfigurationen untersucht:

	Bibliotheksgebäude	Eingangshalle	Lesesäle
Anlagenkonfiguration alt	80.000 m³/h, Nennleistung 81,6 kW	Nennvolumenstrom 20.000 m³/h, Nennleistung 14,66 kW	Nennvolumenstrom 40.000 m³/h, Nennleistung 36,83 kW
Anlagenkonfiguration neu	Nennvolumenstrom 35.000 m³/h, Nennleistung 14,6 kW	Nennvolumenstrom 2.000 m³/h, Nennleistung 0,83 kW	Nennvolumenstrom 15.500 m³/h, Nennleistung 6,5 kW

Abbildung 6-3: Gegenüberstellung der Anlagenkonfigurationen im Bestand und neu (nur Zuluft dargestellt)

Der elektrische Energiebedarf für die Luftförderung könnte von 64,5 kWh/(m² a) auf 19,9 kWh/(m² a) reduziert werden. Des Weiteren verringert sich der Heizenergiebedarf aufgrund der geringeren Volumenströme mit einer Differenz von 58,6 kWh/(m² a) deutlich. Die das Verwaltungsgebäude versorgende RLT-Anlage bleibt unberücksichtigt, da sie zum einen laut TEK ausreichend für den Bedarf des Gebäudes ausgelegt ist, des Weiteren nur einen minimalen Anteil am gesamten Energiebedarf einnimmt.

Die Gesamtkosten für den Austausch der RLT-Anlagen wurden mit 1.056.900 Euro angesetzt. Diese ergeben sich aus einem pauschalisierten Ansatz:

- Einbau Lüftungsgerät mit allen Luftbehandlungsfunktionen und WRG: 20,00 Euro/m³/h
- Demontage der alten Lüftungsanlagen: 1500,00 Euro/Stck.
- Inbetriebnahme der neuen Lüftungsanlagen: 800,00 Euro/Stck.

Die Annahmen zu diesen Kosten stammen aus der Kostenschätzung des IWU [6], die im Rahmen des Forschungsprojekts „Typologiegestützte Analyseinstrumente für die energetische Bewertung bestehender Nichtwohngebäude“ durchgeführt wurde.

Des Weiteren müssen bei dieser Variante Kosten für die neue Wärme- und Kälteversorgung angesetzt werden, da Heiz- und Kühllast nach einer Reduzierung der Volumenströme nicht vollständig durch das RLT-System gedeckt werden können. Die zu erbringende Raumkühllast beträgt 52 W/m², woraus sich bei einer Nettogrundfläche von 19.571 m² für das Raumkühlsystem eine Leis-



ung von 1017,692 kW ergibt. Für die Kühlung werden folgende Kosten nach TGA-Ko [7] angesetzt:

- Kosten für neue Kälteverteilung: 224 €/kW
- Ventilator-Konvektor 3500 €/Stck. (Stückkosten für Gerät bis 7,5 kW)

Für die Kälteversorgung ergeben sich Gesamtkosten in der Höhe von 736.809 €.

Die erforderliche Raum-Heizlast beträgt 50 W/m², woraus sich eine Leistung von 987,55 kW für das Raumheizsystem ergibt. Auch hier werden Kosten nach TGA-Ko [7] angesetzt:

- Kosten für neue Wärmeverteilung: 224 €/kW
- Kosten für Heizkörper: 320 €/kW

Für die Heizung ergeben sich Gesamtkosten in der Höhe von 532.331 €. Insgesamt ergeben sich Grobkosten von 1.269.140 € für die Wärme- und Kälteversorgung.

Die vorhandenen Sprühbefeuchter entsprechen nicht mehr dem Stand der Technik. Es sollten die Anforderungen an die Feuchtegrenzen für Bibliotheken überprüft werden. Können diese auch ohne den Betrieb der Sprühbefeuchter realisiert werden, sollten sie abgeschaltet werden. Andernfalls sollten die Sollwerte überprüft und auf ein Minimum reduziert werden. Bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist diese Maßnahme nicht berücksichtigt. Es ist dennoch zu erwähnen, dass durch die Abschaltung der Sprühbefeuchter zusätzlich eine Einsparung von 23,6 kWh/(m²a) erzielt werden kann.

Lfd. Nr.	Kostengruppe DIN 276 Nr. Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung	Wichtigkeit (von 1 bis 5)	Bemerkungen
3	489 Gebäudeautomation, sonstiges	Wartung	4) dringend	Überprüfen der CO2-Sensoren
4	431 Lüftungsanlagen	Austausch der RLT-Anlagen	4) dringend	RLT-Anlagen sind teilweise deutlich überdimensioniert. Anpassung an den Bedarf.
5	431 Lüftungsanlagen	Abschaltung der Sprühbefeuchter	2) empfohlen	Überprüfen der Feuchteanforderungen an Bibliotheken. Werden die Feuchtegrenzen nicht überschritten, ggf. Sprühbefeuchter abschalten oder Sollwerte reduzieren.

Abbildung 6-4: Modernisierungsempfehlung 2 – Lüftungsanlage

6.3 Modernisierungsempfehlung 3: Beleuchtung

Der Endenergiebedarfskennwert für die Beleuchtung ist mit 55,2 kWh/(m² a) vergleichsweise hoch einzustufen. Die Beleuchtung des Gebäudes besteht überwiegend aus stabförmigen T8-Leuchtstofflampen in Verbindung mit konventionellen Vorschaltgeräten. Eine aktive Regelung der Beleuchtung, z.B. durch tageslichtabhängige Regelung oder Präsenzmelder, ist nicht vorhanden.

In dieser Maßnahmenempfehlung wird das Einsparpotential der Beleuchtungssanierung (Austausch der Leuchten) mit Umstellung auf elektronische Vorschaltgeräte im gesamten Gebäude berechnet. Darüber hinaus werden in den weniger frequentierten Bereichen (Lagerräume, Magazine, WC, Verkehrsflächen) Präsenzmelder empfohlen. Eine segmentierte Beleuchtungssteuerung innerhalb der großen Magazinflächen kann zu zusätzlichen Einsparungen führen.

Darüber hinaus ist die installierte Leistung in der Eingangshalle aufgrund der spezifischen Bewertungsleistung von 29,6 W/(m²100Lux) als besonders hoch einzustufen. Ursache hierfür stellen die Lichtwände dar, die eine besondere Beleuchtungsatmosphäre im Eingangsbereich erzeugen sollen. Auch in weiteren Bereichen der Bibliothek ist eine hohe installierte Leistung vorzufinden. Im Zuge der Erneuerung sollte diese in den entsprechenden Bereichen reduziert werden.

In TEK wird die Anpassung der installierten Leistung durch die Anwendung des Tabellenverfahrens nach DIN V 18599 umgesetzt (raumbezogene Auslegung). Gegenüber den aufgenommenen objektspezifischen Leistungen, die derzeit installiert sind, ergibt sich so bereits in den jeweiligen Bereichen eine deutliche Leistungsreduzierung.

Der Energiebedarf der Beleuchtung reduziert mit der Durchführung der genannten Empfehlungen von 55,2 kWh/(m² a) auf 15,0 kWh/(m² a). Es ist zu erwähnen, dass aufgrund der durch die Modernisierung der Beleuchtung verringerten internen Lasten ein leichter Anstieg des Heizenergiebedarfs zu verzeichnen ist.

Die Investitionskosten belaufen sich zum einen auf ca. 25.412 Euro für die Präsenzmelder. Diese Summe ergibt sich aus angesetzten Kosten in Höhe von 4 Euro/m². Die Annahmen zu den aufgeführten Kosten stammen aus der Kostenschätzung des IWU [6]. Darüber hinaus werden für die Beleuchtungssanierung Gesamtkosten in der Höhe von 787.500 Euro angesetzt. Diese Kostenschätzung beruht auf Angaben von Schmidt-Reuter aus „Ermittlung von spezifischen Kosten energiesparender Bauteil-, Beleuchtungs-, Heizungs- und Klimatechnikausführungen bei Nichtwohngebäuden für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zur EnEV 2012“ [8]. In dieser Studie werden für die Beleuchtungssanierung 250 Euro/Stck. angesetzt. Bei dieser Kostenermittlung wurden folgende Technikumfänge berücksichtigt:

- Leuchten inkl. Zugehöriger Leuchtmittel
- Manuelle Steuerung
- Elektronische Vorschaltgeräte, nicht dimmbar

Im untersuchten Gebäude wird von einer Lampenanzahl von 3.150 Stück ausgegangen.

Lfd. Nr.	Kostengruppe DIN 276 Nr. Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung	Wichtigkeit (von 1 bis 5)	Bemerkungen
6	445 Beleuchtungsanlagen	Beleuchtungsdauer reduzieren	4) dringend	Installation von Präsenzmeldern in den Lager- und Magazinbereichen, Verkehrsflächen sowie WCs, segmentierte Beleuchtung
7	445 Beleuchtungsanlagen	Beleuchtungssanierung	4) dringend	Beleuchtungssanierung im gesamten Gebäude, KVG in EVG. Reduzierung der installierten Leistung in Freihandbereichen, Lesesälen, Magazinbereichen sowie der Eingangshalle.

Abbildung 6-5: Modernisierungsempfehlung 3 – Beleuchtung

6.4 Modernisierungsempfehlung 4: Kurzfristig umsetzbare Empfehlungen

Da die endgültige Nutzung des Gebäudes nach dem Umzug der Bibliothek in ein anderes Gebäude noch nicht geklärt ist, sollen an dieser Stelle minimalinvestive Maßnahmen angeführt werden, die kurzfristig umsetzbar sind:



Zum einen trägt die Luftförderung einen hohen Anteil am gesamten Energiebedarf des Gebäudes. Einsparpotential besteht in der Anpassung der Regelung der Anlagen. Beispielsweise ist eine nächtliche Abschaltung anstatt des reduzierten Betriebs sinnvoll. Die Maßnahme der Nachtabschaltung verursacht keine Kosten. Aufgrund der kurzen Ausschaltdauer ist im Winter mit keiner unzulässigen Unterkühlung des Gebäudes zu rechnen.

Das Bibliotheksgebäude wird parallel durch zwei Anlagen versorgt („Magazinanlage alt“ und „Magazinanlagen neu“). Es fällt auf, dass von diesen beiden Anlagen bereits eine ausreicht, um den hygienischen Mindestluftwechsel zu gewährleisten, jedoch beide Anlagen durchgängig in Betrieb sind.

Vorstellbar ist, dass die Abschaltung der konstant betriebenen Anlage (Magazinanlage neu) erfolgt und die Grundlast durch die bedarfsgeregelte Anlage mit Frequenzumrichter gewährleistet wird. An Tagen, an denen hohe Heizlasten zu erwarten sind, wird schließlich die zweite Anlage zugeschaltet. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn die Außentemperaturen unter 5°C sinken. Die Auswertung der Mittelwerte der Temperaturen in Frankfurt aus dem Jahr 2011 hat ergeben, dass in diesem Jahr die Temperatur im Schnitt an etwa 70 Tagen unter 5 °C gesunken sind. Dies war von Januar bis April sowie November bis Dezember der Fall. In TEK wurde ein auf dieser Annahme basierender täglicher Durchschnittswert entwickelt, an dem die zweite RLT-Anlage zugeschaltet wird.

Des Weiteren kann eine Einsparung durch das Heraufsetzen der mittleren Raumsolltemperatur im Kühlfall erzielt werden. Derzeitig soll im gesamten Gebäude ganzjährig eine Raumtemperatur von 22 °C realisiert werden. Diese kann unseres Erachtens nach im Kühlfall auf 26 °C heraufgesetzt werden.

Durch die genannten Maßnahmen ließe sich der Heizenergiebedarf von 188,2 kWh/(m² a) auf 148,1 kWh/(m² a) sowie der elektrische Energiebedarf von 183,3 kWh/(m² a) auf 152,3 kWh/(m² a) reduzieren.

Des Weiteren sollten, wie bereits in 6.2 erläutert, die Anforderungen an die Feuchtegrenzen für Bibliotheken überprüft werden. Können diese auch ohne den Betrieb der Sprühbefeuchter realisiert werden, sollten sie abgeschaltet werden. Andernfalls sollten die Sollwerte überprüft und auf ein Minimum reduziert werden. Durch eine Abschaltung der Sprühbefeuchter könnte die weitere Reduzierung des Energiebedarfskennwerts für Heizung um 30,8 kWh/(m² a) erzielt werden. Dieser Wert liegt aufgrund der nicht reduzierten Volumenströme höher als die unter Punkt 6.2 aufgeführte mögliche Einsparung durch Abschaltung der Sprühbefeuchter. Bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde in diesem Fall die Abschaltung der Sprühbefeuchter mit einbezogen.

Es wurden insgesamt keine Investitionskosten angesetzt, da sie nur minimalinvestiv sind.

Lfd. Nr.	Kostengruppe DIN 276 Nr. Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung	Wichtigkeit (von 1 bis 5)	Bemerkungen
3	489 Gebäudeautomation, sonstiges	Wartung	4) dringend	Überprüfen der CO2-Sensorik
5	431 Lüftungsanlagen	Abschaltung der Sprühbefeuchter	2) empfohlen	Überprüfen der Feuchteanforderungen an Bibliotheken. Werden die Feuchtegrenzen nicht überschritten, ggf. Sprühbefeuchter abschalten oder Sollwerte reduzieren.
8	431 Lüftungsanlagen	Nachtabstaltung	2) empfohlen	Nachtabstaltung der RLT-Anlagen
9	431 Lüftungsanlagen	Abschaltung "Magazinanlage neu"	2) empfohlen	Durch den Betrieb einer Anlage kann der hygienische Mindestluftwechsel realisiert werden. Zuschaltung der 2. Anlage bei Bedarf.
10	489 Gebäudeautomation, sonstiges	Betriebsoptimierung	2) empfohlen	Heraufsetzen der mittleren Raumtemperaturen im Kühlfall (26 °C).

Abbildung 6-6: Modernisierungsempfehlung 4 - Kurzfristig umsetzbare Empfehlungen

6.5 Modernisierungsempfehlung 5: Kombination

In der Modernisierungsempfehlung 5 wird berechnet, welche Einsparungen sich durch die Kombination der zuvor erläuterten Modernisierungsempfehlungen ergeben. Bei der Maßnahmenkombination wurde Einzelmaßnahme 9 „Abschaltung Magazinanlage neu“ nicht berücksichtigt, da diese durch den Austausch der RLT-Anlagen nicht weiter relevant ist.

Durch die Verbesserung des Wärmeschutzes der Gebäudehüllfläche ergeben sich für die erforderliche Heiz- und Kühlleistung der Raumsysteme geringere Werte. Die Gesamtkosten für nach der Reduktion der Volumenströme erforderliche Kälte- und Wärmeversorgung betragen bei dieser Variante anstatt 1.269.140 € nur 787.146 €.

Es ist eine energetische Reduzierung des thermischen Energiebedarfs von 188,2 kWh/(m² a) auf 86,4 kWh/(m² a) sowie des elektrischen Energiebedarfs von 183,3 kWh/(m² a) auf 71,7 kWh/(m² a) zu erzielen.



Lfd. Nr.	Kostengruppe DIN 276 Nr. Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung	Wichtigkeit (von 1 bis 5)	Bemerkungen
1	337 Elementierte Außenwände	Austausch Vorhangfassade	4) dringend	Austausch der vorhandenen Fassadenelemente des Bibliotheksgebäudes
2	363 Dachbeläge	Instandsetzung Dach	4) dringend	Abbruch des vorhandenen Sheddachs und Ausbildung eines Flachdachs, Dämmung.
3	489 Gebäudeautomation, sonstiges	Wartung	4) dringend	Überprüfen der CO2-Sensorik
4	431 Lüftungsanlagen	Austausch der RLT-Anlagen	4) dringend	RLT-Anlagen sind teilweise deutlich überdimensioniert. Anpassung an den Bedarf.
5	431 Lüftungsanlagen	Abschaltung der Sprühbefeuchter	2) empfohlen	Überprüfen der Feuchteanforderungen an Bibliotheken. Werden die Feuchtegrenzen nicht überschritten, ggf. Sprühbefeuchter abschalten oder Sollwerte reduzieren.
6	445 Beleuchtungsanlagen	Beleuchtungsdauer reduzieren	4) dringend	Installation von Präsenzmeldern in den Lager- und Magazinbereichen, Verkehrsflächen sowie WCs, segmentierte Beleuchtung
7	445 Beleuchtungsanlagen	Beleuchtungssanierung	4) dringend	Beleuchtungssanierung im gesamten Gebäude, KVG in EVG. Reduzierung der installierten Leistung in Freihandbereichen, Lesesälen, Magazinbereichen sowie der Eingangshalle.
8	431 Lüftungsanlagen	Nachtabstaltung	2) empfohlen	Nachtabstaltung der RLT-Anlagen
10	489 Gebäudeautomation, sonstiges	Betriebsoptimierung	2) empfohlen	Heraufsetzen der mittleren Raumtemperaturen im Kühlfall (26 °C).

Abbildung 6-7: Modernisierungsempfehlung 4- Kombination

6.6 Zusammenfassung und Vergleich

Abschließend werden die Gesamtkosten aller Maßnahmenempfehlungen über einen Betrachtungszeitraum von 25 Jahren dargestellt. Die aktuellen Energiepreise für das Gebäude liegen bei 15 Ct./kWh_{el} bzw. 12 Ct./kWh_{th}. Die rechnerische Nutzungsdauer von Bauteilen wurde auf 25 Jahre und die der Anlagentechnik auf 15 Jahre angesetzt. Weitere Größen der Wirtschaftlichkeitsberechnung sind:

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

Die zusammenfassende Darstellung der Maßnahmen zeigt, dass in allen Modernisierungsempfehlungen die Gesamtkosten sinken, alle Maßnahmen also bereits im Rahmen ihrer rechnerischen Nutzungsdauer wirtschaftlich sind. Besonders eine Sanierung der vorhandenen Lüftungsanlage sowie die Kombination aller aufgeführten Maßnahmen erscheinen als äußerst sinnvoll.

In der Zusammenfassung der Maßnahmen (ME 5) sinken die Gesamtkosten von 1.850.000 Euro auf 1.117.000 Euro, es werden also jährlich ca. 733.000 Euro eingespart.

Zusätzliche Instandhaltungskosten wurden bei den Sanierungsmaßnahmen nicht angesetzt, da diese, bedingt durch die Sanierung, meist positiv beeinflusst werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass die jährlichen Instandhaltungskosten im IST-Zustand höher liegen als in den Sanierungsvarianten, wodurch die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen weiter ansteigt.

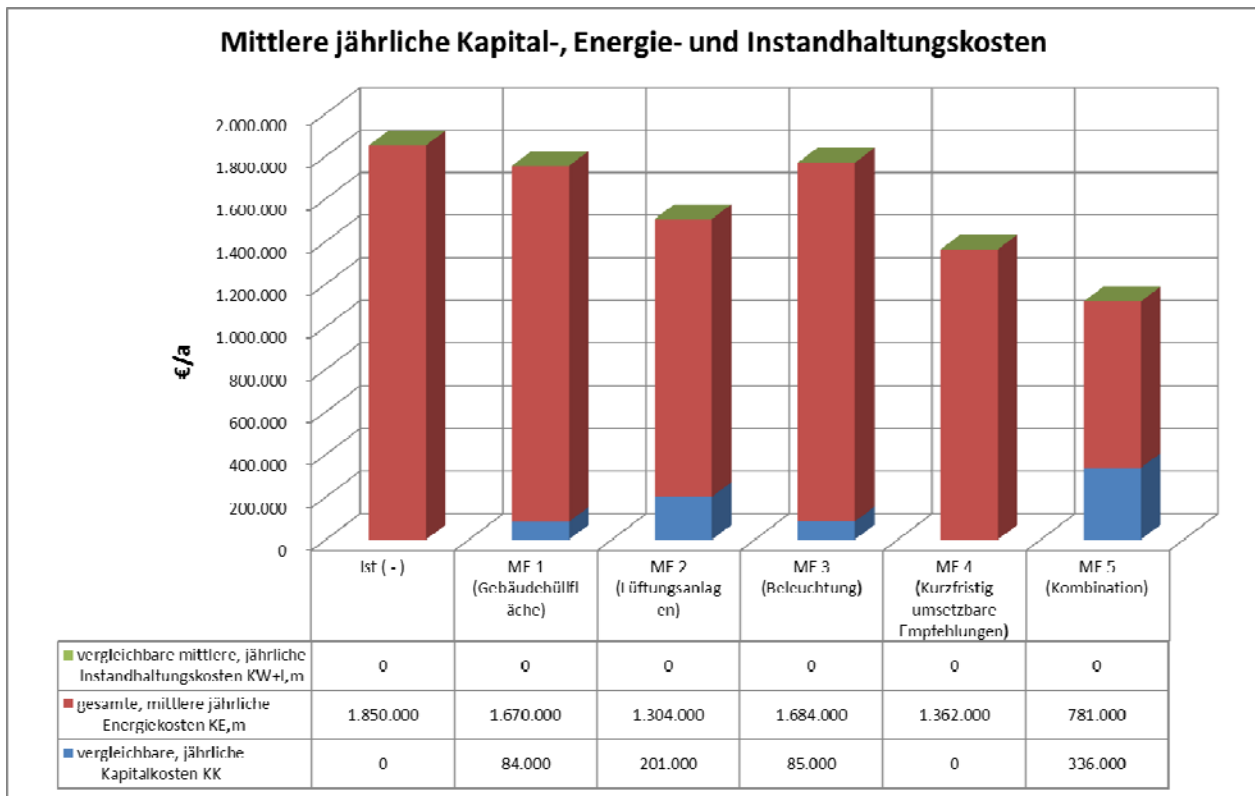


Abbildung 6-8 Vergleich der jährlichen Kapital-, Energie- und Instandhaltungskosten der verschiedenen Maßnahmenempfehlungen

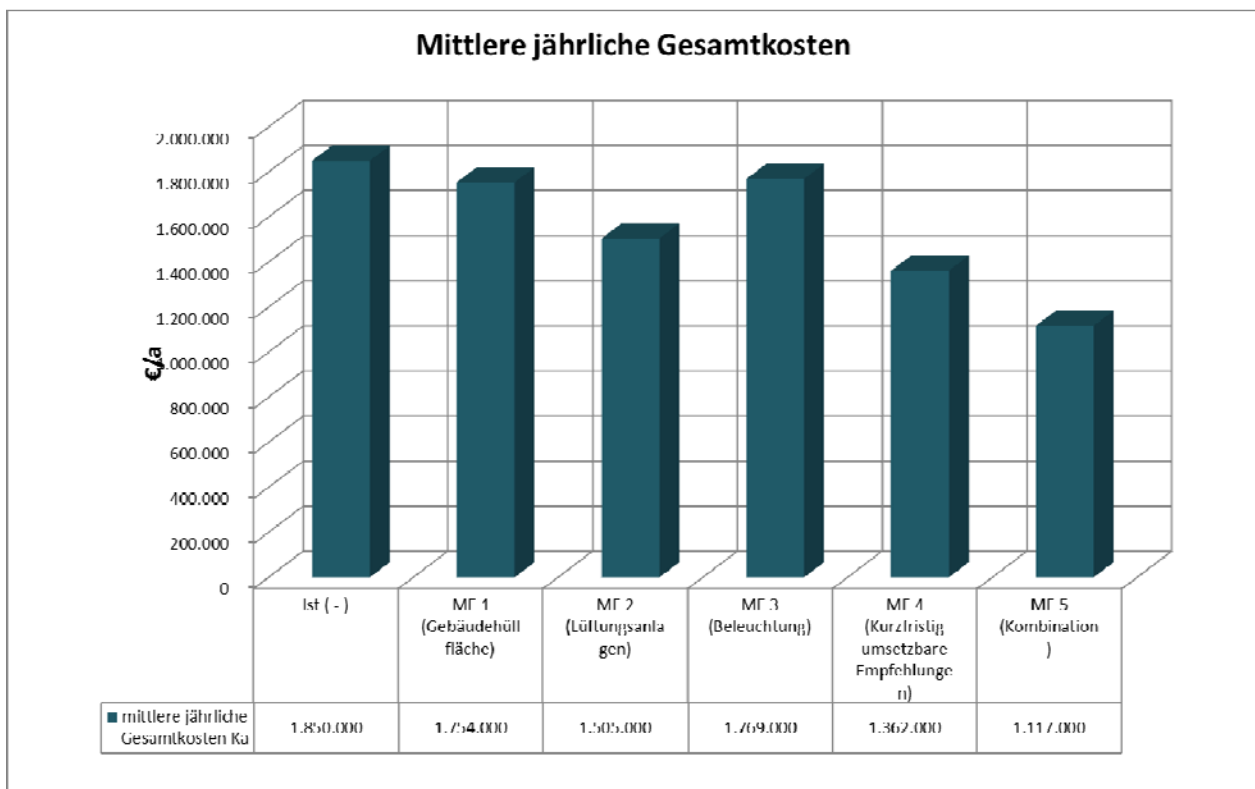




Abbildung 6-9 Vergleich der jährlichen Gesamtkosten der verschiedenen Maßnahmenempfehlungen

7 Durchgeführte Messungen

Im Magazinbereich der Bibliothek wurden die Raumtemperaturen und die relativen Feuchten für den Zeitraum 01.11.2012-10.11.2012 gemessen. In erster Linie soll mit der Messung überprüft werden, ob die voreingestellte mittleren Soll-Raumtemperatur von 22 °C als realistisch zu bewerten ist. Ein Datenlogger wurde im 1. UG ausgelegt. Ein zweiter Datenlogger wurde im Dachgeschoss des Bibliotheksgebäudes ausgelegt, jedoch konnten hier keine brauchbaren Werte ermittelt werden.

In Abbildung 7-1 sind die gemessenen Raumtemperaturen (blaue Linie), die relative Luftfeuchtigkeit (rote Linie) für den Magazinbereich im 1. UG dargestellt. Für den direkten Vergleich sind in Abbildung 7-2 die in dem Messzeitraum vorhandenen mittleren Außentemperaturen abgebildet. Es wird deutlich, dass sich die gemessene Raumtemperatur durchgängig im oberen Bereich der 22 °C befindet und teilweise sogar eine Temperatur von 24 °C erreicht. Darüber hinaus ist in dem Diagramm in der Nacht und am Wochenende (03.11.-04.11) eine leichte Absenkung der Raumtemperaturen erkennbar, die 22 °C-Grenze wird jedoch kaum unterschritten. Demnach kann davon ausgegangen werden, dass die Raumsolltemperatur von 22 °C im Heizfall nur sehr selten unterschritten wird. Für den Kühlfall konnten keine Messungen vorgenommen werden. Die Auswertung der relativen Luftfeuchtigkeit macht deutlich, dass die Be- und Entfeuchtung im Heizfall in Betrieb ist und die relative Luftfeuchtigkeit zwischen ca. 30 % und 45 % gehalten wird.

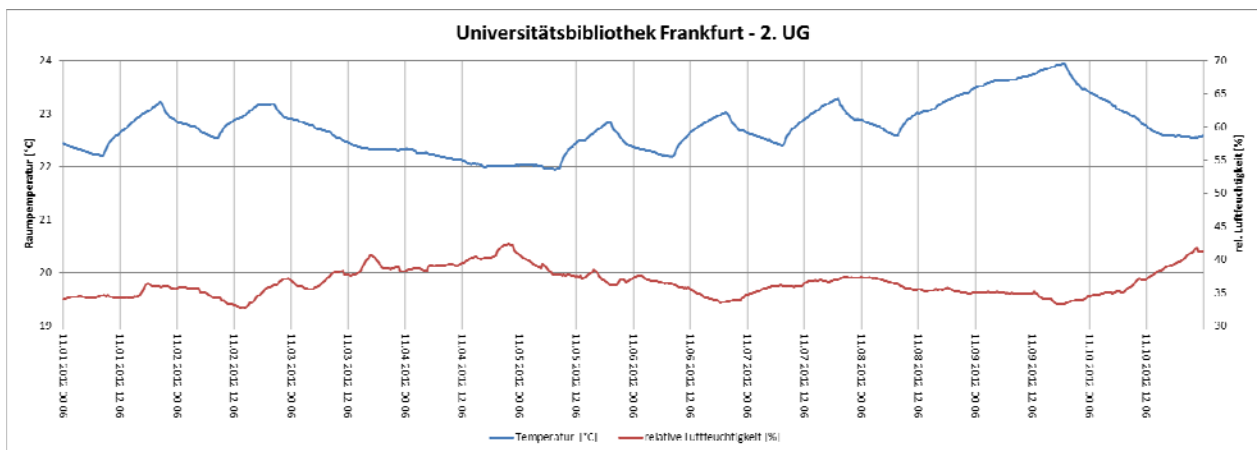


Abbildung 7-1 Raumtemperatur und relative Feuchte Magazinbereich Universität Frankfurt.

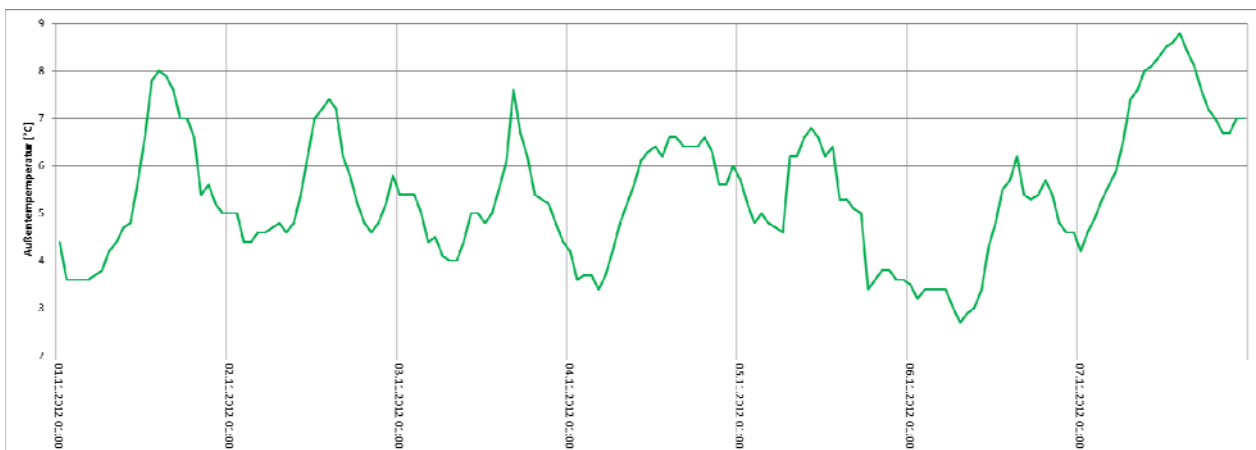


Abbildung 7-2 Mittlere Außentemperaturen Frankfurt.



Bei der Momentanwert-Messungen der RLT-Anlagen gab es einige Schwierigkeiten, das Messgerät an den entsprechenden Stellen anzubringen und die Wirkleistung zu bestimmen. Aus diesem Grund wird in TEK auch mit den Nennleistungen der Anlagen gerechnet. Folgende Werte konnten ermittelt werden:

Magazingebäude alt

- Zuluft: Wirkleistung 20 [kW], Leistungswinkel 1,0 [-], Blindleistung 0,9 [kVar], Scheinleistung 19 [kVA]

Magazingebäude neu

- Zuluft: Wirkleistung 30 [kW], Leistungswinkel 0,91 [-], Blindleistung 13,4 [kVar], Scheinleistung 32 [kVA]
- Abluft: Wirkleistung 18,8 [kW], Leistungswinkel 0,78 [-], Blindleistung 115,9 [kVar], Scheinleistung 25,1 [kVA]

Lesesäle

- Zuluft: Wirkleistung 19 [kW], Leistungswinkel 1,0 [-], Blindleistung 0,2 [kVar], Scheinleistung 19 [kVA]

8 Anhang – Literatur

- [1] Knissel, Jens und Hörner, Michael: Bewertung des Stromeinsatzes in Nicht-Wohngebäuden mit der Teilkennwertmethode; HLH Bd. 56, Dez. 2005, S. 66-70
- [2] VDI 3807-4: VDI 3807-4:2008-08 Energie- und Wasserverbrauchskennwerte für Gebäude, Teilkennwerte elektrische Energie; Beuth Verlag, Berlin 2008
- [3] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand; Berlin, 2009
- [4] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand. Berlin, 2009
- [5] Knissel, Jens: Berechnungsgrundlagen des TEK-Tools; Teilbericht im Rahmen des Forschungsprojekts „Teilenergiekennwerte von Nicht-Wohngebäuden“ (FKZ :03274331J) gefördert vom BMWi/PTJ; Darmstadt 2011
- [6] Institut für Wohnen und Umwelt: Kostenschätzungen durchgeführt im Rahmen des Forschungsprojektes Typologiegestützte Analyseinstrumente für die energetische Bewertung bestehender Nichtwohngebäude; noch nicht veröffentlicht.
- [7] Finanzministerium Baden-Württemberg: Kosten technischer Gebäudeausrüstung. Orientierungswerte für die Planung. 3. Auflage 2008
- [8] Schmidt Reuter: Ermittlung von spezifischen Kosten energiesparender Bauteil-, Beleuchtungs-, Heizungs- und Klimatechnikausführungen bei Nichtwohngebäuden für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zur EnEV 2012. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.). 2012
- [9] Institut für Wohnen und Umwelt: Kosten energierelevanter Bau- und Anlagenteile bei der energetischen Modernisierung von Wohngebäuden. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.). 2012



9 Anhang: Datenerhebung

9.1 Vom Eigentümer zur Verfügung gestellte Unterlagen

Beschreibung	Aktualität (- / 0 / +)	Bemerkung
<input type="checkbox"/> Architektenpläne <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> bemaßte Grundrisse, 1:100 <input checked="" type="checkbox"/> bemaßte Schnitte, 1:100 <input type="checkbox"/> Ansichten 	-	Pläne sind aus dem Baujahr.
<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 	0	Raumbuch teilweise nicht aktuell
<input type="checkbox"/> Technische Unterlagen Gebäudehülle <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Bauteilkatalog <input type="checkbox"/> Sonstiges 		
<input checked="" 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 	-	Anlagenschemata RLT aus dem Baujahr
<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		
<input type="checkbox"/> Technische Unterlagen RLT-Anlagen <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Schemata <input type="checkbox"/> Anlagen- und Funktionsbeschreibung <input type="checkbox"/> Lüftungsgesuch <input type="checkbox"/> Abnahmemessungen <input type="checkbox"/> Darstellung der Versorgungsbereiche im Grundriss 		
<input type="checkbox"/> Technische Unterlagen Beleuchtungsanlage <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Anlagen- und Funktionsbeschreibung <input type="checkbox"/> Darstellung der Versorgungsbereiche im Grundriss 		
<input type="checkbox"/> Wartungsunterlagen <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Verträge <input type="checkbox"/> Protokolle 		
<input type="checkbox"/> Sonstige Unterlagen		

9.2 Annahmen aufgrund fehlender Daten

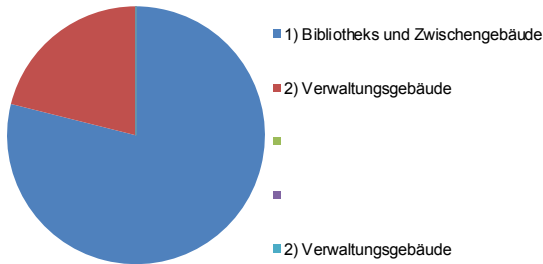
Nr.	Größe	Angenommene Ausprägung	Bemerkung
1	Gebäudehülle		Da Aufbau mit Ausnahme des Dachs nicht bekannt, wurde auf baualtertypische Standardwerte der Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand zurückgegriffen.
2	Modellierung RLT Magazingebäude		Beide Anlagen werden in einer abgebildet: Magazinanlage neu besitzt eine konstante Laufzeit von 8760 h/a. Magazinanlage alt bedarfsabhängig, da durch Frequenzumrichter modifiziert. Regelstrategie ist jedoch nicht eindeutig geklärt. Um Reduktion des Volumenstroms durch Bedarfsregelung abzubilden wurde die Dynamik der Anlage alt zugeordnet: 25 % der Zeit mit 100% der Leistung, 75 % der Zeit mit 33 % der Leistung.
3	Laufzeiten und		Annahmen zu Laufzeiten und Absenkung der RLT-



	Absenkung der RLT-Anlagen		Anlagen getroffen, da Regelstrategie nicht eindeutig geklärt. Durchschnittliche Laufzeit und Absenkung der Laufzeit wurde durch Herrn Weil definiert.
--	---------------------------	--	---

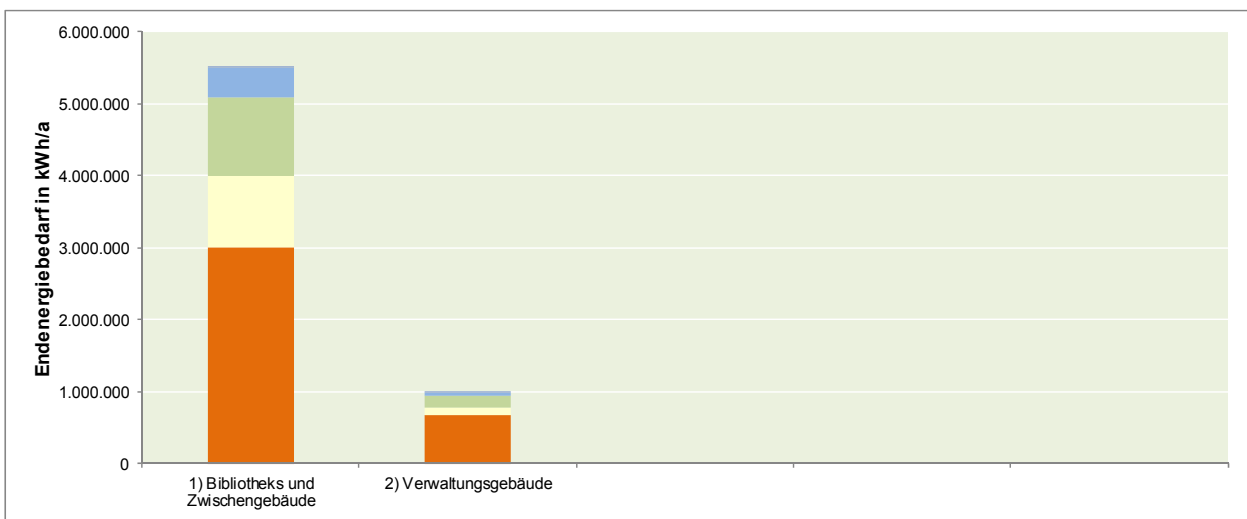
10 Anhang: TEK – Bewertung je Nutzungseinheit

2.1 Flächen der Nutzungseinheiten



	Fläche m ²	Anteil an beh. NGF
1) Bibliotheks und Zwischengebäude	15.444	79%
2) Verwaltungsgebäude	4.127	21%
	19.571	100%

2.2 Endenergiebedarf der Gewerke je Nutzungseinheit



2.3 Teilenergiekennwertbewertung je Nutzungseinheit

Bezeichnung	1) Bibliotheks und Zwischengebäude		2) Verwaltungsgebäude		#WERT!		#WERT!		#WERT!	
	Fläche der Nutzungseinheit	15444 m ²	4127 m ²		TEK-Bew.ert.	PE-Kennwert kWh/(m ² a)	TEK-Bew.ert.	PE-Kennwert kWh/(m ² a)	TEK-Bew.ert.	PE-Kennwert kWh/(m ² a)
Arbeitshilfen	-	Sehr gering	1	Mittel	5	-	-	-	-	-
Dampf	-	0	0	0	0	-	-	-	-	-
Kälte	Sehr hoch	27	Hoch	13	13	-	-	-	-	-
Luftförderung	Sehr hoch	71	Hoch	41	41	-	-	-	-	-
Beleuchtung	Sehr hoch	64	Mittel	23	23	-	-	-	-	-
Warmwasser	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-
Heizung	Hoch	195	Hoch	163	163	-	-	-	-	-

Abbildung 10-1: Bewertung je Nutzungseinheit



11 Anhang: TEK – Bewertung auf Zonenebene

3.1 Heizung

Nr. und Name	Std.-nutzung	Fläche m ²	Nutz.- einheit	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
1) BG-Freihand	29 Bibliothek, F	3.332	1	Hoch	162,3	112,6	1.441	27,8	36,1	770
2) BG-Lesesaal	28 Bibliothek, L	1.887	1	Sehr hoch	301,8	275,3	1.096	30,8	95,5	322
3) BG-Magazin und Depot	30 Bibliothek, M	3.380	1	Hoch	166,4	104,8	1.588	44,0	42,8	1.028
4) BG-Gruppenbüro	02 Gruppenbü	631	1	Hoch	145,1	131,8	1.101	30,7	57,7	531
5) BG-Lager, Technik, Archi	20 Lager, Techn	1.592	1	Mittel	101,7	34,8	2.923	40,1	20,4	1.964
6) BG-Seminar (innenliegend)	04 Sitzung	114	1	Sehr hoch	506,6	425,2	1.192	49,3	161,4	305
7) BG-WC (innenliegend)	16 WC, Sanitär	233	1	Sehr hoch	584,2	412,6	1.416	70,9	155,8	455
8) BG-Verkehrsflächen	19 Verkehrsflä	503	1	Hoch	138,0	58,6	2.356	32,9	14,5	2.269
9) VG-Großraumbüro	03 Großraumb	693	2	Mittel	109,1	106,7	1.023	29,9	76,7	390
10) BG-Magazin und Depot	30 Bibliothek, M	2.449	1	Hoch	185,6	104,4	1.778	44,0	42,8	1.028
11) BG-Serverraum	21 Rechenzen	84	1	Mittel	37,2	35,2	1.058	13,1	31,3	420
12) ZG-Eingangshalle-Freihand	29 Bibliothek, F	995	1	Sehr hoch	321,6	291,7	1.102	27,8	36,1	770
13) VG-Freihand	29 Bibliothek, F	193	2	Mittel	64,4	50,5	1.274	27,8	36,1	770
14) VG-Gruppenbüro	02 Gruppenbü	826	2	Sehr hoch	188,7	112,1	1.684	30,7	57,7	531
15) VG-WC (Fenster)	16 WC, Sanitär	88	2	Hoch	338,0	222,6	1.519	70,9	155,8	455
16) VG-Seminar	04 Sitzung	155	2	Hoch	243,9	205,2	1.188	49,3	161,4	305



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
17) VG-Sonstiger Aufenthalt	17 sonstige Au	143	2	Mittel	136,5	114,7	1.190	33,5	83,3	403
18) VG-Verkehrsflächen	19 Verkehrsflä	257	2	Mittel	86,2	30,5	2.824	32,9	14,5	2.269
19) VG-WC (innenliegend)	16 WC, Sanitä	448	2	Hoch	297,2	204,6	1.453	70,9	155,8	455
20) VG-Lager, Technik, Arcl	20 Lager, Tect	176	2	Mittel	96,3	32,3	2.977	40,1	20,4	1.964
21) Treppenhäuser (Heizkör	19 Verkehrsflä	1.147	2	Sehr hoch	148,3	59,9	2.474	32,9	14,5	2.269
22) BG-Lesesaal (RLT Maga	28 Bibliothek, L	244	1	Hoch	177,2	234,8	755	30,8	95,5	322

Tabelle 11-1: Bewertung auf Zonenebene - Heizung

3.2 Beleuchtung

Nr. und Name	Std.-nutzung	Fläche m ²	Nr. Beleuch- tungsanlage	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
1) BG-Freihand	29 Bibliothek, F	3.332	1	Hoch	45,3	12,1	3.742	16,2	6,1	2.661
2) BG-Lesesaal	28 Bibliothek, L	1.887	2	Sehr hoch	230,5	59,2	3.895	67,7	13,4	5.047
3) BG-Magazin und Depot	30 Bibliothek, M	3.380	9	Sehr hoch	7,1	12,1	584	1,5	3,0	491
4) BG-Gruppenbüro	02 Gruppenbü	631	6	Sehr gering	30,5	12,7	2.394	44,6	15,4	2.898
5) BG-Lager, Technik, Archi	20 Lager, Tech	1.592	9	Hoch	3,8	12,1	314	1,3	3,0	423
6) BG-Seminar (innenliegend)	04 Sitzung	114	3	Gering	46,2	13,5	3.413	60,2	15,6	3.870
7) BG-WC (innenliegend)	16 WC, Sanitä	233	5	Gering	13,5	5,4	2.503	4,9	9,0	549
8) BG-Verkehrsflächen	19 Verkehrsflä	503	7	Mittel	12,6	4,6	2.730	3,4	4,5	749
9) VG-Großraumbüro	03 Großraumb	693	4	Mittel	53,6	20,1	2.668	38,1	11,4	3.340
10) BG-Magazin und Depot (	30 Bibliothek, M	2.449	9	Sehr hoch	8,0	12,1	660	1,7	3,0	562
11) BG-Serverraum	21 Rechenzen	84	9	Gering	20,6	12,1	1.706	19,5	14,6	1.331
12) ZG-Eingangshalle-Freih	29 Bibliothek, F	995	8	Sehr hoch	251,1	59,2	4.244	17,9	6,1	2.938
13) VG-Freihand	29 Bibliothek, F	193	1	Mittel	34,8	12,1	2.879	23,2	6,1	3.808
14) VG-Gruppenbüro	02 Gruppenbü	826	6	Gering	20,2	12,7	1.589	24,8	15,4	1.614
15) VG-WC (Fenster)	16 WC, Sanitä	88	5	Gering	8,1	5,4	1.496	2,9	9,0	321
16) VG-Seminar	04 Sitzung	155	3	Sehr gering	29,9	13,5	2.205	43,2	15,6	2.781



3.2 Beleuchtung

Nr. und Name	Std.-nutzung	Fläche m ²	Nr. Beleuch- tungsanlage	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) VG-Sonstiger Aufenthalt	17 sonstige Au	143	4	Mittel	43,2	20,1	2.151	20,2	9,3	2.166
18) VG-Verkehrsflächen	19 Verkehrsflä	257	7	Mittel	9,0	4,6	1.950	2,8	4,5	618
19) VG-WC (innenliegend)	16 WC, Sanitä	448	6	Mittel	22,8	12,7	1.788	3,5	9,0	392
20) VG-Lager, Technik, Arch	20 Lager, Tech	176	5	Mittel	1,2	5,4	224	0,9	3,0	302
21) Treppenhäuser (Heizkör	19 Verkehrsflä	1.147	7	Mittel	8,2	4,6	1.778	2,2	4,5	487
22) BG-Lesesaal (RLT Maga	28 Bibliothek, L	244	2	Hoch	269,3	59,2	4.550	93,3	13,4	6.957

Tabelle 11-2: Bewertung auf Zonenebene: Beleuchtung

3.3 Luftförderung

Nr. und Name	Std.-nutzung	Fläche m²	Nr. RL- anlage	Ist-Wert Zone (Endenergie)				Vergleichswert - gering		
				TEK-Bewert.	kWh/(m²a)	W/m²	h/a	kWh/(m²a)	W/m²	h/a
1) BG-Freihand	29 Bibliothek, F	3.332	2	Hoch	33,1	6,5	5.096	7,0	1,7	4.200
2) BG-Lesesaal	28 Bibliothek, L	1.887	4	Sehr hoch	200,8	25,3	7.922	28,0	6,7	4.200
3) BG-Magazin und Depot	30 Bibliothek, M	3.380	2	Hoch	49,7	9,8	5.096	10,5	2,5	4.200
4) BG-Gruppenbüro	02 Gruppenbü	631	2	Sehr hoch	66,3	13,0	5.096	10,8	3,3	3.250
5) BG-Lager, Technik, Archi 20 Lager, Tecf		1.592	2	Sehr hoch	2,5	0,5	5.096	0,4	0,1	3.250
6) BG-Seminar (innenliegend) 04 Sitzung		114	2	Sehr hoch	248,6	48,8	5.096	40,6	12,5	3.250
7) BG-WC (innenliegend) 16 WC, Sanitä		233	2	Sehr hoch	248,6	48,8	5.096	40,6	12,5	3.250
8) BG-Verkehrsflächen 19 Verkehrsflä		503	2	Sehr hoch	0,0	0,0	5.096	0,0	0,0	3.250
9) VG-Großraumbüro 03 Großraumb		693	1	Hoch	52,8	7,3	7.224	16,3	5,0	3.250
10) BG-Magazin und Depot (30 Bibliothek, M		2.449	2	Hoch	49,7	9,8	5.096	10,5	2,5	4.200
11) BG-Serverraum 21 Rechenzen		84	2	Mittel	21,5	4,2	5.096	9,5	1,1	8.760
12) ZG-Eingangshalle-Freihand 29 Bibliothek, F		995	3	Sehr hoch	148,5	18,8	7.922	7,0	1,7	4.200
13) VG-Freihand 29 Bibliothek, F		193	1	Mittel	17,6	2,4	7.224	7,0	1,7	4.200
14) VG-Gruppenbüro 02 Gruppenbü		826	1	Hoch	35,2	4,9	7.224	10,8	3,3	3.250
15) VG-WC (Fenster) 16 WC, Sanitä		88	1	Hoch	132,1	18,3	7.224	40,6	12,5	3.250
16) VG-Seminar 04 Sitzung		155	1	Hoch	132,1	18,3	7.224	40,6	12,5	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) VG-Sonstiger Aufenthalt	17 sonstige Au	143	1	Hoch	61,6	8,5	7.224	19,0	5,8	3.250
18) VG-Verkehrsflächen	19 Verkehrsflä	257	1	Hoch	0,0	0,0	7.224	0,0	0,0	3.250
19) VG-WC (innenliegend)	16 WC, Sanitä	448	1	Hoch	132,1	18,3	7.224	40,6	12,5	3.250
20) VG-Lager, Technik, Arch	20 Lager, Tect	176	1	Hoch	1,3	0,2	7.224	0,4	0,1	3.250
21) Treppenhäuser (Heizkör	19 Verkehrsflä	1.147	2	Sehr hoch	0,0	0,0	5.096	0,0	0,0	3.250
22) BG-Lesesaal (RLT Maga	28 Bibliothek, L	244	2	Hoch	132,6	26,0	5.096	28,0	6,7	4.200

Tabelle 11-3: Bewertung auf Zonenebene: Luftförderung

3.4 Kälte

Nr. und Name	Std.-nutzung	Fläche m ²	Nutz.- einheit	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
1) BG-Freihand	29 Bibliothek, F	3.332	1	Sehr hoch	23,9	31,2	767	4,4	8,1	546
2) BG-Lesesaal	28 Bibliothek, L	1.887	1	Sehr hoch	69,0	42,4	1.629	17,8	19,8	901
3) BG-Magazin und Depot	30 Bibliothek, M	3.380	1	Sehr hoch	8,1	13,0	619	1,8	6,1	292
4) BG-Gruppenbüro	02 Gruppenbü	631	1	Mittel	17,4	21,9	796	6,9	12,7	545
5) BG-Lager, Technik, Archi	20 Lager, Tech	1.592	1	Sehr gering	0,5	3,9	134	1,0	4,6	206
6) BG-Seminar (innenliegend)	04 Sitzung	114	1	Sehr hoch	49,9	64,1	778	11,1	25,6	433
7) BG-WC (innenliegend)	16 WC, Sanitä	233	1	Sehr hoch	38,7	47,0	824	6,9	19,7	350
8) BG-Verkehrsflächen	19 Verkehrsflä	503	1	Sehr hoch	10,6	19,6	542	0,3	3,0	110
9) VG-Großraumbüro	03 Großraumb	693	2	Hoch	22,8	21,7	1.051	9,8	16,1	609
10) BG-Magazin und Depot (	30 Bibliothek, M	2.449	1	Sehr hoch	7,6	11,4	668	1,8	6,1	292
11) BG-Serverraum	21 Rechenzen	84	1	Sehr hoch	398,9	45,5	8.760	196,8	24,2	8.142
12) ZG-Eingangshalle-Freih	29 Bibliothek, F	995	1	Sehr hoch	77,0	60,9	1.264	4,4	8,1	546
13) VG-Freihand	29 Bibliothek, F	193	2	Mittel	8,0	10,5	765	4,4	8,1	546
14) VG-Gruppenbüro	02 Gruppenbü	826	2	Mittel	12,0	20,5	588	6,9	12,7	545
15) VG-WC (Fenster)	16 WC, Sanitä	88	2	Hoch	21,8	29,1	748	6,9	19,7	350
16) VG-Seminar	04 Sitzung	155	2	Mittel	27,4	30,1	909	11,1	25,6	433



3.4 Kälte

Nr. und Name	Std.-nutzung	Fläche m ²	Nutz.- einheit	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) VG-Sonstiger Aufenthalt	17 sonstige Au	143	2	Hoch	16,5	16,9	978	6,1	14,6	419
18) VG-Verkehrsflächen	19 Verkehrsflä	257	2	Gering	0,5	3,7	141	0,3	3,0	110
19) VG-WC (innenliegend)	16 WC, Sanitä	448	2	Hoch	21,1	23,4	905	6,9	19,7	350
20) VG-Lager, Technik, Arch	20 Lager, Tect	176	2	Sehr gering	0,3	3,5	90	1,0	4,6	206
21) Treppenhäuser (Heizkör	19 Verkehrsflä	1.147	2	Sehr hoch	5,9	13,2	450	0,3	3,0	110
22) BG-Lesesaal (RLT Maga	28 Bibliothek, L	244	1	Sehr hoch	83,0	50,6	1.639	17,8	19,8	901

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) BG-Freihand	29 Bibliothek, F	3.332	1	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	287
2) BG-Lesesaal	28 Bibliothek, L	1.887	1	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	287
3) BG-Magazin und Depot	30 Bibliothek, M	3.380	1	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	287
4) BG-Gruppenbüro	02 Gruppenbü	631	1	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	222
5) BG-Lager, Technik, Archi	20 Lager, Techn	1.592	1	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	222
6) BG-Seminar (innenliegend)	04 Sitzung	114	1	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	222
7) BG-WC (innenliegend)	16 WC, Sanitär	233	1	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	222
8) BG-Verkehrsflächen	19 Verkehrsflä	503	1	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	222
9) VG-Großraumbüro	03 Großraumb	693	2	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	222
10) BG-Magazin und Depot (	30 Bibliothek, M	2.449	1	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	287
11) BG-Serverraum	21 Rechenzen	84	1	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	599
12) ZG-Eingangshalle-Freih	29 Bibliothek, F	995	1	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	287
13) VG-Freihand	29 Bibliothek, F	193	2	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	287
14) VG-Gruppenbüro	02 Gruppenbü	826	2	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	222
15) VG-WC (Fenster)	16 WC, Sanitär	88	2	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	222
16) VG-Seminar	04 Sitzung	155	2	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	222



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
17) VG-Sonstiger Aufenthalt	17 sonstige Au	143	2	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	222
18) VG-Verkehrsflächen	19 Verkehrsflä	257	2	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	222
19) VG-WC (innenliegend)	16 WC, Sanitä	448	2	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	222
20) VG-Lager, Technik, Arch	20 Lager, Tec	176	2	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	222
21) Treppenhäuser (Heizkör	19 Verkehrsflä	1.147	2	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	222
22) BG-Lesesaal (RLT Maga	28 Bibliothek, L	244	1	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	287

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 m^2_{BTF}/m^2_{NGF}	absolut m^2_{BTF}	W/(m ² K)	-
Außenwand	0,293	5.744	1,44	-
Dach	0,143	2.801	1,67	-
Kellerdecke	0,193	3.771	1,12	-
Fenster O,S,W	0,068	1.323	3,38	0,25
Fenster N	0,050	983	3,38	0,38
Fenster hor.	0,040	778	3,38	0,78
ges. Gebäude	0,787	15.400	1,79	0,42

2.1.2 Mittlere Nutzungseigenschaften	
spez. hyg. Mindestaußenluftvolumenstrom	3,54 m ³ /(m ² h)
Raumsolltemperatur Heizung	22,0 °C
Raumsolltemperatur Kühlung	22,0 °C
Wartungswert der Beleuchtungsstärke	219 Lux
Nutzungszeit	4.276 h/a
Wärmequellen (Personen und Arbeitshilfen)	25 Wh/(m ² d)

2.1.5 Luftförderung	Zuluftvent.	Abluftvent.	
Nennvolumenstrom	160.000	140.000	m ³ /h
Dimensionierungsfaktor	227%	199%	
installierte Leistung	152,82	48,30	kW
spezifische Ventilatorleistung	3,44	1,24	kW/(m ³ s)
Vollbetriebszeit	6329	6119	h/a
Endenergiebedarf	49,4	15,1	kWh/(m ² a)
Primärenergiebedarf	128,5	39,3	kWh/(m ² a)

2.1.6 Wärmeerzeugung Heizung und Warmwasser (zentral + dezentral)	
Nutzenergiebedarf	172,8 kWh/(m ² a)
davon Warmwasser	0,0 kWh/(m ² a)
zusätzliche Verluste Verteilung*	15,4 kWh/(m ² a)
Erzeugernutzwärmeabgabe	188,2 kWh/(m ² a)
Nennleistung (Soll: Heiz. berechnet * 1,3)	3.362 kW
Dimensionierungsfaktor** (nur zentr. Erz.)	0%
Erzeugeraufwandszahl	1,00 -
Endenergie Wärmeerzeugung	188,2 kWh/(m ² a)
davon elektrische Energie	0 %
Primärenergie Wärmeerzeugung	244,7 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	106,9	46,2	-
RLT-Anlage	65,9	30,9	0,0
Summe	173	77	-

	max. Heiz- bzw. Kühllast	
	Heizung	Kälte
	W/m ² _{NGF}	
Raumsystem	59	52
RLT-Anlage	73	39
Summe	132	91

2.1.4 Beleuchtung

installierte Leistung	375 kW
mittlere Bew ertungsleistung	19,1 W/m ²
Vollbetriebszeit	2.885 h/a
Endenergie Beleuchtung	55 kWh/(m ² a)
Primärenergie Beleuchtung	144 kWh/(m ² a)

2.1.7 Kälteerzeugung (zentral + dezentral)

Nutzenergiebedarf	77,0 kWh/(m ² a)
zusätzliche Verluste Übergabe, Verteilung	17,9 kWh/(m ² a)
Erzeugernutzkälteabgabe	94,9 kWh/(m ² a)
maximale thermische Kälteleistung	1.782 kW
Dimensionierungsfaktor*** (nur zentr. Erz.)	14%
Jahreskälteleistungszahl	3,95 -
Endenergie Kälteerzeugung	24,0 kWh/(m ² a)
davon elektrische Energie	100 %
Primärenergieenergie Kälteerzeugung	62,5 kWh/(m ² a)
Endenergie Hilfsenergie Kälte	21,8
Teilkennw ert Kalt-/Kühlw asserverteilung	218,5 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

19.571	m²	Grundfläche aller beheizten Zonen		Konditionierung (1=vorhanden)				Nutzenergie				
19.571	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			19.571					173	188	77	95	
Zone 1	BG-Freihand	29 Bibliothek, F	3.332	2	1 /	1	1 / 1	146,9	162,3	78,2	96,3	
Zone 2	BG-Lesesaal	28 Bibliothek, L	1.887	4	1 /	1	1 / 1	286,4	301,8	222,2	273,7	
Zone 3	BG-Magazin und Depot	30 Bibliothek, M	3.380	2	1 /	1	1 / 1	151,0	166,4	25,0	30,9	
Zone 4	BG-Gruppenbüro	02 Gruppenbü	631	2	1 /	1	1 / 1	129,7	145,1	55,5	68,5	
Zone 5	BG-Lager, Technik, Archiv (in 20 Lager, Tecl	1.592	2	1 /	1	1 / 1	86,3	101,7	1,7	2,0		
Zone 6	BG-Seminar (innenliegend)	04 Sitzung	114	2	1 /	1	1 / 1	491,2	506,6	156,6	193,2	
Zone 7	BG-WC (innenliegend)	16 WC, Sanitär	233	2	1 /	1	1 / 1	568,8	584,2	119,6	147,7	
Zone 8	BG-Verkehrsflächen	19 Verkehrsflä	503	2	1 /	1	1 / 1	122,6	138,0	35,3	43,4	
Zone 9	VG-Großraumbüro	03 Großraumb	693	1	1 /	1	1 / 1	93,7	109,1	73,9	91,0	
Zone 10	BG-Magazin und Depot (inner 30 Bibliothek, M	2.449	2	1 /	1	1 / 1	170,2	185,6	23,5	29,1		
Zone 11	BG-Serverraum	21 Rechenzen	84	2	1 /	1	1 / 1	21,8	37,2	1229,6	1512,4	
Zone 12	ZG-Eingangshalle-Freihand (€ 29 Bibliothek, F	995	3	1 /	1	1 / 1	306,2	321,6	249,0	306,6		
Zone 13	VG-Freihand	29 Bibliothek, F	193	1	1 /	1	1 / 1	49,0	64,4	25,9	31,9	
Zone 14	VG-Gruppenbüro	02 Gruppenbü	826	1	1 /	1	1 / 1	173,3	188,7	38,7	47,6	
Zone 15	VG-WC (Fenster)	16 WC, Sanitär	88	1	1 /	1	1 / 1	322,6	338,0	67,4	83,3	
Zone 16	VG-Seminar	04 Sitzung	155	1	1 /	1	1 / 1	228,5	243,9	86,1	106,2	

1) Flächenbezug: Zonenfläche



2.2.2 Zoneninformationen

19.571 m ² Grundfläche aller beheizten Zonen				Konditionierung (1=vorhanden)			Nutzenergie				
19.571 m ² Grundfläche aller gekühlten Zonen							Heizung		Kälte		
Zonenname	Standard- nutzung	Zonen- fläche m ²	RLT- Anlage Nr	Heizung / Warmwasser	mech. Lüftung	Kälte Befeuchtung	Zone+RLT	Erzeuger	Zone+RLT	Erzeuger	
Kennwerte bezogen auf die gesamte beheizte bzw. gekühlte Fläche		19.571					173	188	77	95	
kWh/(m ² a) ¹											
Zone 17	VG-Sonstiger Aufenthalt	17 sonstige Au	143	1	1 /	1	1 / 1	121,1	136,4	52,6	64,8
Zone 18	VG-Verkehrsflächen	19 Verkehrsflä	257	1	1 /	1	1 / 1	70,8	86,2	1,7	2,2
Zone 19	VG-WC (innenliegend)	16 WC, Sanitär	448	1	1 /	1	1 / 1	281,8	297,2	65,4	80,7
Zone 20	VG-Lager, Technik, Archiv (ir 20 Lager, Tect		176	1	1 /	1	1 / 1	80,9	96,3	1,0	1,2
Zone 21	Treppenhäuser (Heizkörper)	19 Verkehrsflä	1.147	2	1 /	1	1 / 1	132,9	148,3	19,6	24,2
Zone 22	BG-Lesesaal (RLT Magazin)	28 Bibliothek, L	244	2	1 /	1	1 / 1	161,8	177,2	270,7	333,2

1) Flächenbezug: Zonenfläche

Tabelle 12-3: Übersicht Zonen

2.2.3 Beleuchtungsanlagen

19.571 m ² Grundfläche aller belichteten Zonen									
Zonenname	Zonenfläche m ²	Beleuchtungssystem Nr. / Bezeichnung	Beleuchtungsstärke Lux	elektrische Bewertungsleistung			Regelung	Endenergiebedarf kWh/(m ² a) ¹	
Kennwerte bezogen auf die gesamte belichtete Fläche		19.571	223	19	9			55	
Zone 1	BG-Freihand	3.332	1 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	200	12,1	6,0	Lamp. zählen	man.	45
Zone 2	BG-Lesesaal	1.887	2 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	500	59,2	11,8	Lamp. zählen	man.	231
Zone 3	BG-Magazin und Depot	3.380	9 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	100	12,1	12,1	Lamp. zählen	man.	7
Zone 4	BG-Gruppenbüro	631	6 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	500	12,7	2,5	Lamp. zählen	man.	31
Zone 5	BG-Lager, Technik, Archiv (in	1.592	9 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	100	12,1	12,1	Lamp. zählen	man.	4
Zone 6	BG-Seminar (innenliegend)	114	3 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	500	13,5	2,7	Lamp. zählen	man.	46
Zone 7	BG-WC (innenliegend)	233	5 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	200	5,4	2,7	Lamp. zählen	man.	14
Zone 8	BG-Verkehrsflächen	503	7 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	100	4,6	4,6	Lamp. zählen	man.	13
Zone 9	VG-Großraumbüro	693	4 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	500	20,1	4,0	Lamp. zählen	man.	54
Zone 10	BG-Magazin und Depot (inner	2.449	9 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	100	12,1	12,1	Lamp. zählen	man.	8
Zone 11	BG-Serverraum	84	9 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	500	12,1	2,4	Lamp. zählen	man.	21
Zone 12	ZG-Eingangshalle-Freihand (e	995	8 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	200	59,2	29,6	Lamp. zählen	man.	251
Zone 13	VG-Freihand	193	1 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	200	12,1	6,0	Lamp. zählen	man.	35
Zone 14	VG-Gruppenbüro	826	6 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	500	12,7	2,5	Lamp. zählen	man.	20
Zone 15	VG-WC (Fenster)	88	5 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	200	5,4	2,7	Lamp. zählen	man.	8
Zone 16	VG-Seminar	155	3 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	500	13,5	2,7	Lamp. zählen	man.	30

1) Flächenbezug: Zonenfläche



2.2.3 Beleuchtungsanlagen									
19.571	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		19.571	223	19	9			55	
Zone 17	VG-Sonstiger Aufenthalt	143	4 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	300	20,1	6,7	Lamp. zählen	man.	43
Zone 18	VG-Verkehrsflächen	257	7 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	100	4,6	4,6	Lamp. zählen	man.	9
Zone 19	VG-WC (innenliegend)	448	6 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	200	12,7	6,4	Lamp. zählen	man.	23
Zone 20	VG-Lager, Technik, Archiv (ir	176	5 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	100	5,4	5,4	Lamp. zählen	man.	1
Zone 21	Treppenhäuser (Heizkörper)	1.147	7 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	100	4,6	4,6	Lamp. zählen	man.	8
Zone 22	BG-Lesesaal (RLT Magazin)	244	2 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	500	59,2	11,8	Lamp. zählen	man.	269

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		Dimensionie- rungsfaktor ²	spezifische Leistungauf. kW/(m ³ /s)	Endenergie bzw. Anteil kWh/(m ² a)	Teilkennwert 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		19.571			160.000	152,82	140.000	48,30	227%	2,41	64,52	41,43
RLT 1	1 Verwaltungsgebäude	2.980	Hz+Kühlreg.	Sp-r / W) 0,75	20.000	20,17	16.000	3,30	104%	2,35	13%	41,43
RLT 2	2 Bibliotheksgebäude	13.709	Hz+Kühlreg.	Sp-r / W) 0,75	80.000	81,16	72.000	30,00	234%	2,63	45%	41,68
RLT 3	3 Eingangshalle	995	Hz+Kühlreg.	0,75	20.000	14,66	20.000	4,00	1005%	1,68	12%	37,36
RLT 4	4 Lesesäle	1.887	Hz+Kühlreg.	0,75	40.000	36,83	32.000	11,00	265%	2,39	30%	43,06
RLT 5												

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)						
19.571	m ²	Grundfläche aller über zentrale Wärmeerzeuger beheizten Zonen				
0	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			0	1,00	1,00	188
Wärmeerz. 1	Fernwärme	Fernwärme	1997	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				
Split-System - stetig geregelt				
Multi-Split-System - ein/aus				
Multi-Split-System - stetig geregelt	84	9,72	0,26	395,6
VRF-System variabler Kühlmassenstrom				

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

19.571 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			319,0	0,00	0,00	0,0	0,00	22,3
Erz. 1	Kältemaschine Trane Schraul Wassergekühlt - Schraubenverdichter mit Steuerschieber	2001	209,0	4,50	0,95	4,2	0,23	47%
Erz. 2	Kältemaschine York Kolben/Scrollverdichter - ein/aus (bei unbekannt)	1981	110,0	4,00	0,93	4,2	0,27	53%
Erz. 3								

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

Tabelle 12-7: Übersicht Kälteerzeuger