

Energieberatungsbericht zum

Gebäude D, Hochschule RheinMain, Wiesbaden

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

Stand: 09.11.2012

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	Niklas Alsen, Jens Knissel
Dokument	2012_11_26_Standardbericht_Wiesbaden

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

09.11.12 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
4.3 Rechnerische Bilanzierung des Energieaufwandes des Gebäudes	10
4.3.1 Vergleich der Berechnung mit dem gemessenen Verbrauch	10
4.3.2 Berechnete Energiekennwerte	11
5 Gebäudeanalyse über Teilenergiekennwertbewertung	14
6 Modernisierungsempfehlungen	16
6.1 Modernisierungsempfehlung 1: Fenster erneuern.....	16
6.2 Modernisierungsempfehlung 2: Beleuchtung erneuern	17
6.3 Modernisierungsempfehlung 3: Lüftungsanlagen modernisieren	18
6.4 Modernisierungsempfehlung 4: Kombination von ME 1, 2 und 3	19
6.5 Zusammenfassung	19
7 Durchgeführte Messungen	21
7.1 Bestimmung von mittleren Raumtemperaturen	21
7.2 Leistungsmessung von Lüftungsanlagen	21
8 Anhang – Literatur	23
9 Anhang: Datenerhebung	24
9.1 Vom Eigentümer zur Verfügung gestellte Unterlagen	24
9.2 Annahmen aufgrund fehlender Daten.....	25
10 Anhang: Grobauslegung der Luftmengen für ME 3: Lüftung	26
11 Anhang: TEK – Bewertung je Nutzungseinheit	27
12 Anhang: TEK – Bewertung auf Zonenebene	28
13 Anhang: TEK - Kurzdokumentation	39

1 Zusammenfassung

Im vorliegenden Energieberatungsbericht wird das Gebäude D der Hochschule RheinMain mit Hilfe einer Gebäudeanalyse nach dem Verfahren Teilenergiekennwerte von Nicht-Wohngebäuden (TEK) untersucht.

Das Gebäude wurde im Jahr 1993 als Labor- und Bürogebäude des Fachbereichs Architektur und Bauingenieurwesen in Betrieb genommen. Weiterhin sind ein Hörsaal und mehrere Seminarräume im Gebäude integriert. Optische Charakteristika bilden die größtenteils dunkle Eternit-Verkleidung in Kombination mit einer stark geneigten und abgestuften Fassade.



Abbildung 1-1: Nord- und Westansicht auf das Gebäude D

Der Primärenergiebedarf des Objekts beträgt $323 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Unter Berücksichtigung der vorhandenen Nutzung wird dieser Energieaufwand als „mittel“ eingestuft und entspricht damit etwa dem Mittelwert für Bestandsgebäude. Der größte Anteil des gesamten Energieaufwands entfällt auf das Gewerk Heizung (Bewertung „mittel“), gefolgt vom Gewerk Beleuchtung (Bewertung „hoch“). Besonderes Augenmerk sollte jedoch auch auf die Lüftung gelegt werden.

Die berechneten Endenergiekennwerte liegen für Brennstoff bei $126 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ und für elektrische Energie bei $61 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.

Aus den Untersuchungen können folgende Handlungsempfehlungen abgeleitet werden:

- **Modernisierungsempfehlung 1:** Der bauliche Wärmeschutz ist bereits größtenteils auf einem dem Gebäudealter entsprechend hohen Niveau. Die einzige Schwachstelle bilden die isolierverglasten Fenster, bei denen mittelfristig eine Verringerung des U-Werts angestrebt werden sollte. Aus Wirtschaftlichkeitsgründen wird empfohlen, diese erst im Rahmen einer ohnehin notwendigen Erneuerung auszutauschen. Dann sollte allerdings nach Möglichkeit gleich eine Dreifachverglasung mit hochwertigem Rahmen eingesetzt werden.
- **Modernisierungsempfehlung 2:** Die Beleuchtung wird durch eine hohe spezifische Anschlussleistung und eine nicht mehr zeitgemäße Technik charakterisiert. Hier empfiehlt sich in den meisten Fällen die Erneuerung der Beleuchtungsanlagen. Neben einer deutlich geringeren Anschlussleistung führt dabei v.a. der Einsatz von Präsenzmeldern zu Einsparungen.

- Modernisierungsempfehlung 3: Das mit Abstand wirtschaftlichste Einsparpotenzial liegt in der Modernisierung der Lüftungsanlagen. Vor allem wenn im Rahmen einer Detailplanung festgestellt werden sollte, dass in vielen Laboren nicht mit gesundheitsgefährdenden Stoffen gearbeitet wird, kann der derzeitige Luftwechsel deutlich reduziert werden. Dadurch würde neben einer Stromersparnis der Wärmebedarf deutlich verringert werden. Daneben trägt auch der Einsatz einer Wärmerückgewinnung zu einer deutlichen Verringerung der Lüftungswärmeverluste bei.

Im Folgenden ist als Ergebnis der Untersuchung der wirtschaftliche Vergleich der Modernisierungsmaßnahmen aufgelistet. Weitere Informationen dazu können den entsprechenden Kapiteln des vorliegenden Berichts entnommen werden.

Der wirtschaftliche Vergleich (s. Abbildung 1-2) zeigt, dass alle Maßnahmen wirtschaftlich sind. ME 4 beinhaltet die Kombination aller Maßnahmen. Bei den Instandhaltungskosten wurden angenommen, dass diese bei den bestehenden alten Bauteilen und Anlagen doppelt so hoch ausfallen wie bei neuen Bauteilen und Anlagen. Es zeigt sich in ME 4 eine jährliche Einsparung von ca. 55.000 Euro bezogen auf die Gesamtkosten. Der ökologische Vergleich (s. Abbildung 1-3) zeigt die entsprechende Minderung der CO₂-Emissionen um ca. 260 Tonnen pro Jahr.

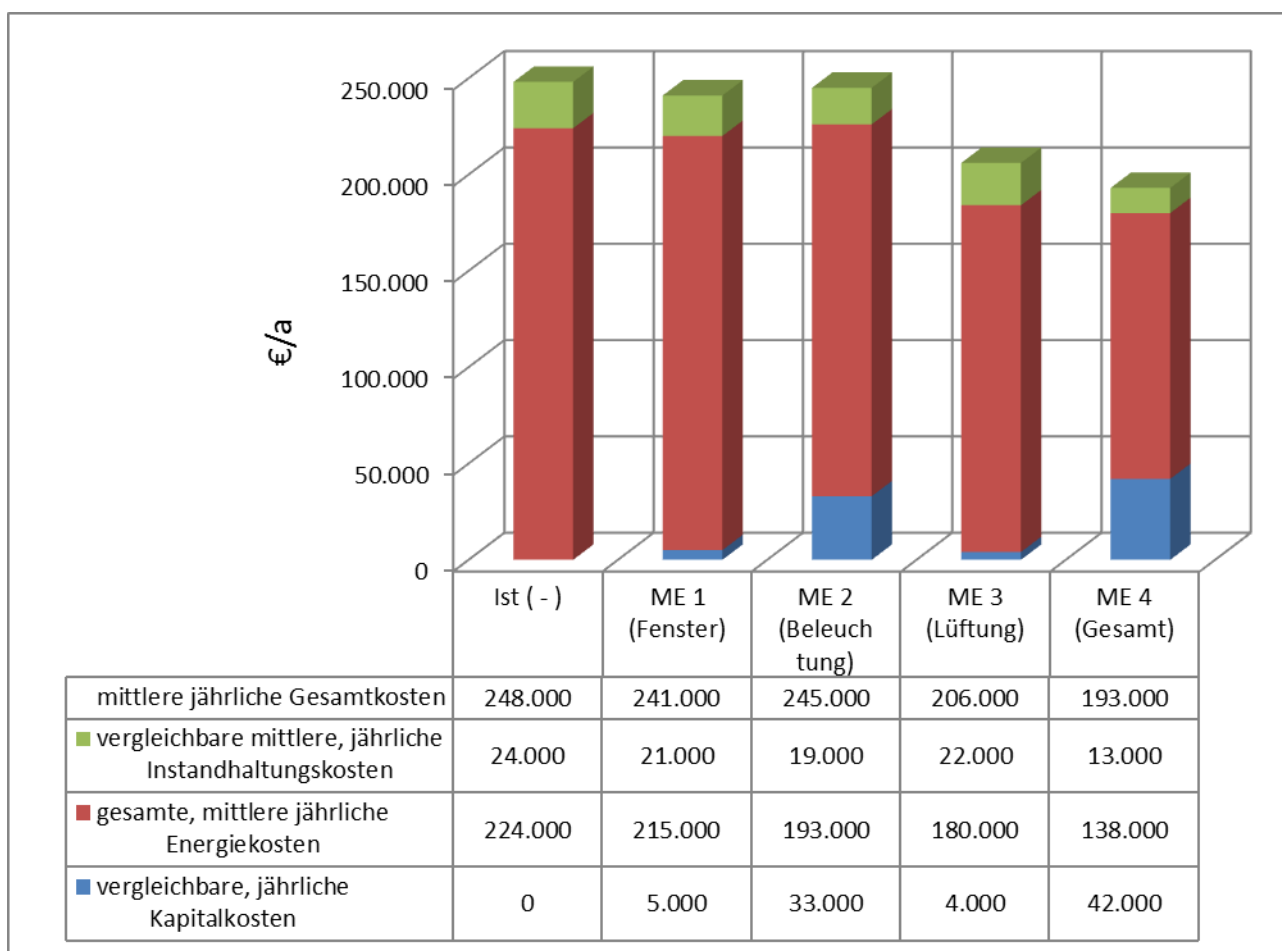


Abbildung 1-2 Vergleich der jährlichen Gesamtkosten der verschiedenen Maßnahmenempfehlungen

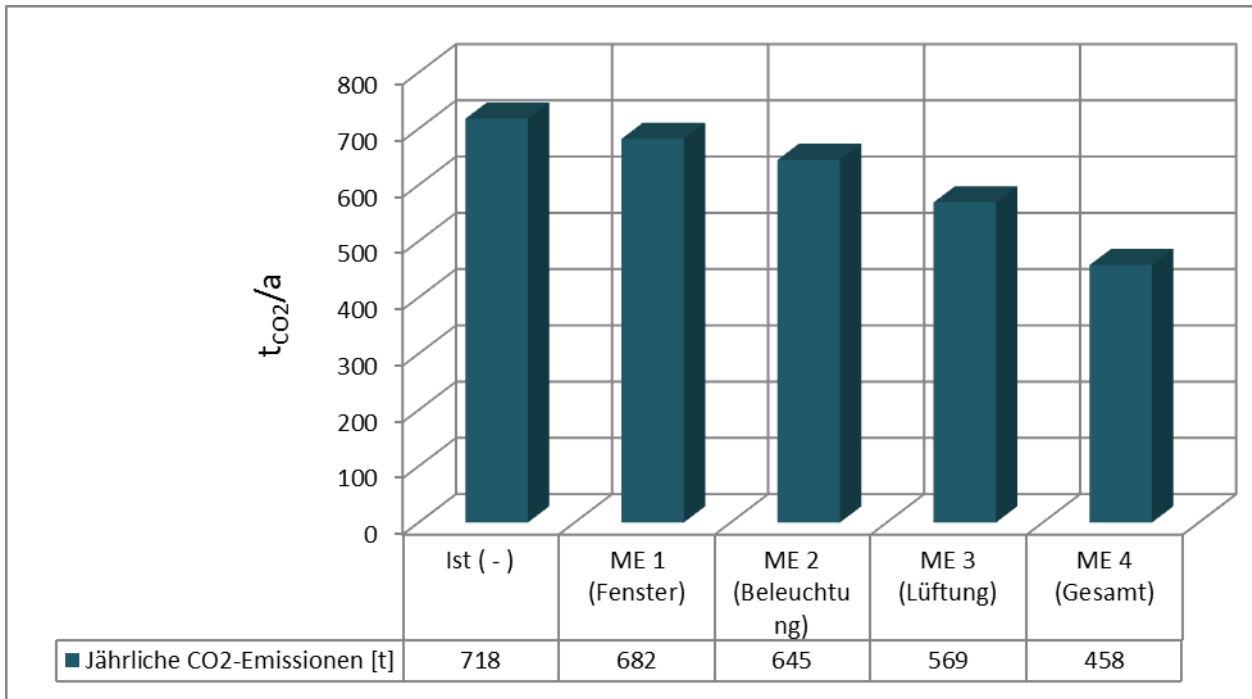


Abbildung 1-3: Vergleich der jährlichen CO₂-Emissionen der verschiedenen Maßnahmenempfehlungen

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:

Hochschule RheinMain – Gebäude D; Kurt-Schumacher-Ring 18; 65197 Wiesbaden

Der folgende Bericht umfasst:

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

3 Projekt- und Gebäudebeschreibung

Das Hochschulgebäude „Gebäude D“ der Hochschule RheinMain am Standort Wiesbaden wurde im Jahre 1993 als Institutsgebäude für Architektur und Bauingenieurwesen in Betrieb genommen. Es besteht aus mehreren Teilgebäuden, die eine unterschiedliche Anzahl an Vollgeschossen und Kellerbereichen besitzen. Der Hauptteil des Gebäudes weist drei Vollgeschosse sowie eine vollständige Unterkellerung auf, wohingegen der westliche und der östliche Gebäudetrakt nur eine teilweise Unterkellerung besitzen.

Das Gebäude D weist eine U-förmige Kubatur auf und wird stark durch die vorhandene Bandfassade und das weit nach unten reichende Dach geprägt. Durch die Dachschrägen vergrößert sich die gesamte Dachfläche und es entstehen vor den jeweiligen Fenstern geschützte Balkonbereiche. In dem Gebäude ist der Fachbereich Architektur und Bauingenieurwesen mit dazugehörigen Forschungslaboren, Werkstätten und Büroräumen angesiedelt. Es gibt einen zentralen Hörsaal im Erdgeschoss sowie mehrere Seminarräume, die sich vorwiegend im zweiten Obergeschoss befinden.

1.1 Allgemeine Projektinformationen		
CO ₂ -neutrale Hochschulen _ Gebäudeanalysen		
Gebäude	Eigentümer	Energieberatung
Gebäude D	Hochschule RheinMain	Universität Kassel
Kurt-Schumacher-Ring 18	Wiesbaden Rüsselsheim Geisenheim	FG Technische Gebäudeausrü
65197 Wiesbaden	Kurt-Schumacher-Ring 18	Gottschalkstraße 28
	65197 Wiesbaden	34127 Kassel



1.2 Allgemeine Gebäudeeigenschaften				
Gebäudekategorie	Hochschulen	en. Qualität Gebäudehülle H_T	0,68 W/(m ² _{BTF} ·K)	
Unterkategorie	Institutsgebäude für Lehre und Forschung	en. Qualität Lüftung H_V	0,63 W/(m ³ /h·K)	
		Fensterant. (oberirdisch)	21 %	
Baujahr Gebäude	1993	Anzahl beheiz. Geschosse	2,9	
Energiebezugsfläche	7.958 m ²	Anzahl der Zonen	22	
davon	künst. belichte	100 %	Anzahl der RLT-Anlagen	12
	mech. belüftet	21 %	Anzahl zentr. Kälteerz.	4
	gekühlt	10 %	Anzahl zentr. Wärmeerz.	1
	befeuchtet	0 %		
A/V-Verhältnis	0,31 m ⁻¹			

Abbildung 3-1: Zusammenfassende Darstellung der wichtigsten Gebäudeeigenschaften

Die Nettogrundfläche (NGF) des Gebäudes beträgt 8461 m². Davon werden 7.958 m² in die Berechnung der Energiebezugsfläche (EBF) einbezogen, welche die Summe der Nettogrundflächen

aller Zonen innerhalb der thermischen Gebäudehülle darstellt. Dabei wird nicht berücksichtigt, ob sie direkt oder indirekt beheizt sind. Die gesamte Nettogrundfläche ist künstlich beleuchtet. Eine mechanische Belüftung findet auf 21% der Energiebezugsfläche hauptsächlich in Laboren und Werkshallen statt. Das A/V-Verhältnis (Fläche zu Volumen) beträgt aufgrund der Bauweise und der Größe des Gebäudes $0,37 \text{ m}^{-1}$.

Der spezifische Transmissionswärmeflusskoeffizient beträgt $H'_T=0,67 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. H'_T quantifiziert die Transmissionswärmeverluste des Gebäudes bezogen auf die Fläche der thermischen Gebäudehülle. Dieser Wert ist für ein Gebäude der Baualtersklasse 1984 – 1994 vergleichsweise gut, was an einem für dieses Baualter gut gedämmten Dach und an einer überdurchschnittlichen Qualität der Außenwände liegt. Die Fenster sind zweischeibenverglast mit Holzrahmen, für die entsprechend des Wärmeschutznachweises aus dem Jahr 1989 ein U-Wert von $2,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ angesetzt wird. Die hinterlüftete Fassade besteht aus einer Betonwand mit einer 8-10 cm starken Dämmung sowie einer Eternitverkleidung und hat einen U-Wert von $0,44 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Das Flachdach besteht ebenfalls aus einer Betonkonstruktion mit Trapezblech und weist zu großen Teilen eine Dachbegrünung auf. Die Wärmedämmung wird hierbei zur Herstellung eines Gefälles genutzt, um Stauwasser zu verhindern und reicht von 5 cm bis 20 cm Dämmdicke. Die geneigten Dachflächen sind in üblicher Sparrenkonstruktion gefertigt und weisen eine Dämmstärke von 8cm auf. Entsprechend des Wärmeschutznachweises beträgt der mittlere U-Wert des Daches $0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. In dem Bereich der MPA-Halle (Materialprüfung) wurde nachträglich eine Abhangdecke unter dem vorhandenen Tragwerk mit einer aufliegenden, 20 cm dicken Mineralwollschicht eingebaut. Durch diese Maßnahme konnte der U-Wert in diesem Bereich des Daches auf $0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ verbessert werden.

Der spezifische Lüftungswärmeflusskoeffizient beträgt $H'_V=0,63 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h K})$. In einem ideal dichten Gebäude würde sich ein Wert von $H'_V = 0,33 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h K})$ ergeben, wenn der hygienische Mindestluftvolumenstrom über Fensterlüftung realisiert wird. Die deutliche Überschreitung dieses Wertes im untersuchten Gebäude kann mit hoch eingestellten Luftvolumenströmen der Lüftungsanlagen ohne den Einsatz von Wärmerückgewinnungsanlagen begründet werden.

Um die unterschiedlichen Nutzungen in dem Berechnungstool TEK adäquat berücksichtigen zu können, wurde das Gebäude in 22 Nutzungszonen eingeteilt. Der Nutzungsschwerpunkt des Gebäudes liegt im Forschungsbereich. Dementsprechend sind viele Laborräume zu finden, die unterschiedlichen Ansprüchen genügen müssen. Der Luftvolumenstrom der Labore wird daher überwiegend über Zu- und Abluftanlagen geregelt. Um die Situationen in den einzelnen Laborräumen detailliert wiedergeben zu können, werden die 12 vorhandenen RLT-Anlagen in separaten Zonen betrachtet. Ebenfalls Berücksichtigung finden die vier installierten Kältemaschinen. Das Gebäude wird durch die Anbindung an ein Nahwärmenetz mit Wärme versorgt.

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. Nahwärme (im Weiteren vereinfacht als Brennstoff bezeichnet) sowie für elektrische Energie den Vergleichswerten der EnEV 2009 für bestehende Gebäude [3] gegenübergestellt (Abschnitt 4.1). Nach dieser ersten Grobbewertung erfolgt eine Bewertung der Effizienz auf der Grundlage einer Bilanzberechnung (Abschnitt 4.3). 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 Gebäudehauptzählers für den Zeitraum von 2007 bis 2011. Die Daten wurden einer Klimabereinigung gemäß [3] unterzogen. Die Verbrauchswerte in den Jahren 2007 bis 2010 weisen ähnliche Verbrauchsprofile auf. Im Jahr 2008 sind nur bis April Messwerte vorhanden, daher werden diese Werte nicht im Benchmarking verwendet. Ab dem Herbst 2011 sind die Messwerte so gering, dass dies nur mit einer fehlerbehafteten Messung des Gebäudehauptzählers erklärt werden kann. Aus diesem Grund finden nur die Jahre 2007, 2009 und 2010 im Benchmarking Berücksichtigung.

Elektrische Energie: Monatliche Verbrauchsdaten des Gebäudehauptzählers für den Zeitraum von 2007 bis 2011. Auffällig bei den Monatsverbräuchen sind die Jahre 2008 sowie 2011. Für das Jahr 2008 stand uns nur eine unvollständige Verbrauchsdaten zur Verfügung und konnten somit nicht in der Betrachtung des Benchmarkings berücksichtigt werden. Das Jahr 2011 weist ab September von den anderen Jahresmessungen abweichende Werte auf, die vermutlich auf neu in Betrieb genommene Großverbraucher in Laboren zurückzuführen sind.¹ Wegen der großen Abweichung wurde dieses Jahr ebenfalls nicht in das Benchmarking mit einbezogen.

Abbildung 4-1 und 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 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 %.

¹ Da die Verbrauchswerte sehr gering sind (s. unten) wäre es auch denkbar, dass die Zähler bis dahin defekt waren und erst ab 09/2011 korrekte Werte liefern. Diese Möglichkeit konnte in diesem Rahmen nicht näher untersucht werden.

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

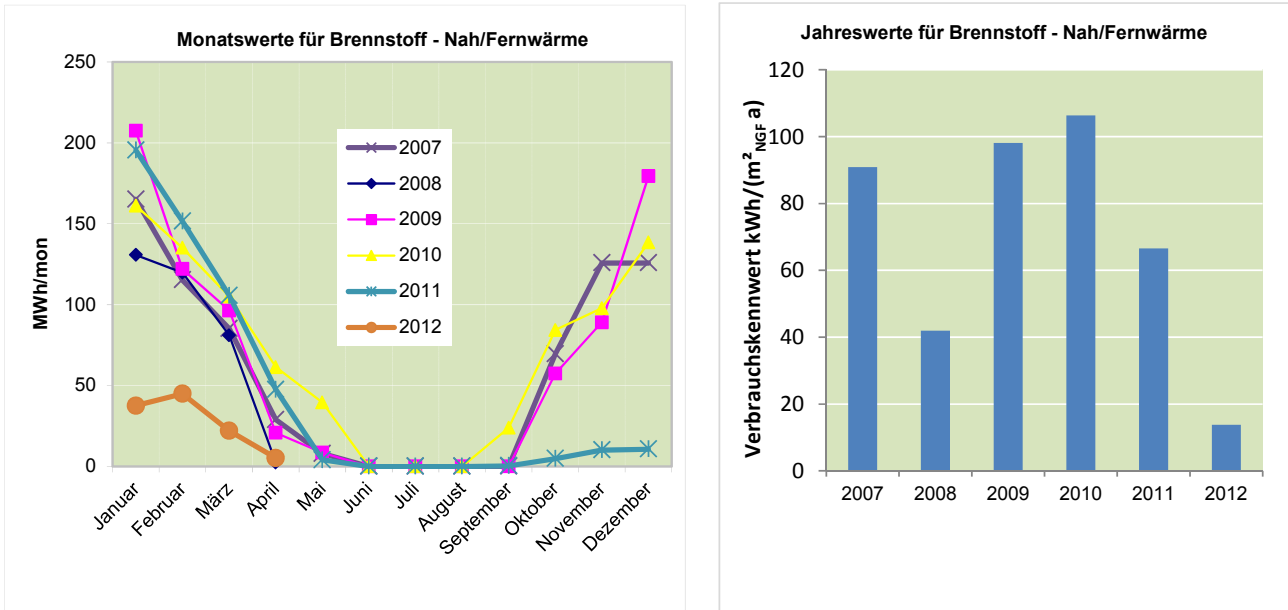


Abbildung 4-1: Witterungsbereinigte Monats- und Jahresverbräuche für Brennstoff bzw. Nah-/Fernwärme der letzten 6 Jahre)

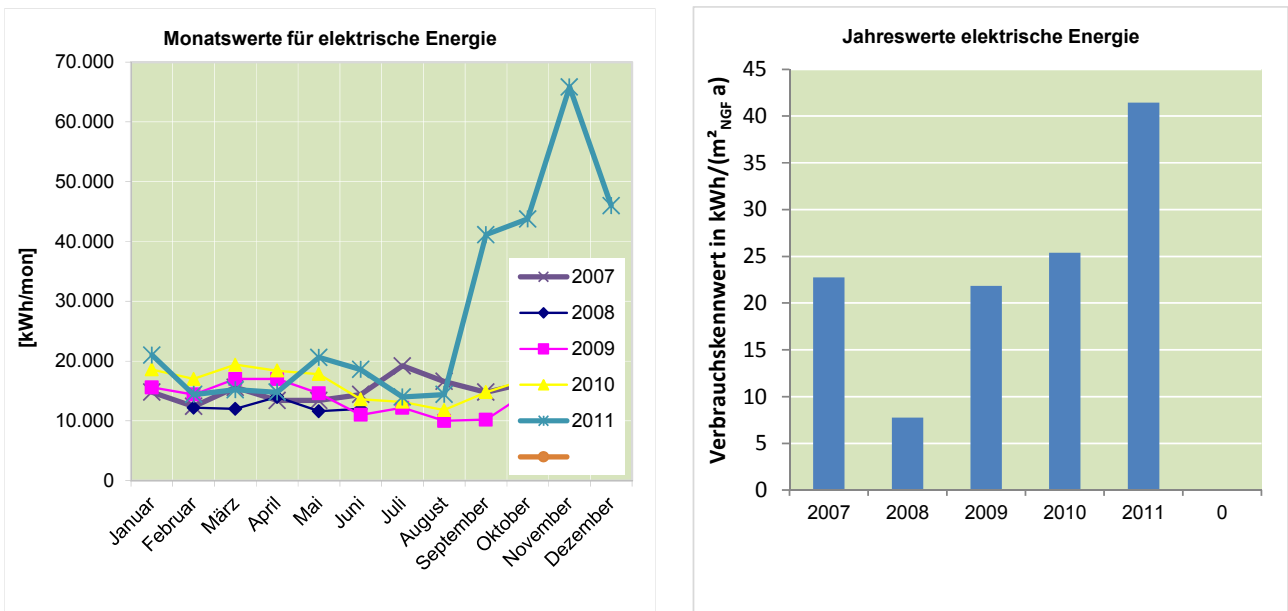


Abbildung 4-2: Monatsverbräuche elektrischer Energie der letzten 5 Jahre

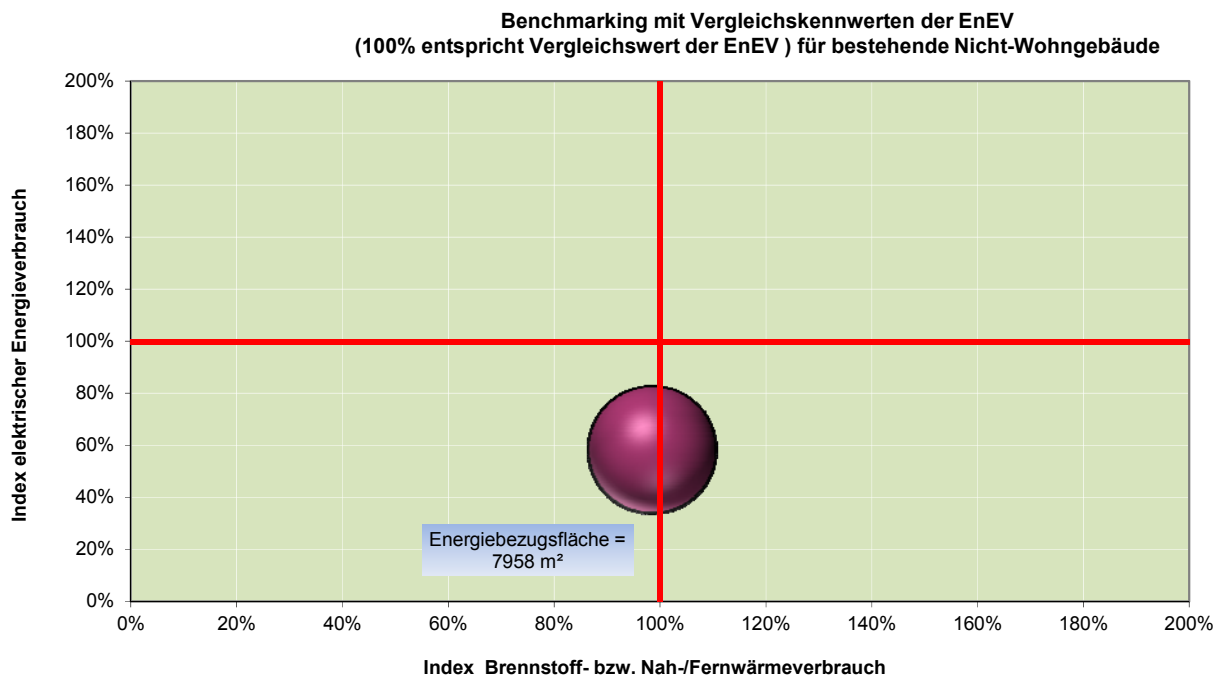


Abbildung 4-3: Bewertung des gemessenen Energieverbrauchs durch Vergleich mit den Referenzwerten der [Bekanntmachung 2009] (entsprechend dem Wert 100 %)

Das Gebäude D wurde aufgrund der Nutzung in zwei unterschiedliche Gebäudekategorien nach den o.g. Bekanntmachungen des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung [3] eingeteilt. 50% der Nettogrundfläche wird der Gebäudekategorie Institutsgebäude I, dem Fachgebiet Architektur zugeordnet. Die andere Hälfte steht dem Fachgebiet Bauingenieurwesen, was der Gebäudekategorie Institutsgebäude II entspricht, für Forschungs- und Laborflächen zur Verfügung. Für das Benchmarking wurden die Vergleichswerte aller gewählten Gebäudekategorien über den Flächenanteil gewichtet, um einen übergreifenden Vergleichswert zu erhalten.

Wie die Abbildung 4-3 zeigt, liegt das untersuchte Hochschulgebäude in Bezug auf den „Index elektrischer Energieverbrauch“ deutlich unterhalb des Vergleichskennwerts der EnEV. Der Vergleich mit dem „Index Brennstoff- bzw. Nah-/Fernwärmeverbrauch“ entspricht dem Vergleichskennwerten der EnEV:

- Der elektrische Energieverbrauch des Gebäudes liegt mit 58% deutlich unterhalb des Vergleichswertes der EnEV 2009. Der geringe Stromverbrauch könnte auf einen Messfehler der Stromzähler zurückzuführen sein, da auch der berechnete Bedarf deutlich von den gemessenen Werten abweicht (s.u.).
- Der Fernwärmeverbrauch des Hochschulgebäudes entspricht mit 98% in etwa dem Vergleichswert der EnEV 2009.

Zusammengefasst handelt es sich bei dem Hochschulgebäude um ein Gebäude mit deutlich unterdurchschnittlichem elektrischen Energie-, und durchschnittlichem Wärmeverbrauch. Es bleibt anzumerken, dass die Verlässlichkeit der Zähler validiert werden sollte.

4.2 Lastganganalysen

Sowohl der Wärme- als auch der Stromzähler sind keine abrechnungsrelevanten Zähler für die Hochschule. Daher können von Seiten der Energieversorger keine Lastgänge zur Verfügung gestellt werden. Die Hochschule entwickelt derzeit ein Energiemonitoringsystem, welches zum Zeitpunkt der Datenaufnahme jedoch noch keine brauchbaren Daten liefern konnte. Lastganganalysen werden im Rahmen dieses Berichts daher nicht durchgeführt.

4.3 Rechnerische Bilanzierung des Energieaufwandes des Gebäudes

Um die Struktur des Energieverbrauchs des Gebäudes zu analysieren und Schwachstellen zu identifizieren, wird dieser über eine Energiebilanzberechnung nachvollzogen. Die Berechnung wird in Anlehnung an die DIN V 18599 durchgeführt, wobei unterschiedliche Vereinfachungen und Modifikationen bei der Berechnung vorgenommen wurden [4]. Eine Dokumentation der wichtigsten Eigenschaften und Randbedingungen des Berechnungsmodells ist im Abschnitt 13 zu finden.

4.3.1 Vergleich der Berechnung mit dem gemessenen Verbrauch

Um zu überprüfen, wie gut das Berechnungsmodell den tatsächlichen Verbrauch des Gebäudes abbildet, werden zunächst in Abbildung 4-4 die berechneten Energiebedarfskennwerte den gemessenen Energieverbrauchskennwerten auf Endenergieebene gegenübergestellt. 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 $f_{b/v}$.

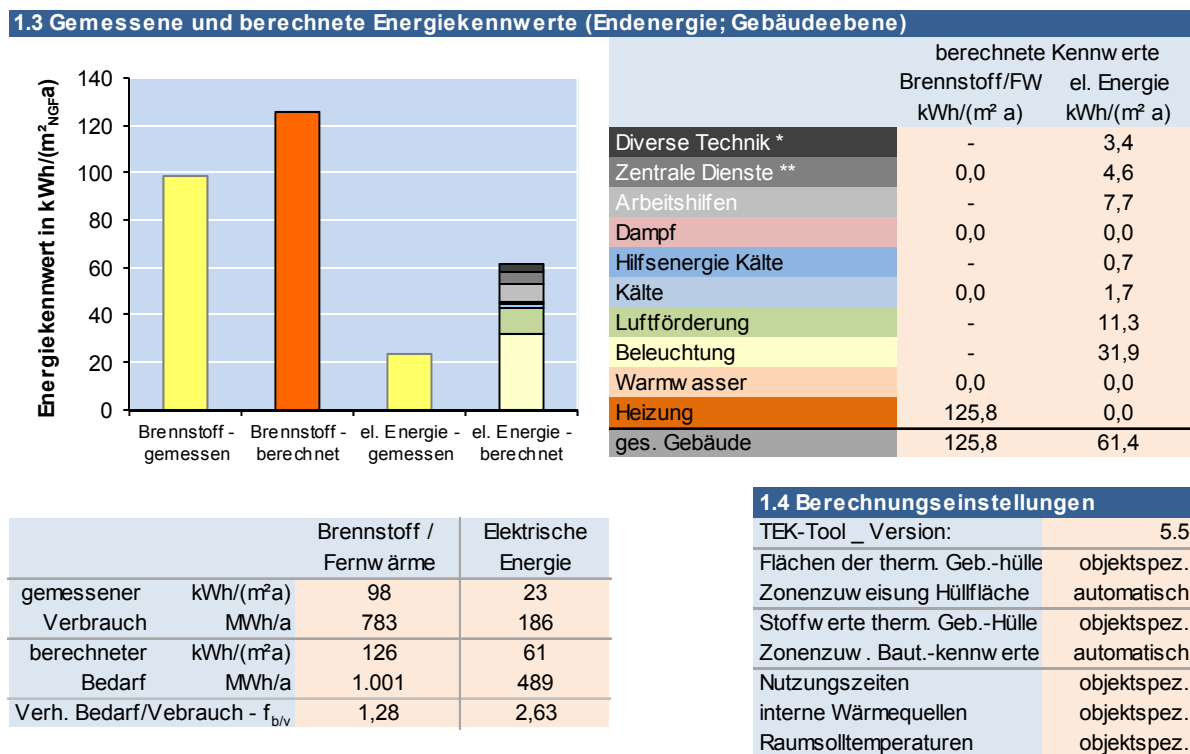


Abbildung 4-4: Vergleich von gemessenem Verbrauch und berechnetem Bedarf

Es zeigt sich sowohl beim Endenergiebedarf der berechneten Wärmemenge als auch beim Endenergiebedarf des berechneten Stroms eine deutliche Abweichung vom gemessenen Verbrauch. Der Bedarf ist 28% bzw. 163% größer als der Verbrauch. Die geringen Verbrauchswerte verwundern angesichts der vor Ort aufgenommenen Bau- und Anlagentechnik. Denkbare Erklärungen können fehlerbehaftete Zähler oder zum Teil nicht passende Standardwerte in den Nutzungsprofilen der DIN V 18599 sein.

Auffällig ist vor allem, dass allein der Strombedarf der Beleuchtung größer als der Stromverbrauch des gesamten Gebäudes ist. Es erscheint den Autoren unwahrscheinlich, dass diese Diskrepanz allein auf unstimmmige Nutzungsprofile zurückzuführen ist, sodass ein Messfehler vermutet wird.

4.3.2 Berechnete Energiekennwerte

Auf der Grundlage der Energiebilanzberechnung wird in Tabelle 4-1 und Abbildung 4-5 die Entwicklung des Energiebedarfs von der Nutzenergie über die Endenergie (unterschieden nach Brennstoff und elektrischer Energie) bis zur Primärenergie für die unterschiedlichen Gewerke (Heizung bis Diverse Technik) dargestellt. 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	el. Energie		
	kWh/(m ² a)					
Heizung	105,8	125,8	125,8	0,0	163,6	51,4
Warmwasser	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Beleuchtung	-	-	-	31,9	83,0	20,2
Luftförderung	-	-	-	11,3	29,4	7,2
Kälte	5,6	7,0	0,0	1,7	4,5	1,1
Hilfsenergie Kälte	-	-	-	0,7	1,8	0,4
Dampf	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0
Arbeitshilfen	-	-	-	7,7	20,0	4,9
Zentrale Dienste	-	-	0,0	4,6	12,0	2,9
Diverse Technik	-	-	-	3,4	9,0	2,2
gesamt	111,4	132,8	125,8	61,4	323,2	90,2

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

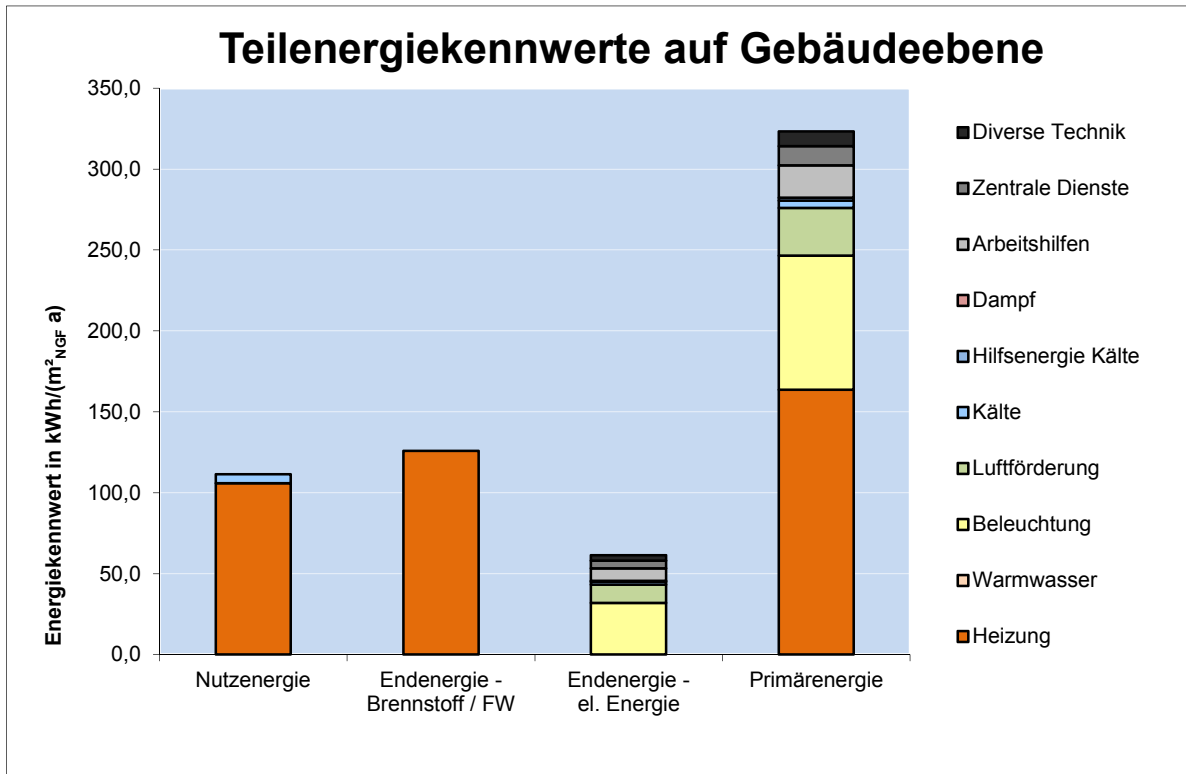


Abbildung 4-5: Teilenergiekennwerte für den Ist-Zustand

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

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

(siehe [4]) ist in Abbildung 4-6 dargestellt.

Bei der Teilenergiekennwertbewertung werden die Energiebedarfe der Gewerke auf Zonenebene mit typischen tabellierten Teilenergiekennwerten verglichen (siehe Abschnitt 12). Diese Bewertung wird von der Zonenebene (Abschnitt 12) über die Nutzungseinheit (Abschnitt 11) bis auf die Gebäudeebene aggregiert (siehe Abbildung 4-6). Die gewerkebezogene Bewertung auf Gebäudeebene wird dann zu einer Gesamtbewertung des Gebäudes zusammengefasst. Ausgeklammert bei dieser Bewertung werden die Gewerke „Zentrale Dienste“ und „Diverse Technik“, da für diese beiden keine sinnvollen Benchmarks gebildet werden können.

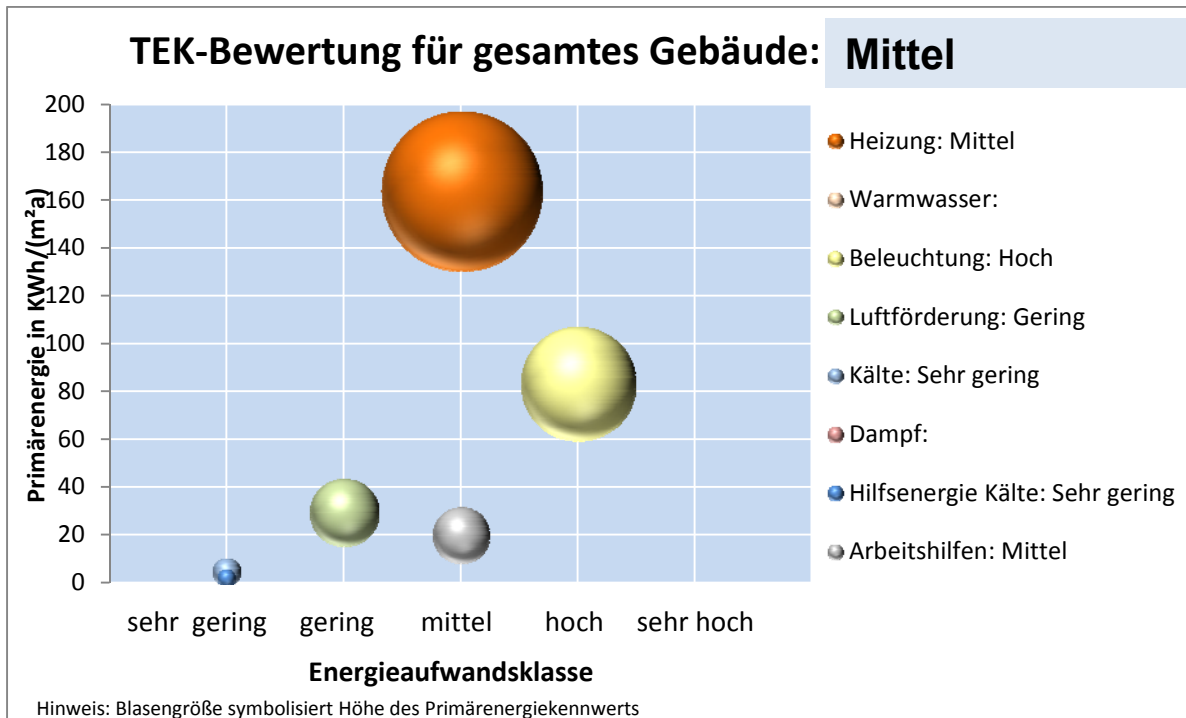


Abbildung 4-6: Beitrag der Gewerke zum Gesamtprimärenergiebedarf des Gebäudes und TEK-Effizienzbewertung

Gesamtes Gebäude

Der Primärenergiebedarf für das Gebäude beträgt 323 kWh/(m²a) und wird als „mittel“ eingestuft. Diese Gesamtbewertung entsteht durch die als „mittel“ bewerteten Energieaufwände für Heizung und Arbeitshilfen sowie die mit „hoch“ bewertete Beleuchtung.

Heizung:

Die Heizung des Gebäudes liefert mit 164 kWh/(m²a) den größten Anteil am Primärenergiebedarf und wird als „mittel“ bewertet. Die mittlere Bewertung des Primärenergiebedarfs ergibt sich hauptsächlich aus den schlechten U-Werten der isolierverglasten Fenster und der fehlenden Wärmerückgewinnung beim Einsatz von Lüftungsanlagen.

Beleuchtung:

Der Primärenergiebedarf der Beleuchtung beträgt 83 kWh/(m²a) und wird wegen der Verwendung von Leuchtstofflampen mit ineffizienten konventionellen Vorschaltgeräten und teils hohen installierten Leistungen „hoch“ eingeschätzt.

Luftförderung:

Der Primärenergiebedarf der Luftförderung beträgt 29 kWh/(m²a). Er wird als „gering“ ausgewiesen. Die gute Bewertung resultiert trotz älterer Technik daraus, dass die Betriebszeiten der Lüftungsanlagen gut eingestellt sind.

Kälte:

Der Primärenergiebedarf der Kälte beläuft sich inklusive des Hilfsenergieeinsatzes auf ca. 6 kWh/(m²a) und wird trotz der größtenteils alten Technik „sehr gering“ eingestuft. Die Berechnung des Kältebedarfs ist in TEK allerdings mit Unsicherheiten verbunden, da z.B. bei den internen Lasten von Laboren nur mit Standardwerten gearbeitet wird.

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 werden in Abschnitt 6 näher untersucht.

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

Lfd.	Kostengruppe DIN 276	Maßnahmenbeschreibung	Wichtigkeit	Bemerkungen
Nr.	Nr. Bezeichnung		(von 1 bis 5)	
1	334 Außentüren und -fenster	Austausch der Fenster	3) wichtig	erst wirtschaftlich nach ohnehin erforderlicher Fenstererneuerung
2	445 Beleuchtungsanlagen	Erneuerung der Leuchtmittel	3) wichtig	Erneuerung der Beleuchtung mit arbeitsbereichsbezogener Auslegung
3	445 Beleuchtungsanlagen	Beleuchtungssteuerung	3) wichtig	Installation einer präsenzabhängigen Steuerung der Beleuchtungsanlage
4	431 Lüftungsanlagen	Lüftungsmodernisierung	4) dringend	Anpassung der Volumenströme an den Bedarf
5	431 Lüftungsanlagen	Installation WRG	4) wichtig	Einbau einer Wärmerückgewinnungsanlage
6	422 Wärmeverteilstetze	Hydraulischer Abgleich und Pumpenaustausch	3) wichtig	Heizkurven und Pumpeneinstellungen überprüfen
7	489 Gebäudeautomation, sonstiges	Heizung nachts und an Sonn- und Feiertagen abschalten	3) wichtig	
8	363 Dachbeläge	Dämmung Dach	2) empfohlen	bei anstehenden Sanierungen

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 5 Einzelmaßnahmen bzw. 3 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. Die Ergebnisse der wirtschaftlichen Bewertung werden anschließend in Abschnitt 6.5 zusammengefasst.

6.1 Modernisierungsempfehlung 1: Fenster erneuern

Der größte Energieaufwand entsteht im Gebäude D durch die Beheizung. Es ist daher wichtig, Maßnahmen zur Verringerung dieses Energiebedarfs durchzuführen.

Der erste Ansatz ist i.d.R. die Bedarfsreduktion durch Dämmmaßnahmen wie der Dämmung von Wänden, Fenstern und Dächern. Ergänzend können anlagentechnische Maßnahmen zur Verringerung von Verlusten durch die Wärmeerzeugung, -verteilung und -übergabe durchgeführt werden. Dämmmaßnahmen sind allerdings vor allem dann wirtschaftlich, wenn sowieso Arbeiten an einem betroffenen Bauteil durchgeführt werden müssen. Das gilt insbesondere, wenn dieses bereits einen leicht erhöhten energetischen Standard aufweist. Da das Gebäude erst 1993 erbaut wurde, weisen die meisten Bauteile einen vergleichsweise guten U-Wert auf. Einzig die energetische Qualität der Fenster entspricht mit einem U-Wert von $2,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ nicht mehr dem aktuellen Stand der Technik.

Im Rahmen der hier vorgestellten Modernisierungsempfehlung wird im Folgenden berechnet, wie sich der Energieverbrauch verringert, wenn im Zuge von Instandhaltungsmaßnahmen alle Fenster gegen neue Fenster mit Dreifachverglasung ausgetauscht werden. Bei einer rein ökonomischen Sichtweise sollte diese Maßnahme erst durchgeführt werden, wenn die bestehenden Fenster das Ende ihrer technischen Lebensdauer erreicht haben. Es werden Mehrkosten gegenüber einer Standardverglasung von 53 Euro/m² angenommen [10].

Anlagentechnisch sind weitere Möglichkeiten zur Verringerung des Wärmebedarfs denkbar. So kann vor allem mit dem Einsatz einer Wärmerückgewinnung im Bereich der Lüftungsanlagen (s. Abschnitt 6.3), aber auch über einen hydraulischen Abgleich des Heizungssystems der Wärmebedarf reduziert werden. Durch letzteres würde auch Pumpenenergie gespart und die Rücklauf-temperatur gesenkt werden. Im gleichen Zuge wäre der Austausch der bisher ungeregelten Heizungspumpen gegen moderne Hocheffizienzpumpen anzuraten. Die Kombination von hydraulischem Abgleich und Pumpenaustausch bietet den Vorteil, dass auch die Förderhöhe der Pumpe und die benötigte Vorlauftemperatur neu ausgelegt werden. Hinsichtlich der Regelung des Heizungssystems könnten zusätzlich Heizenergie und Pumpenstrom eingespart werden, indem in der Nacht und an Sonn- und Feiertagen die Heizung nicht nur im reduzierten Betrieb gefahren, sondern ganz abgeschaltet wird (Frostschutz beachten). Im Rahmen des Fenstertausches wäre es zudem möglich, eine Dichtheitsprüfung des Gebäudes durchzuführen, um eventuell vorhandene

Leckagen identifizieren und somit den Wärmebedarf senken zu können. Diese Maßnahmenempfehlungen sind nicht Teil der Wirtschaftlichkeitsberechnung.

Lfd. Nr.	Kostengruppe DIN 276 Nr. Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung	Wichtigkeit (von 1 bis 5)	Bemerkungen
1	334 Außentüren und -fenster	Austausch der Fenster	3) wichtig	erst wirtschaftlich nach ohnehin erforderlicher Fenstererneuerung

Abbildung 6-1: Modernisierungsempfehlung 1

6.2 Modernisierungsempfehlung 2: Beleuchtung erneuern

Die Beleuchtung des Gebäudes besteht hauptsächlich aus stabförmigen T8-Leuchtstofflampen in Verbindung mit konventionellen Vorschaltgeräten, einer nicht mehr zeitgemäßen Technik. Die installierten Leistungen fallen v.a. in Fluren, Büros und Laboren vergleichsweise hoch aus. Eine aktive Regelung der Beleuchtung, z.B. durch tageslichtabhängige Regelung oder Präsenzmelder, ist nicht vorhanden.

Ein großes Einsparpotenzial in der Beleuchtungstechnik besteht in der Umsetzung eines arbeitsbereichsbezogenen Beleuchtungskonzeptes und dem Austausch der T8-Lampen durch T5-Lampen zusammen mit dem Einbau elektronischer Vorschaltgeräte. Dadurch wird die Beleuchtung zielgerichteter eingesetzt und basiert auf einer effizienten Technik.

Besonders in Verkehrsflächen, aber auch in Büros, Laboren und Seminarräumen ist die installierte spezifische Leistung hoch. Hier wird eine Erneuerung der Beleuchtungsanlage empfohlen. 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 teilweise eine deutliche Leistungsreduzierung. Es ist wahrscheinlich, dass bei bekannter Möblierung mit einer arbeitsbereichsbezogenen Auslegung der Beleuchtung nach DIN 5035-7 die installierten Leistungen gegenüber den Standardwerten der DIN V 18599 noch weiter gesenkt werden könnten, was zu weiteren Einsparungen führen würde.

Für die Umsetzung dieser Maßnahme wären zwei Varianten denkbar. In Variante 1 werden zur Regelung von allen neuen Beleuchtungsanlagen Präsenzmelder eingesetzt. Die Investitionskosten für die Wirtschaftlichkeitsberechnung belaufen sich bei der dieser Variante auf rund 312.000€ [6]. In Bereichen mit hinreichender Tageslichtversorgung bietet sich in einer zweiten Variante darüber hinaus der Einsatz einer tageslichtabhängigen Regelung an. Die Kosten mit präsenz- und tageslichtgesteuertem Betrieb liegen bei rd. 370.000€ [6].

Da sich die Variante mit tageslichtabhängiger Regelung bei den gegebenen Kosten als nicht wirtschaftlich dargestellt hat, wird der Einsatz an dieser Stelle nicht empfohlen, obwohl es zu einer größeren Energieeinsparung führen würde. Die Mehrkosten sollten jedoch im Rahmen der Umsetzung erneut überprüft werden.

Lfd. Nr.	Kostengruppe DIN 276 Nr. Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung	Bemerkungen
2	445 Beleuchtungsanlagen	Erneuerung der Leuchtmittel	Erneuerung der Beleuchtung mit arbeitsbereichsbezogener Auslegung
3	445 Beleuchtungsanlagen	Beleuchtungssteuerung	Installation einer präsenzabhängigen Steuerung der Beleuchtungsanlage

Abbildung 6-2: Modernisierungsempfehlung 2

6.3 Modernisierungsempfehlung 3: Lüftungsanlagen modernisieren

Im Gebäude D sind 14 Lüftungsanlagen installiert. Davon versorgen 12 Anlagen diverse Labore mit Außenluft. Eine Anlage dient außerdem zur Belüftung des Hörsaals und eine weitere als Abluftventilator für Sanitarräume.

Die Lüftungsanlagen scheinen trotz ihres Alters von ca. 20 Jahren noch voll funktionsfähig zu sein. Auch werden sie hinsichtlich der Betriebszeiten in einem sinnvollen Maß betrieben.

Aus energetischer Sicht entsprechen sie jedoch nicht mehr dem Stand der Technik: Einerseits ist keine Wärmerückgewinnung installiert und andererseits sind die Luftmengen in vielen Fällen sehr großzügig ausgelegt. So wird in Deutschland der Luftbedarf für Labore von der DIN 1946-7 vorgegeben. Labore sind im Sinne der Norm „Räume, in denen Tätigkeiten mit Gefahrenstoffen oder gesundheitsgefährdenden Stoffen und Agentien verrichtet werden“. Für diese Räume ist ein Abluftvolumenstrom von mindestens 25 m³/h je m² Nettogrundfläche vorgegeben. Bei sieben der Anlagen wird diese hohe Anforderung – zum Teil um ein Vielfaches – überschritten.

Da in vielen Laboren vermutlich nicht mit Gefahrenstoffen gearbeitet wird, sollte im Normalfall ein geringerer Volumenstrom als nach DIN 1946-7 gewählt werden.

Ein modernes Lüftungskonzept könnte folgende Elemente aufweisen:

- Ventilatoren mit direkt gekoppelten EC-Motoren
- Wärmerückgewinnung
- Regelung der Volumenströme nach dem tatsächlichen Bedarf
- Bedarfstaster für einen zeitlich befristet höheren Luftwechsel

Der erforderliche Außenluftvolumenstrom sollte sorgfältig mit einem Lüftungsplaner abgestimmt werden, da diese Kenngröße für den Energiebedarf sehr bedeutend ist. Wichtig wäre zudem eine gewisse Flexibilität, um auf zukünftige Nutzungsänderungen adäquat reagieren zu können.

Um das Einsparpotenzial im Rahmen dieses Berichts aufzuzeigen, wird in der TEK-Berechnung eine rein personenbezogene Auslegung der Labore nach DIN EN 15251 durchgeführt (Kategorie II). Angenommen wird dazu eine Personenbelegung von 4 Personen je Laborraum und ein nicht schadstoffarmes Gebäude. In der Praxis ist dies nur in Laborräumen möglich, in denen nicht mit Gefahrenstoffen gearbeitet wird, bzw. in denen eventuelle Emissionen direkt an der Quelle z.B. über Digestorien abgesaugt werden. Weiterhin kommen keine Räume in Frage, in denen große Kühllasten über die Raumluft abgeführt werden sollen. Mit diesen Maßgaben wurde der Volumenstrom der Anlagen 2 bis 7 und 10-11 überschlägig berechnet (s. Anhang 10). Weiterhin werden in der TEK-Berechnung um 10% verringerte spezifische Ventilatorleistung wegen der Verwendung von EC-Motoren und eine Rückwärmzahl der Wärmerückgewinnung von 75% angesetzt.

Als Kosten werden zum einen neue Zentralgeräte inkl. Wärmerückgewinnung nach [8] angesetzt. Die Kosten dafür belaufen sich auf ca. 50.000 Euro. Es wird zusätzlich angenommen, dass die fachgerechte Planung einen bedeutenden Kostenanteil ausmacht. Eine Kostenschätzung für die Neuplanung kann an dieser Stelle jedoch nur bedingt erfolgen. Die Kosten werden auf ca. 10.000 Euro geschätzt, und entsprechen in etwa den Kosten nach HOAI für eine Neuplanung von Lüftungsanlagen².

Lfd. Nr.	Kostengruppe DIN 276 Nr. Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung	Bemerkungen
4	431 Lüftungsanlagen	Lüftungsmodernisierung	Anpassung der Volumenströme an den Bedarf
5	431 Lüftungsanlagen	Installation WRG	Einbau einer Wärmerückgewinnungsanlage

Abbildung 6-3: Modernisierungsempfehlung 3

6.4 Modernisierungsempfehlung 4: Kombination von ME 1, 2 und 3

Um die Gesamteinsparung darzulegen wird an dieser Stelle die Kombination der oben vorgestellten Modernisierungsempfehlung berechnet. Den Gesamtenergieeinsparungen werden die Gesamtkosten wie oben beschrieben gegenübergestellt.

Lfd. Nr.	Kostengruppe DIN 276 Nr. Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung	Bemerkungen
1	334 Außentüren und -fenster	Austausch der Fenster	erst sinnvoll nach Ablauf der Lebensdauer
2	445 Beleuchtungsanlagen	Erneuerung der Leuchtmittel	Erneuerung der Beleuchtung mit arbeitsbereichsbezogener Auslegung
3	445 Beleuchtungsanlagen	Beleuchtungssteuerung	Installation einer präsenzabhängigen Steuerung der Beleuchtungsanlage
4	431 Lüftungsanlagen	Lüftungsmodernisierung	Anpassung der Volumenströme an den Bedarf
5	431 Lüftungsanlagen	Installation WRG	Einbau einer Wärmerückgewinnungsanlage

Abbildung 6-4: Modernisierungsempfehlung 4

6.5 Zusammenfassung

Abschließend werden die Gesamtkosten aller Maßnahmenempfehlungen über einen Betrachtungszeitraum von 25 Jahren dargestellt (s. Abbildung 6-5). Die Energiepreise liegen bei aktuell 16 Ct./kWh_{el} bzw. 7,5 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:

² Honorarzone II, Leistungsphasen Entwurfsplanung bis Objektbetreuung und Dokumentation ohne Vergabe.

- Jährliche Energiepreissteigerung 5,5%
- Kalkulationszinssatz: 5,0 %
- Jährliche Preissteigerung für Wartung, Inspektion und Instandhaltung: 2,0 %

Die zusammenfassende Darstellung der Maßnahmen (Abbildung 6-5) zeigt, dass in allen Modernisierungsempfehlungen die Gesamtkosten sinken, alle Maßnahmen also bereits im Rahmen ihrer rechnerischen Nutzungsdauer wirtschaftlich sind. In der Zusammenfassung der Maßnahmen (ME 4) sinken die jährlichen Gesamtkosten von 248.000 Euro auf 193.000 Euro, es werden also jährlich ca. 55.000 Euro eingespart.

In den Modernisierungsempfehlungen wurden Standard-Instandhaltungskosten nach [9] angesetzt. Im Ist-Zustand wird mit den doppelten Instandhaltungskosten gerechnet. Damit wird dem Umstand Rechnung getragen, dass die jetzigen Bauteile bzw. die jetzige Anlagentechnik bereits ca. 20 Jahre alt und damit deutlich wartungsintensiver sind.

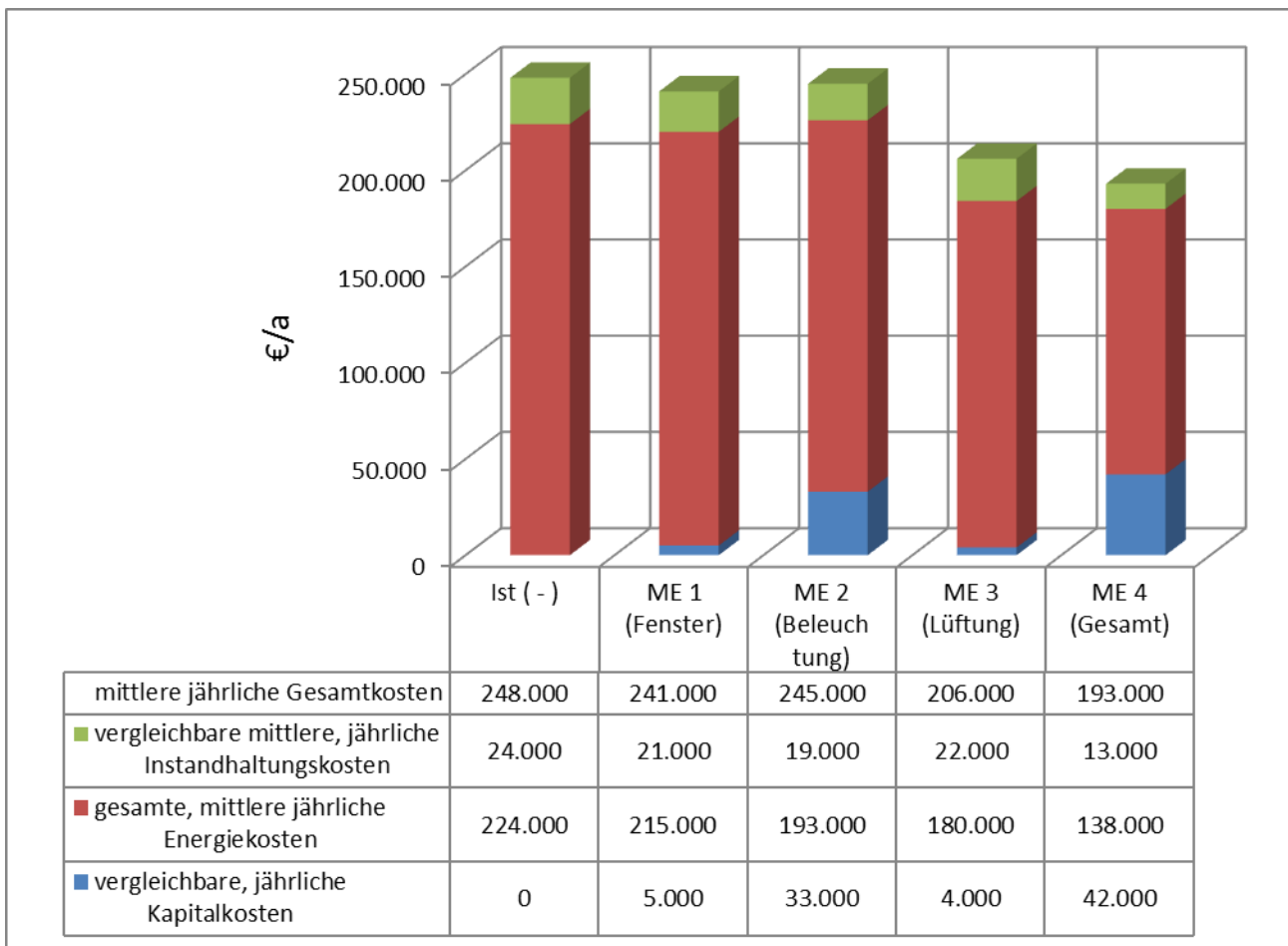


Abbildung 6-5 Vergleich der jährlichen Gesamtkosten der verschiedenen Maßnahmenempfehlungen

7 Durchgeführte Messungen

7.1 Bestimmung von mittleren Raumtemperaturen

Es wurde in einigen Räumen bzw. Zonen stichprobenartig die Raumtemperatur über einen Zeitraum von mehreren Wochen im Oktober und November gemessen, um die Annahmen bezüglich der mittleren Raumtemperaturen während der Heizperiode zu validieren. Abbildung 7-1 zeigt den Raum-Temperaturverlauf (unterer Abschnitt) während einer Periode mit vergleichsweise geringen Außentemperaturen (oberer Abschnitt). Es zeigt sich, dass in den Laboren die mittlere Raumtemperatur tagsüber bei ca. 19 °C lag. Im exemplarisch gemessenen Büroraum lag die mittlere Raumtemperatur bei ca. 21,5 °C. Im Hörsaal und im Seminarraum wurden tagsüber ca. 21 °C festgestellt.

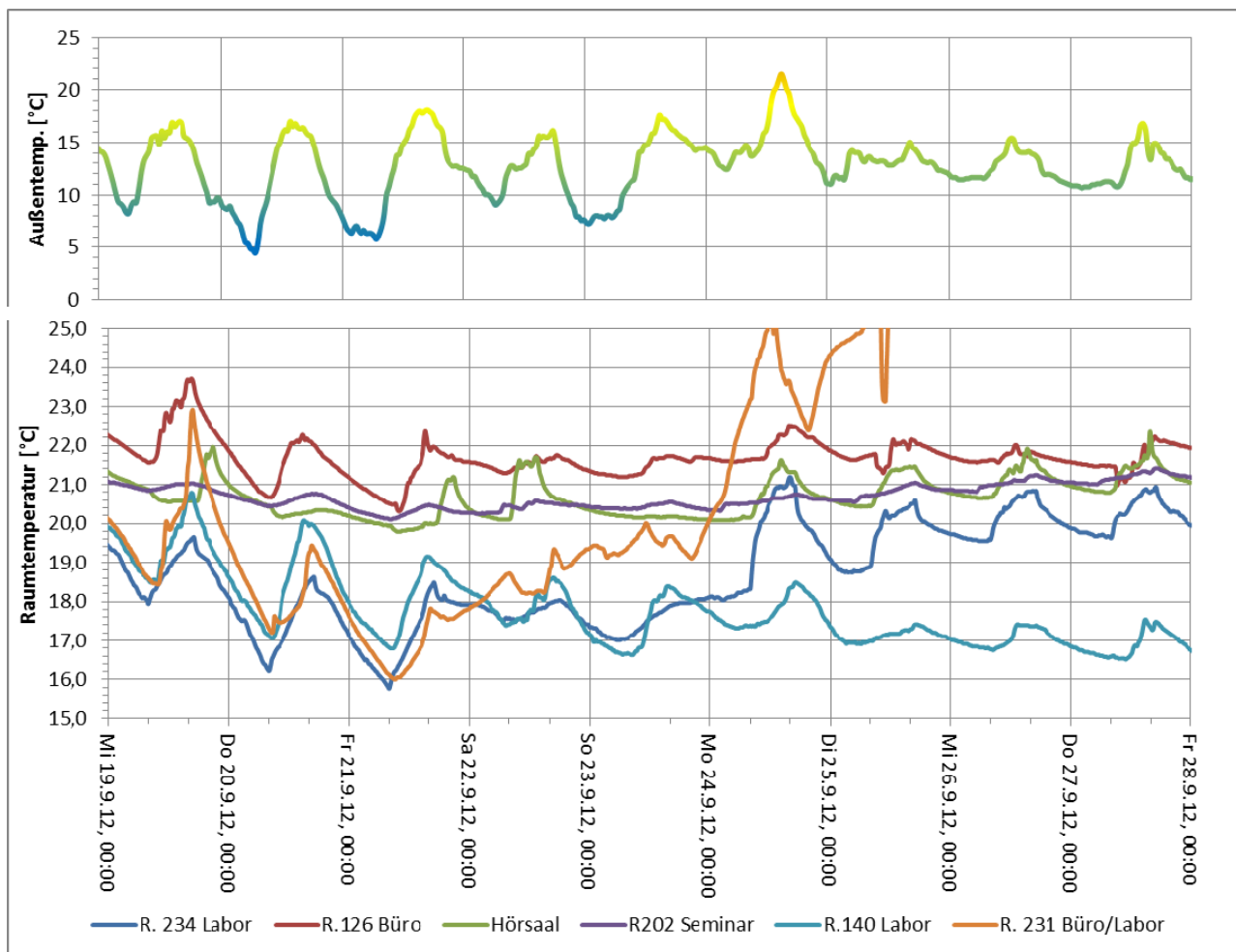


Abbildung 7-1: Temperaturmessungen in ausgewählten Räumen

7.2 Leistungsmessung von Lüftungsanlagen

Es wurden an allen zentralen Zu- und Abluftanlagen Leistungsmessungen durchgeführt, die in die Berechnung des Energiebedarfs der Lüftungsanlagen eingeflossen sind.

Abbildung 7-2 zeigt 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 Fehlern führen würde. Eine Verringerung des Messaufwands könnte durch die gemeinsame Messung von Zu- und Abluftventilatoren erreicht werden.

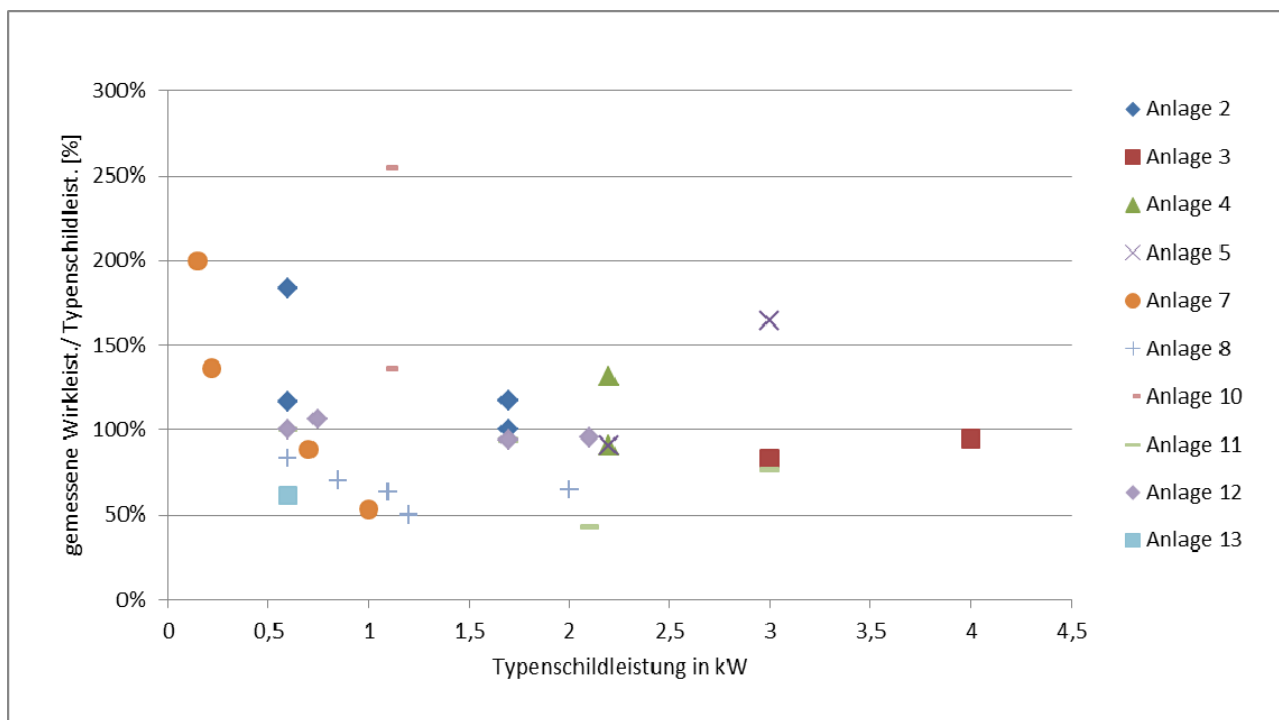


Abbildung 7-2: Vergleich der gemessenen Wirkleistung mit der Typenschildleistung von Lüftungsanlagen (Zu- und Abluftventilatoren einzeln)

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] Bundesinstitut für Bau- Stadt- und Raumforschung (BBSR): Nutzungsdauern von Bauteilen für Lebenszyklusanalysen nach Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB); Berlin 2011
- [6] Bundesministerium für Verkehr-, Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS): Ermittlung von spezifischen Kosten energiesparender Bauteil-, Beleuchtungs-, Heizungs- und Klimatechnikausführungen bei Nichtwohngebäuden für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zur EnEV 2012. BMVBS Online-Publikation Nr. 08/2012
- [7] Kompetenzzentrum „Kostengünstig qualitätsbewusst Bauen“ im IEMB: Lebensdauer von Bauteile und Bauteilschichten. Berlin 2006
- [8] Finanzministerium Baden-Württemberg: TGA-KO Version 2. Kosten Technischer Gebäudeausrüstung; Stuttgart 2008
- [9] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS): Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB). Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude. Berlin, Version 2009_4.
- [10] Bundesministerium für Verkehr-, Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS): Kosten energierelevanter Bau- und Anlagenteile bei der energetischen Modernisierung von Wohngebäuden. BMVBS Online-Publikation Nr. 07/2012

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, 1:10 <input checked="" type="checkbox"/> Bemaßte Ansichten, 1:50 		
<input type="checkbox"/> Baubeschreibung		
<input type="checkbox"/> EnEV-Nachweis oder Vergleichbares zum Bauantrag/Baufertigstellung		Wärmeschutznachweis für einen Gebäudeteil
<input type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <input 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 		
<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 type="checkbox"/> Schemata <input type="checkbox"/> Anlagen- und Funktionsbeschreibung <input type="checkbox"/> Darstellung der Versorgungsbereiche im Grundriss 		
<input type="checkbox"/> Technische Unterlagen Kälteversorgungsanlagen <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Schemata 		



<input type="checkbox"/> Anlagen- und Funktionsbeschreibung <input checked="" type="checkbox"/> Darstellung der Versorgungsbereiche im Grundriss		
<input type="checkbox"/> Technische Unterlagen RLT-Anlagen <input type="checkbox"/> Schemata <input type="checkbox"/> Anlagen- und Funktionsbeschreibung <input type="checkbox"/> Lüftungsgesuch <input type="checkbox"/> Abnahmemessungen <input checked="" type="checkbox"/> Darstellung der Versorgungsbereiche im Grundriss		
<input type="checkbox"/> Technische Unterlagen Beleuchtungsanlage <input type="checkbox"/> Anlagen- und Funktionsbeschreibung <input type="checkbox"/> Darstellung der Versorgungsbereiche im Grundriss		
<input type="checkbox"/> Wartungsunterlagen <input type="checkbox"/> Verträge <input type="checkbox"/> Protokolle		
<input type="checkbox"/> Sonstige Unterlagen		

9.2 Annahmen aufgrund fehlender Daten

Nr.	Größe	Angenommene Ausprägung	Bemerkung
2.2	g-Werte Fenster	0,78/0,15	baualterstypisch
2.5	Mittlere Raumtemp. Im Kühlfall	26 °C	Typischer Standardwert, verwendet in Zonen 8, 11, 15 und 23
3.1	Nennwärmeleistung	2000 kW	Versorgung durch Nahwärmenetz, keine weiteren Angaben vorhanden
3.4	Deckungsanteile Kälteerzeuger		Annahmen aufgrund versorgter Bereiche

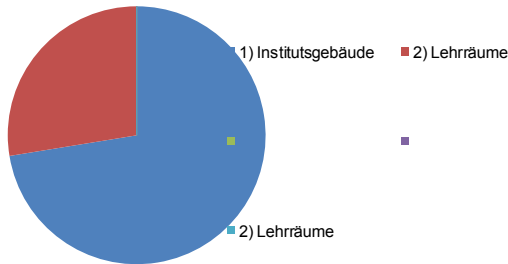
10 Anhang: Grobauslegung der Luftmengen für ME 3: Lüftung

Tabelle 10-1: Grobauslegung der Luftmengen nach DIN EN 15251. Ersetzt keine Fachplanung.

Luftmengen nach DIN EN 15251 Anhang B (Gebäudeemissionen: 1,4 l/s/m ² , Personenemissionen 7 l/s/Pers.)									
Anlage Nr.	Fläche [m ²]	Anzahl belüftete Räume mit je 4 Pers.	derzeitiger Nennvolumenstrom [m ³ /h]	Volumenstrom durch Personenbelegung	Volumenstrom durch Gebäudeemissionen [m ³ /h]	Gesamt-Volumenstrom [m ³ /h]	Verringerung des Volumenstroms [%]	Bemerkung	Kosten Zentralgerät [Euro]
Anlage 2	83	2	4.200	200	400	600	14%		4.300
Anlage 3	206	3	8.700	300	1.000	1.300	15%		9.200
Anlage 4	96	4	4.250	400	500	900	21%		6.400
Anlage 5	57	2	5.100	200	300	500	10%		3.600
Anlage 6	55	2	5.300	200	300	500	9%		3.600
Anlage 7	181	2	2.500	200	900	1.100	44%		7.800
Anlage 8	56	2	9.000					nur Kühlung	
Anlage 10	123	2	2.900	200	600	800	28%		5.700
Anlage 11	208	4	5.300	400	1.000	1.400	26%		9.900
Anlage 12	132							Hörsaal	
Anlage 13	175							WC	
Anlage 14	318							nicht überdimensioniert	
Summe			38.250			7.100	19%		50.500

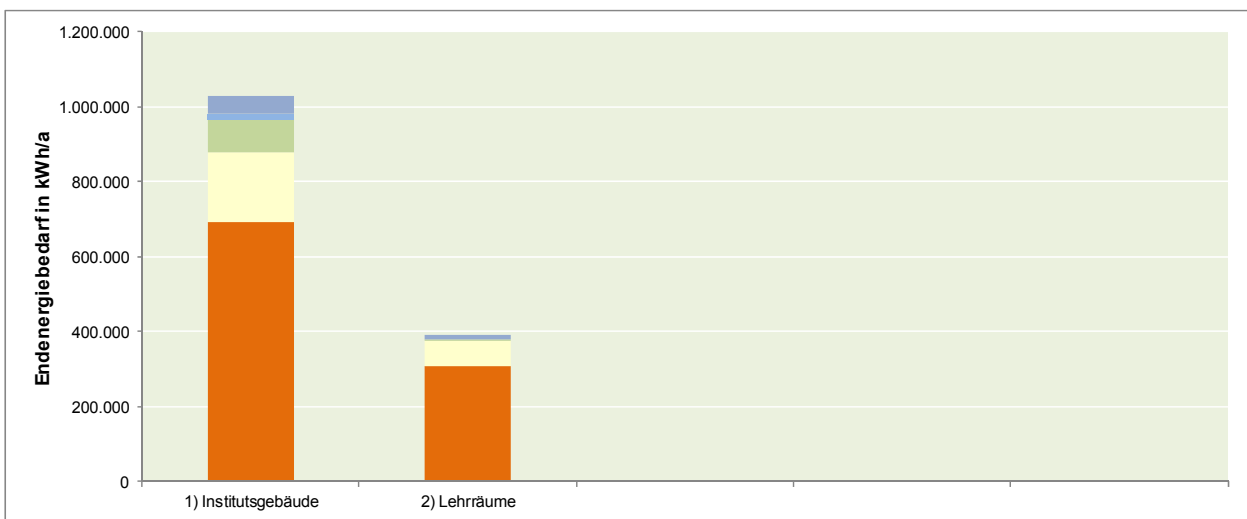
11 Anhang: TEK – Bewertung je Nutzungseinheit

2.1 Flächen der Nutzungseinheiten



	Fläche m²	Anteil an beh. NGF
1) Institutsgebäude	5.765	72%
2) Leerräume	2.194	28%
Gesamt	7.958	100%

2.2 Endenergiebedarf der Gewerke je Nutzungseinheit



2.3 Teilenergiekennwertbewertung je Nutzungseinheit

Bezeichnung	1) Institutsgebäude		2) Leerräume		#WERT!		#WERT!		#WERT!	
	Fläche der Nutzungseinheit	5765 m²	2194 m²							
	TEK-Bew. ert.	PE-Kennw. ert	TEK-Bew. ert.	PE-Kennw. ert	TEK-Bew. ert.	PE-Kennw. ert	TEK-Bew. ert.	PE-Kennw. ert	TEK-Bew. ert.	PE-Kennw. ert
	-	kWh/(m²a)	-	kWh/(m²a)	-	kWh/(m²a)	-	kWh/(m²a)	-	kWh/(m²a)
Arbeitshilfen	Mittel	9	Mittel	5						
Dampf		0		0						
Kälte	Sehr gering	2		0						
Luftförderung	Gering	15	Sehr gering	2						
Beleuchtung	Hoch	32	Mittel	30						
Warmwasser		0		0						
Heizung	Gering	120	Mittel	141						

Abbildung 11-1: Bewertung je Nutzungseinheit

12 Anhang: TEK – Bewertung auf Zonenebene

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
2) Hörsaal	09 Hörsaal	132	2	Mittel	183,0	623,2	294	55,1	344,5	160
3) Seminarraum	04 Sitzung	1.145	2	Mittel	183,6	124,7	1.472	56,3	184,4	305
4) WC- und Sanitärräume	16 WC, Sanitär	175	1	Gering	65,7	25,5	2.578	81,0	178,0	455
5) Labore mit Fensterlüftung	17 sonstige Au	865	1	Mittel	101,3	70,2	1.443	38,3	95,1	403
6) Labore (Anlage 10)	36 Labor	123	1	Gering	188,9	504,0	375	173,0	285,9	605
7) Labore (Anlage 11)	36 Labor	208	1	Sehr gering	137,6	465,4	296	173,0	285,9	605
8) Labore (Anlage 14, geküf	36 Labor	318	1	Sehr gering	80,3	167,5	479	173,0	285,9	605
9) Labore (Anlage 7)	36 Labor	181	1	Sehr gering	94,8	275,4	344	173,0	285,9	605
10) Labore (Anlage 8, geküf	36 Labor	56	1	Gering	174,0	3193,2	54	173,0	285,9	605
11) Labore (Anlage 3, geküf	36 Labor	206	1	Mittel	328,7	943,2	348	173,0	285,9	605
12) Labore (Anlage 2)	36 Labor	83	1	Mittel	395,5	1123,4	352	173,0	285,9	605
13) Labore (Anlage 4)	36 Labor	96	1	Mittel	337,0	970,0	347	173,0	285,9	605
14) Labore (Anlage 5)	36 Labor	57	1	Hoch	669,4	1966,1	340	173,0	285,9	605
15) Labore (Anlage 6, geküf	36 Labor	55	1	Hoch	712,3	2112,8	337	173,0	285,9	605
16) Labore (Anlage 4/5 - gel	36 Labor	52	1	Gering	198,7	128,0	1.553	173,0	285,9	605

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
17) Labore (Anlage 2 - gekü 36 Labor		40	1	Gering	199,4	128,3	1.555	173,0	285,9	605
18) Labore (Anlage 3 - gekü 36 Labor		42	1	Gering	180,2	128,3	1.405	173,0	285,9	605
19) Großraumlabor Raum 24 36 Labor		306	1	Gering	268,7	163,5	1.644	173,0	285,9	605
20) Lager (Technik/ Archiv) 20 Lager, Tech		653	1	Gering	51,7	32,1	1.610	45,9	23,3	1.964
21) Verkehrsflächen	19 Verkehrsflä	2.220	1	Mittel	61,4	45,8	1.343	37,6	16,6	2.269
22) Büro	02 Gruppenbü	917	2	Mittel	82,2	53,4	1.541	35,0	66,0	531
23) Serverraum	21 Rechenzen	32	1	Mittel	28,8	36,0	799	15,0	35,7	420

Tabelle 12-1: 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-Bew.ert.	kWh/(m ² a)	W/m ²	h/a	kWh/(m ² a)	W/m ²	h/a
2) Hörsaal	09 Hörsaal	132	1	Sehr gering	14,6	11,7	1.244	17,7	11,3	1.568
3) Seminarraum	04 Sitzung	1.145	4	Mittel	33,3	23,8	1.402	16,7	15,6	1.076
4) WC- und Sanitärräume	16 WC, Sanitär	175	3	Sehr gering	1,3	0,8	1.573	3,1	9,0	345
5) Labore mit Fensterlüftung	17 sonstige Au	865	5	Hoch	35,7	21,3	1.676	8,2	9,3	874
6) Labore (Anlage 10)	36 Labor	123	5	Mittel	43,4	21,3	2.037	21,1	15,4	1.371
7) Labore (Anlage 11)	36 Labor	208	5	Mittel	48,5	21,3	2.278	28,5	15,4	1.852
8) Labore (Anlage 14, gekü	36 Labor	318	5	Mittel	43,1	21,3	2.024	25,2	15,4	1.638
9) Labore (Anlage 7)	36 Labor	181	5	Mittel	51,8	21,3	2.431	28,5	15,4	1.852
10) Labore (Anlage 8, gekü	36 Labor	56	5	Mittel	51,8	21,3	2.431	28,5	15,4	1.852
11) Labore (Anlage 3, gekü	36 Labor	206	5	Mittel	44,4	21,3	2.085	28,5	15,4	1.852
12) Labore (Anlage 2)	36 Labor	83	5	Mittel	45,3	21,3	2.129	28,5	15,4	1.852
13) Labore (Anlage 4)	36 Labor	96	5	Mittel	49,3	21,3	2.317	28,5	15,4	1.852
14) Labore (Anlage 5)	36 Labor	57	5	Mittel	49,4	21,3	2.321	28,5	15,4	1.852
15) Labore (Anlage 6, gekü	36 Labor	55	5	Mittel	48,9	21,3	2.296	28,5	15,4	1.852
16) Labore (Anlage 4/5 - gel	36 Labor	52	5	Mittel	51,8	21,3	2.431	28,5	15,4	1.852

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
17) Labore (Anlage 2 - gekü 36 Labor		40	5	Mittel	51,8	21,3	2.431	28,5	15,4	1.852
18) Labore (Anlage 3 - gekü 36 Labor		42	5	Mittel	51,8	21,3	2.431	28,5	15,4	1.852
19) Großraumlabor Raum 24 36 Labor		306	5	Mittel	40,8	21,3	1.917	28,5	15,4	1.852
20) Lager (Technik/ Archiv) 20 Lager, TecI		653	6	Mittel	1,2	6,8	183	0,8	3,0	266
21) Verkehrsflächen	19 Verkehrsflä	2.220	2	Sehr hoch	32,1	22,0	1.460	1,1	4,5	252
22) Büro	02 Gruppenbü	917	4	Gering	29,3	23,8	1.231	30,4	15,4	1.977
23) Serverraum	21 Rechenzen	32	6	Sehr gering	5,7	6,8	844	12,2	14,6	837

Tabelle 12-2: Bewertung auf Zonenebene: Beleuchtung

3.3 Luftförderung

Nr. und Name	Std.-nutzung	Fläche m ²	Nr. RL- 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
2) Hörsaal	09 Hörsaal	132	10	Sehr gering	25,0	27,3	915	45,0	25,0	1.800
3) Seminarraum	04 Sitzung	1.145	0							
4) WC- und Sanitärräume	16 WC, Sanitär	175	11	Gering	27,9	7,4	3.744	24,4	7,5	3.250
5) Labore mit Fensterlüftung	17 sonstige Au	865	0							
6) Labore (Anlage 10)	36 Labor	123	8	Mittel	82,1	35,1	2.340	52,1	20,8	2.500
7) Labore (Anlage 11)	36 Labor	208	9	Sehr gering	17,2	18,8	915	52,1	20,8	2.500
8) Labore (Anlage 14, gekühlt)	36 Labor	318	12	Sehr gering	13,6	5,8	2.340	52,1	20,8	2.500
9) Labore (Anlage 7)	36 Labor	181	6	Sehr gering	7,8	6,4	1.229	52,1	20,8	2.500
10) Labore (Anlage 8, gekühlt)	36 Labor	56	7	Sehr gering	16,2	57,7	280	52,1	20,8	2.500
11) Labore (Anlage 3, gekühlt)	36 Labor	206	2	Gering	71,6	30,6	2.340	52,1	20,8	2.500
12) Labore (Anlage 2)	36 Labor	83	1	Mittel	104,7	44,7	2.340	52,1	20,8	2.500
13) Labore (Anlage 4)	36 Labor	96	3	Mittel	119,4	51,0	2.340	52,1	20,8	2.500
14) Labore (Anlage 5)	36 Labor	57	4	Sehr hoch	285,8	122,1	2.340	52,1	20,8	2.500
15) Labore (Anlage 6, gekühlt)	36 Labor	55	5	Hoch	193,2	82,6	2.340	52,1	20,8	2.500
16) Labore (Anlage 4/5 - gekühlt)	36 Labor	52	0							

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) Labore (Anlage 2 - gekü 36 Labor		40	0							
18) Labore (Anlage 3 - gekü 36 Labor		42	0							
19) Großraumlabor Raum 24 36 Labor		306	0							
20) Lager (Technik/ Archiv) 20 Lager, Tech		653	0							
21) Verkehrsflächen	19 Verkehrsflä	2.220	0							
22) Büro	02 Gruppenbü	917	0							
23) Serverraum	21 Rechenzen	32	0							

Tabelle 12-3: Bewertung auf Zonenebene: Luftförderung



3.4 Kälte

Nr. und Name	Std.-nutzung	Fläche m ²	Nutz.- einheit	Ist-Wert Zone (Endenergie)				Vergleichswert - gering		
				TEK-Bew ert.	kWh/(m ² a)	W/m ²	h/a	kWh/(m ² a)	W/m ²	h/a
2) Hörsaal	09 Hörsaal	132	2							
3) Seminarraum	04 Sitzung	1.145	2							
4) WC- und Sanitärräume	16 WC, Sanitär	175	1							
5) Labore mit Fensterlüftung	17 sonstige Au	865	1							
6) Labore (Anlage 10)	36 Labor	123	1							
7) Labore (Anlage 11)	36 Labor	208	1							
8) Labore (Anlage 14, gekühlt)	36 Labor	318	1	Sehr gering	6,8	7,6	894	17,9	33,0	542
9) Labore (Anlage 7)	36 Labor	181	1							
10) Labore (Anlage 8, gekühlt)	36 Labor	56	1	Gering	17,9	196,2	91	17,9	33,0	542
11) Labore (Anlage 3, gekühlt)	36 Labor	206	1	Gering	17,9	55,5	322	17,9	33,0	542
12) Labore (Anlage 2)	36 Labor	83	1							
13) Labore (Anlage 4)	36 Labor	96	1							
14) Labore (Anlage 5)	36 Labor	57	1							
15) Labore (Anlage 6, gekühlt)	36 Labor	55	1	Mittel	36,2	116,0	312	17,9	33,0	542
16) Labore (Anlage 4/5 - gekühlt)	36 Labor	52	1	Sehr gering	3,6	3,2	1.143	17,9	33,0	542

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) Labore (Anlage 2 - gekü 36 Labor		40	1	Sehr gering	3,5	3,2	1.105	17,9	33,0	542
18) Labore (Anlage 3 - gekü 36 Labor		42	1	Sehr gering	3,5	3,2	1.105	17,9	33,0	542
19) Großraumlabor Raum 24 36 Labor		306	1							
20) Lager (Technik/ Archiv) 20 Lager, Tech		653	1							
21) Verkehrsflächen	19 Verkehrsflä	2.220	1							
22) Büro	02 Gruppenbü	917	2							
23) Serverraum	21 Rechenzen	32	1	Sehr gering	140,1	23,8	5.891	196,8	24,2	8.142

Tabelle 12-4: 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
2) Hörsaal	09 Hörsaal	132	2							
3) Seminarraum	04 Sitzung	1.145	2							
4) WC- und Sanitärräume	16 WC, Sanitä	175	1							
5) Labore mit Fensterlüftung	17 sonstige Au	865	1							
6) Labore (Anlage 10)	36 Labor	123	1							
7) Labore (Anlage 11)	36 Labor	208	1							
8) Labore (Anlage 14, geküt	36 Labor	318	1							
9) Labore (Anlage 7)	36 Labor	181	1							
10) Labore (Anlage 8, geküt	36 Labor	56	1							
11) Labore (Anlage 3, geküt	36 Labor	206	1							
12) Labore (Anlage 2)	36 Labor	83	1							
13) Labore (Anlage 4)	36 Labor	96	1							
14) Labore (Anlage 5)	36 Labor	57	1							
15) Labore (Anlage 6, geküt	36 Labor	55	1							
16) Labore (Anlage 4/5 - gel	36 Labor	52	1							

3.5 Dampfbefeuchtung										
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) Labore (Anlage 2 - gekü 36 Labor		40	1							
18) Labore (Anlage 3 - gekü 36 Labor		42	1							
19) Großraumlabor Raum 24 36 Labor		306	1							
20) Lager (Technik/ Archiv) 20 Lager, Tech		653	1							
21) Verkehrsflächen	19 Verkehrsflä	2.220	1							
22) Büro	02 Gruppenbü	917	2							
23) Serverraum	21 Rechenzen	32	1							

Tabelle 12-5: Bewertung auf Zonenebene Dampfbefeuchtung

13 Anhang: TEK - Kurzdokumentation

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

2.1.1 spezifische Hüllfläche

	Bauteilfläche (BTF)		U-Wert	g_tot
	spezifisch $\frac{m^2_{BTF}}{m^2_{NGF}}$	absolut m^2_{BTF}	W/(m ² K)	-
Außenwand	0,622	4.953	0,44	-
Dach	0,539	4.287	0,32	-
Kellerdecke	0,200	1.590	0,65	-
Fenster O,S,W	0,123	979	2,70	0,15
Fenster N	0,039	312	2,70	0,78
Fenster hor.	0,007	52	2,77	0,78
ges. Gebäude	1,530	12.172	0,67	0,32

2.1.2 Mittlere Nutzungseigenschaften

spez. hyg. Mindestaußenluftvolumenstrom	9,85 m ³ /(m ² h)
Raumsolltemperatur Heizung	19,0 °C
Raumsolltemperatur Kühlung	25,1 °C
Wartungswert der Beleuchtungsstärke	316 Lux
Nutzungszeit	2.684 h/a
Wärmequellen (Personen und Arbeitshilfen)	60 Wh/(m ² d)

2.1.5 Luftförderung

	Zuluftvent.	Abluftvent.	
Nennvolumenstrom	53.610	56.260	m ³ /h
Dimensionierungsfaktor	131%	137%	
installierte Leistung	25,13	20,47	kW
spezifische Ventilatorleistung	1,69	1,31	kW/(m ³ s)
Vollbetriebszeit	1909	2052	h/a
Endenergiebedarf	6,0	5,3	kWh/(m ² a)
Primärenergiebedarf	15,7	13,7	kWh/(m ² a)

2.1.6 Wärmeerzeugung Heizung und Warmwasser (zentral + dezentral)

Nutzenergiebedarf	105,8 kWh/(m ² a)
davon Warmwasser	0,0 kWh/(m ² a)
zusätzliche Verluste Verteilung*	20,0 kWh/(m ² a)
Erzeugernutzwärmeabgabe	125,8 kWh/(m ² a)
Nennleistung (Soll: Heiz. berechnet * 1,3)	2.048 kW
Dimensionierungsfaktor** (nur zentr. Erz.)	98%
Erzeugeraufwandszahl	1,00 -
Endenergie Wärmeerzeugung	125,8 kWh/(m ² a)
davon elektrische Energie	0 %
Primärenergie Wärmeerzeugung	163,6 kWh/(m ² a)

Tabelle 13-1: Gebäudebezogene Übersichtsdarstellung (Kennwerte auf Energiebezugsfläche bezogen) – Teil 1

2.1.3 Nutzenergie Raum- und RLT-System			
Nutzenergiebedarf Heizung und Kühlung	Heizung	Kälte	Dampf
	kWh/(m ² _{NGF} a)		
Raumsystem	69,2	3,5	-
RLT-Anlage	36,7	2,1	0,0
Summe	106	6	-

max. Heiz- bzw. Kühllast	Heizung	Kälte
	W/m ² _{NGF}	
Raumsystem	126	3
RLT-Anlage	72	14
Summe	198	17

2.1.4 Beleuchtung	
installierte Leistung	161 kW
mittlere Bew ertungsleistung	20,3 W/m ²
Vollbetriebszeit	1.575 h/a
Endenergie Beleuchtung	32 kWh/(m ² a)
Primärenergie Beleuchtung	83 kWh/(m ² a)

2.1.7 Kälteerzeugung (zentral + dezentral)	
Nutzenergiebedarf	5,6 kWh/(m ² a)
zusätzliche Verluste Übergabe, Verteilung	1,4 kWh/(m ² a)
Erzeugernutzkälteabgabe	7,0 kWh/(m ² a)
maximale thermische Kälteleistung	131 kW
Dimensionierungsfaktor*** (nur zentr. Erz.)	168%
Jahreskälteleistungszahl	4,02 -
Endenergie Kälteerzeugung	1,7 kWh/(m ² a)
davon elektrische Energie	100 %
Primärenergieenergie Kälteerzeugung	4,5 kWh/(m ² a)
Endenergie Hilfsenergie Kälte	0,7
Teilkenwert Kalt-/Kühlwasser verteilung	41,2 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 13-2: Gebäudebezogene Übersichtsdarstellung (Kennwerte auf Energiebezugsfläche bezogen) – Teil 2

2.2.2 Zoneninformationen

7.958	m ²	Grundfläche aller beheizten Zonen										
800	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				7.958					106	126	55	70
Zone 1												
Zone 2	Hörsaal	09 Hörsaal	132	10	1 /	1	/		163,0	183,0		
Zone 3	Seminarraum	04 Sitzung	1.145		1 /		/		163,6	183,6		
Zone 4	WC- und Sanitärräume	16 WC, Sanitär	175	11	1 /	1	/		45,7	65,7		
Zone 5	Labore mit Fensterlüftung	17 sonstige At	865		1 /		/		81,3	101,3		
Zone 6	Labore (Anlage 10)	36 Labor	123	8	1 /	1	/		168,9	188,9		
Zone 7	Labore (Anlage 11)	36 Labor	208	9	1 /	1	/		117,6	137,6		
Zone 8	Labore (Anlage 14, gekühlt)	36 Labor	318	12	1 /	1	1 /		60,3	80,3	21,8	26,8
Zone 9	Labore (Anlage 7)	36 Labor	181	6	1 /	1	/		74,8	94,8		
Zone 10	Labore (Anlage 8, gekühlt)	36 Labor	56	7	1 /	1	1 /		154,0	174,0	57,1	72,1
Zone 11	Labore (Anlage 3, gekühlt)	36 Labor	206	2	1 /	1	1 /		308,7	328,7	57,1	73,6
Zone 12	Labore (Anlage 2)	36 Labor	83	1	1 /	1	/		375,5	395,5		
Zone 13	Labore (Anlage 4)	36 Labor	96	3	1 /	1	/		317,0	337,0		
Zone 14	Labore (Anlage 5)	36 Labor	57	4	1 /	1	/		649,4	669,4		
Zone 15	Labore (Anlage 6, gekühlt)	36 Labor	55	5	1 /	1	1 /		692,2	712,2	115,6	150,1
Zone 16	Labore (Anlage 4/5 - gekühlt)	36 Labor	52		1 /		1 /		178,7	198,7	11,7	14,3

1) Flächenbezug: Zonenfläche

2.2.2 Zoneninformationen

7.958 m ² Grundfläche aller beheizten Zonen						Konditionierung (1=vorhanden)			Nutzenergie			
800 m ² Grundfläche aller gekühlten Zonen												
Zonenname	Standard-nutzung	Zonen-fläche m ²	RLT-Anlage Nr	Heizung / Warmwasser	mech. Lüftung	Kälte Befeuchtung	Heizung Zone+RLT Erzeuger		Kälte Zone+RLT Erzeuger			
							kWh/(m ² a) ¹					
Kennwerte bezogen auf die gesamte beheizte bzw . gekühlte Fläche		7.958					106	126	55	70		
Zone 17	Labore (Anlage 2 - gekühlt)	36 Labor	40	1 /		1 /	179,4	199,4	11,3	13,9		
Zone 18	Labore (Anlage 3 - gekühlt)	36 Labor	42	1 /		1 /	160,2	180,2	11,3	13,9		
Zone 19	Großraumlabor Raum 241	36 Labor	306	1 /		/	248,7	268,7				
Zone 20	Lager (Technik/ Archiv)	20 Lager, Tecl	653	1 /		/	31,7	51,7				
Zone 21	Verkehrsflächen	19 Verkehrsflä	2.220	1 /		/	41,4	61,4				
Zone 22	Büro	02 Gruppenbü	917	1 /		/	62,2	82,2				
Zone 23	Serverraum	21 Rechenzen	32	1 /		1 /	8,8	28,8	447,6	550,6		

1) Flächenbezug: Zonenfläche

Tabelle 13-3: Übersicht Zonen

2.2.3 Beleuchtungsanlagen

7.958 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	
Kennwerte bezogen auf die gesamte belichtete Fläche		7.958	327	20	6			32	
Zone 1									
Zone 2	Hörsaal	132	1 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	500	11,7	2,3	Lamp. zählen	man.	15
Zone 3	Seminarraum	1.145	4 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	500	23,8	4,8	Lamp. zählen	man.	33
Zone 4	WC- und Sanitärräume	175	3 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	200	0,8	0,4	Lamp. zählen	man.	1
Zone 5	Labore mit Fensterlüftung	865	5 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	300	21,3	7,1	Lamp. zählen	man.	36
Zone 6	Labore (Anlage 10)	123	5 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	500	21,3	4,3	Lamp. zählen	man.	43
Zone 7	Labore (Anlage 11)	208	5 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	500	21,3	4,3	Lamp. zählen	man.	49
Zone 8	Labore (Anlage 14, gekühlt)	318	5 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	500	21,3	4,3	Lamp. zählen	man.	43
Zone 9	Labore (Anlage 7)	181	5 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	500	21,3	4,3	Lamp. zählen	man.	52
Zone 10	Labore (Anlage 8, gekühlt)	56	5 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	500	21,3	4,3	Lamp. zählen	man.	52
Zone 11	Labore (Anlage 3, gekühlt)	206	5 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	500	21,3	4,3	Lamp. zählen	man.	44
Zone 12	Labore (Anlage 2)	83	5 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	500	21,3	4,3	Lamp. zählen	man.	45
Zone 13	Labore (Anlage 4)	96	5 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	500	21,3	4,3	Lamp. zählen	man.	49
Zone 14	Labore (Anlage 5)	57	5 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	500	21,3	4,3	Lamp. zählen	man.	49
Zone 15	Labore (Anlage 6, gekühlt)	55	5 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	500	21,3	4,3	Lamp. zählen	man.	49
Zone 16	Labore (Anlage 4/5 - gekühlt)	52	5 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	500	21,3	4,3	Lamp. zählen	man.	52

1) Flächenbezug: Zonenfläche

2.2.3 Beleuchtungsanlagen

7.958 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		7.958	327	20	6			32	
Zone 17	Labore (Anlage 2 - gekühlt)	40	5 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	500	21,3	4,3	Lamp. zählen	man.	52
Zone 18	Labore (Anlage 3 - gekühlt)	42	5 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	500	21,3	4,3	Lamp. zählen	man.	52
Zone 19	Großraumlabor Raum 241	306	5 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	500	21,3	4,3	Lamp. zählen	man.	41
Zone 20	Lager (Technik/ Archiv)	653	6 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	100	6,8	6,8	Lamp. zählen	man.	1
Zone 21	Verkehrsflächen	2.220	2 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	100	22,0	22,0	Lamp. zählen	man.	32
Zone 22	Büro	917	4 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	500	23,8	4,8	Lamp. zählen	man.	29
Zone 23	Serverraum	32	6 / Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG	500	6,8	1,4	Lamp. zählen	man.	6

1) Flächenbezug: Zonenfläche

Tabelle 13-4: 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 kWh/(m ² a) bzw. Anteil	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		Kennwerte bez. a. d. ges. mech. bel. Fläche						Kennwerte bez. a. d. ges. mech. bel. Fläche
RLT 1	Anlage Nr. 2	83	Heizreg.	kein / kein)	4.200	2,00	4.700	1,70	203%	1,50	10%	16,35
RLT 2	Anlage Nr. 3	206	Hz+Kühlreg.	kein / kein)	8.700	3,80	8.700	2,50	169%	1,30	16%	16,28
RLT 3	Anlage Nr. 4	96	Heizreg.	kein / kein)	4.250	2,00	4.200	2,90	177%	2,09	13%	18,01
RLT 4	Anlage Nr. 5	57	Heizreg.	kein / kein)	5.100	4,90	5.200	2,00	361%	2,41	18%	19,23
RLT 5	Anlage Nr. 6	55	Hz+Kühlreg.	kein / kein)	5.300	3,00	5.300	1,50	389%	1,53	12%	17,04
RLT 6	Anlage Nr. 7	181	Heizreg.	kein / kein)	2.500	0,53	2.800	0,62	55%	0,78	2%	13,01
RLT 7	Anlage Nr. 8	56	Hz+Kühlreg.	kein / kein)	9.000	2,00	9.000	1,20	649%	0,64	1%	2,21
RLT 8	Anlage Nr. 10	123	Heizreg.	kein / kein)	2.700	1,50	2.900	2,80	88%	2,76	11%	20,68
RLT 9	Anlage Nr. 11	208	Heizreg.	kein / kein)	5.300	2,30	5.300	1,60	102%	1,32	4%	13,82
RLT 10	Anlage Nr. 12	132	Heizreg.	kein / kein)	4.560	2,00	4.560	1,60	115%	1,42	4%	14,02
RLT 11	Anlage 13 Abluft WC	175	kein	kein / kein)			1.600	1,30	61%	2,93	5%	0,00
RLT 12	Anlage 14	318	Heizreg.	kein / kein)	2.000	1,10	2.000	0,75	25%	1,67	5%	14,81

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

2) Nennvolumenstrom bezogen auf hygienischen Mindestaußenluftbedarf der versorgten Zonen

Tabelle 13-5: Übersicht RLT-Anlagen

2.2.5 Dezentrale Wärmeerzeuger (bezogen auf jeweils versorgte Fläche)

	vers. Fläche 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)

7.958	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
Kennwerte bezogen auf die gesamte zentral beheizte Fläche					2.000	1,00	1,00	126
Wärmeerz. 1	Nahwärme	Fernwärme		1991	2000	1,00	1,00	100%
Wärmeerz. 2								

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

Tabelle 13-6: Übersicht Wärmeerzeuger



2.2.7 Dezentrale Kälteerzeuger (bezogen auf jeweils versorgte Fläche)

	vers. Fläche m 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				
VRF-System variabler Kühlmassenstrom				

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

800 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			287,0	0,00	0,00	0,0	0,00	17,3
Erz. 1	Anlage 1 (nur Anlagenkühlung; Luftgekühlt - Kolben-/Scrollverdichter - ein/aus (bei unbekannt))	2011	38,0	3,50	1,34	4,7	0,21	11%
Erz. 2	Anlage 2 hlt - Kolben-/Scrollverdichter - ein/aus (bei unbekannt)	1992	83,0	3,50	1,28	4,5	0,22	23%
Erz. 3	Anlage 3 hlt - Kolben-/Scrollverdichter - ein/aus (bei unbekannt)	1992	83,0	4	1	4,5	0,22	23%
Erz. 4	Anlage 4 ühlt - Kolben-/Scrollverdichter - ein/aus (bei unbekannt)	1992	83,0	4	1	3,2	0,29	44%
Erz. 5								

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

Tabelle 13-7: Übersicht Kälteerzeuger