

THEMA

Energieflüsse in Bürogebäuden - (NEWID – IST)

AUGUST 2014

**Wien!
voraus**

Energieplanung

StoDt+Wien

Energieflüsse in Bürogebäuden - (NEWID-IST)

Auftraggeber:

Stadt Wien, Magistratsabteilung 20 - Energieplanung

Autoren:

DI Gerhard Bayer, DI Thomas Sturm, Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik (ÖGUT)

Ing. Markus Steininger, BSc (ALLPLAN GmbH)

Impressum **AutorInnen:** DI Gerhard Bayer, DI Thomas Sturm/Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik (ÖGUT)

Ing. Markus Steininger, BSc/ALLPLAN

Für den Inhalt verantwortlich Monika Auer/Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik ÖGUT
Hollandstraße 10/46, a-1020 Wien **Tel** +43.1.315 63 93 **Fax** +43.1.315 63 93-22 **Email** office@oegut.at **Web**
www.oegut.at

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	5
1.1	Relevanz der Bürogebäude für den Energieverbrauch	5
1.2	Fragestellungen	7
1.3	Ziele	8
1.4	Zusammenfassende Erkenntnisse	9
1.5	Empfehlungen.....	10
1.6	Begriffsdefinitionen	12
1.7	Methodik	15
2	Auswertungsergebnisse und Interpretation.....	17
2.1	Charakteristik der untersuchten Bürogebäude	17
	Baualter	17
	Gebäudegröße	17
	Charakteristische Länge (l_c) der Gebäude.....	17
	Mittlerer U-Wert (U_m) der Gebäude	17
2.2	Energieinput in die Gebäude	18
2.3	Ist-Verbräuche nach Verbrauchsgruppen.....	20
2.3.1	Übersicht der Verbrauchsgruppen	21
2.3.2	Ist-Heizwärmeverbrauch (HWV).....	22
2.3.3	Ist-Heizenergieverbrauch (HEV).....	25
2.3.4	Ist-Warmwasserwärmeverbrauch (WWWV).....	26
2.3.5	Ist-Beleuchtungsenergieverbrauch (BelEV)	27
2.3.6	Ist-Lüftungsenergieverbrauch (RLTEV).....	28
2.3.7	Ist-Kälteenergieverbrauch thermisch (inkl. Verluste)	28

2.3.8	Ist-Betriebsstromverbrauch (BSV).....	30
2.4	Vergleich der Ist- und Soll-Verbräuche.....	31
2.4.1	Ist-Verbrauch und Soll-Bedarf von Heizwärmebedarf.....	31
2.4.2	Ist- und Soll-Vergleich von Warmwasserenergiebedarf	34
2.4.3	Ist- und Soll-Vergleich von Kälteenergiebedarf	36
2.4.4	Ist- und Soll-Vergleich von Beleuchtungsenergiebedarf	38
3	Abbildungsverzeichnis	40
4	Tabellenverzeichnis	42
5	Literaturverzeichnis	43
6	Anhang: Sankey-Diagramme zu den Gebäuden.....	44

1 Einführung

Im Bereich der Energieeffizienz von Gebäuden konnten in den letzten Jahren enorme Fortschritte durch die Verbesserung der rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen sowie der Entwicklung neuer Technologien erzielt werden. Insbesondere beim Heizenergiebedarf, beim Kühlbedarf sowie beim Energiebedarf für die Beleuchtung wurden Technologien und Systeme entwickelt, welche den Energiebedarf drastisch reduzieren können. (z. B. Passivhausstandard mit 15 kWh/m².a Heizwärmebedarf).

Aus energiepolitischer Sicht stellt sich die Frage, inwieweit die bestehenden Bürogebäude diese hohen Effizienzstandards bereits umgesetzt haben. Während im Wohngebäudebereich die Energiekennzahlen vergleichsweise gut dokumentiert sind, sind die aktuellen Kennzahlen im Büro- und Dienstleistungsgebäude (DLG) -Bereich kaum erfasst.

In dieser Studie wurden daher die tatsächlichen Energieverbräuche von 20 Bürogebäuden in Wien untersucht und folgende Fragestellungen bearbeitet:

- **Wieviel Energie verbraucht ein Bürogebäude tatsächlich?**
- **Woher kommt die Energie und wofür wird sie verwendet?**

1.1 Relevanz der Bürogebäude für den Energieverbrauch

In Wien befinden sich rund 10,69 Mio. m² Bürofläche (CBRE, 2013). Die im vorliegenden Projekt untersuchten Bürogebäude weisen im Durchschnitt folgende spezifischen Energieverbräuche auf:

- Strom: 72,2 kWh/m².a,
- Erdgas 14,9 kWh/m².a
- Fernwärme: 60,9 kWh/m².a

Multipliziert man die Büroflächen Wiens mit den im Projekt ermittelten spezifischen Ist-Verbrauchswerten, so ergibt sich ein Stromverbrauch der Büros in Wien von rund 772 GWh/a, der Erdgasverbrauch beträgt rund 159 GWh/a und der Fernwärmeverbrauch rund 651 GWh/a. (siehe Tabelle 1)

Damit verbrauchen Bürogebäude rund 9,3 % des gesamten energetischen Endverbrauchs an Strom, 2,0 % des Erdgases und 10,8 % der Fernwärme in Wien.

Tabelle 1: Anteil der einzelnen Endenergieverbrauchsformen am Gesamtendenergieverbrauch

Anteil der einzelnen Endenergieverbrauchsformen am Gesamt-endenergieverbrauch in Wien			
Energieträger	Verbrauch für Büro in Wien in kWh/a ^{a)}	Gesamtverbrauch in Wien in kWh/a ^{b)}	Anteil Büro am Gesamtverbrauch in Wien in %
Strom	771.818.000	8.316.000.000	9,3
Erdgas	159.281.000	7.938.000.000	2,0
Fernwärme	651.021.000	6.048.000.000	10,8

a) Quelle: CBRE, 2013

b) Quelle: MA 20, 2013

1.2 Fragestellungen

Wieviel Energie verbraucht ein Bürogebäude tatsächlich?

Zwar gibt es für neuere Bürogebäude einen Energieausweis, jedoch weichen die tatsächlichen Energieverbräuche im Betrieb stark von den Plandaten im Energieausweis ab. Die Ursachen für die Abweichungen sind:

- Der Energieausweis wurde im Stadium der Baueinreichung erstellt, dementsprechend wurden für viele entscheidende Parameter Default-Werte oder bautechnische Annahmen (z.B. Art und Steuerung der Verschattungseinrichtung) getroffen, welche im Laufe der Errichtung geändert wurden.
- Die haustechnischen Anlagen werden nach der Baufertigstellung laufend erneuert, ergänzt und neu kombiniert. Wenn kein zeitnahes Energiemonitoring und -controlling erfolgt, laufen nach Service- oder Reparaturarbeiten die Einstellungen der Haustechnik (Zeitprogramme, Thermostateinstellungen etc.) oftmals suboptimal weiter.
- Das NutzerInnenverhalten hat einen maßgeblichen Einfluss auf den tatsächlichen Energieverbrauch. Beispielsweise kann die Einstellung der Raum-Solltemperatur im Sommer zwischen 22°C und 26°C liegen, der Unterschied für den jeweiligen Kälteenergieverbrauch ist massiv. Ähnliches gilt bei der Heizung, der Art des Lüftens und bei der Beleuchtung.
- Der Betriebsstrombedarf (Strom für IKT, Aufzüge, Küche etc.) ist im Energieausweis meist als Default-Wert angegeben. Entscheidenden Einfluss auf den Stromverbrauch haben die Auswahl der Bürogeräte, die tatsächlich eingesetzt werden sowie der Umgang der NutzerInnen in Bezug auf die Stand-by Funktionen. Der aus dem Verhalten der NutzerInnen resultierende tatsächliche Betriebsstromverbrauch wirkt sich wiederum erheblich auf den Heiz- und Kälteenergieverbrauch aus.

Woher kommt die Energie und wofür wird sie verwendet?

Für den Energieverbrauch in Bürogebäuden sind in zahlreichen Studien generelle Kennzahlen dargestellt. Diese Verbrauchsdaten beziehen sich jedoch meist entweder

- nur auf den Energieinput, meist auf Basis der Zählerverbrauchsstände bzw. der Energierechnungen (also Gesamtwärmeverbrauch, Gesamtstromverbrauch) oder
- nur auf die Plandaten, z.B. Werte aus den Energieausweisen oder Kennzahlen aufgrund der Erfahrung der Haustechnik

Die Energieversorgung, Zwischenspeicherung und Umwandlung sowie der Nutzenergieverbrauch in Bürogebäuden wird durch Anwendung neuer Technologien und Technologiekombinationen immer komplexer. Neben der klassischen Energieversorgung durch Strom, Erdgas und Fernwärme nehmen die Energiequellen „Umgebungswärme“, „aktive Solarnutzung (thermisch oder PV)“ sowie „passive Solarnutzung“ immer öfter eine relevante Rolle in Energiekonzepten für den Gebäudebereich ein.

Auch die Verwendung von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen innerhalb des Gebäudes stellt eine Option der Energieversorgung durch Abwärmenutzung dar. Immer öfter wird auch z.B. Abwärme aus einem Nutzenergiebereich (z.B. IKT, Beleuchtung) im Gebäude zwischengespeichert (Kurzzeitspeicher aber auch Saisonspeicher) und später als Wärmequelle wieder verfügbar gemacht.

1.3 Ziele

Das Ziel des Projektes ist, durch bessere Kenntnis der tatsächlichen Energieverbräuche in Dienstleistungsgebäuden die Energieeffizienz sowie den Einsatz erneuerbarer Energien zu steigern. Im Rahmen des Projektes sollen Antworten auf folgende Fragen gegeben werden.

- Welche tatsächlichen Energieverbräuche weisen Bürogebäuden in Wien auf?
- Welche Energieträger kommen in Bürogebäuden zur Anwendung?
- Welche technischen Innovationen (z.B. LED-Beleuchtung, Kühlung durch Grundwassernutzung, innovative Beschattungssysteme etc.) kommen zur Anwendung?
- Welche Anteile des Nutzenergieverbrauchs werden „in situ“ gewonnen? (z.B. Photovoltaik, Umgebungswärme wie Luft, Grundwasser, Erdreich)
- Wie groß sind die Abweichungen zwischen Plandaten im Energieausweis und den tatsächlichen Verbräuchen im Betrieb?
- Wo liegen die Ursachen für die Abweichungen zwischen Plandaten und Ist-Daten?
- Wie hoch ist der Einfluss der Betriebsführung (z.B. Optimierung der Haustechnikanlagen) und wie hoch ist der Einfluss des NutzerInnenverhaltens auf den tatsächlichen Verbrauch?

1.4 Zusammenfassende Erkenntnisse

Datenverfügbarkeit und Bedeutung des Bürosektors für den Energiebereich

Im Rahmen der Studie hat sich gezeigt, dass die Energieverbrauchsdaten auf Endnutzungsebene (Heizung, Warmwasser, Kühlung, Lüftung, Beleuchtung und Betriebsstrom) für Bürogebäude nur in Ausnahmefällen vollständig zur Verfügung stehen. Fast immer stehen die Ist-Verbrauchswerte von Heizung und Warmwasser als gemeinsame Summe zur Verfügung, der Anteil des Warmwassers wird aber kaum eigens erfasst. Ebenfalls kaum eigens gemessen wird die Beleuchtungsenergie, der Grund dafür ist vermutlich die Tatsache, dass dafür bei den meisten Gebäuden ein eigener Subzähler pro Stockwerk benötigt werden würde.

Die große Bedeutung des Bürosektors beim Wiener Energieverbrauch (siehe Tabelle 1) lässt vermuten, dass in Zukunft die tatsächlichen Energieverbräuche vermehrt und detaillierter gemessen werden. Begünstigt wird dieser Trend dadurch, dass die Hardware für Monitoringssysteme in den letzten Jahren deutlich kostengünstiger geworden ist und das Thema Energieverbrauch durch die verpflichtende Energieausweisvorlage bei Bürogebäude mehr Beachtung findet. Auch aufgrund des am 1.1.2015 in Kraft tretenden Energieeffizienzgesetzes werden die tatsächlichen Energieverbräuche in Bürogebäuden künftig detaillierter erfasst werden.

In jenen Bürogebäuden, in denen Heizung, Kühlung und Lüftung vom Vermieter (Betreiber) bereitgestellt und über eine m²-Pauschale abgerechnet werden, bestehen wenig Anreize für ein verstärktes Monitoring, da die Kosten für das Monitoringsystem vom Vermieter getragen werden, von etwaigen Energiekosteneinsparungen aber die MieterInnen profitieren.

Wieviel Energie verbraucht ein Bürogebäude tatsächlich?

Bildet man ein gewichtetes Mittel nach m² BGF aller 20 untersuchten Bürogebäude so ergibt sich folgendes über die Zusammensetzung der spezifischen Energieverbräuche:

Das **Heizen** ist mit Abstand die größte Nutzenergieverbrauchsgruppe in Bürogebäuden. Der Heizenergieverbrauch nimmt im gewichteten Mittel 48 % des gesamten Nutzenergieverbrauchs ein. Innerhalb der untersuchten Bürogebäude wiesen Bürogebäude mit einem Baujahr zwischen 2000 und 2013 einen vergleichsweise geringeren Heizenergieverbrauch auf, aber auch bei dieser Gebäudegruppe liegt der Ist-Verbrauchswert weit über den Planwerten aus dem Energieausweis.

Die verbreitete Annahme, dass der Heizenergiebedarf bei modernen Bürogebäuden bereits gegenüber anderen Verbrauchsgruppen eine untergeordnete Rolle spielt, kann aufgrund der Ist-Verbräuche nicht bestätigt werden.

Das **Warmwasser** spielt mit einem durchschnittlichen Anteil von 3 % des gesamten Nutzenergieverbrauchs eine vergleichsweise geringe Rolle und wird in den meisten Gebäuden durch dezentrale Untertischspeicher aufbereitet. Hier ist seitens der Haustechnik wenig Op-

timierungsspielraum gegeben, auch seitens des NutzerInnenverhaltens sind die Optimierungsmöglichkeiten beschränkt.

Der Anteil der **Beleuchtung** am gesamten Nutzenergieverbrauch der Bürogebäude liegt bei 9 %, wobei hier große Unterschiede bei den einzelnen Gebäuden auftreten. Die Ist-Werte liegen im Durchschnitt um 40,5 % niedriger als die Planwerte aus den Energieausweisen.

Für die **Raumlüftung** wird im Durchschnitt 14 % der Nutzenergie verbraucht. Da in den Energieausweisen nur in Einzelfällen Soll-Verbrauchswerte angegeben sind, kann über eine durchschnittliche Abweichung von Ist- und Soll-Werten keine Aussage getroffen werden.

Die **Kühlung** erfolgt in den meisten Fällen mittels Kompressionskälteanlagen. Eine Kühlung durch Grundwassernutzung sowie durch solare Kühlung wird bisher erst in wenigen Gebäuden angewandt. Der Anteil der Kühlung am gesamten Nutzenergieverbrauch liegt bei 18 %. Der Stromverbrauch zur Deckung dieses Kühlbedarfs beträgt im Durchschnitt 13,3 kWh/m²·a., bei Miteinrechnung der Umgebungskälte rund 44,7 kWh/m² a. Der Ist-Kühlbedarf liegt um rund 39 % höher als die im Energieausweis angegebenen Soll-Werte.

Durch die Wahl der Haustechnik und der entsprechenden Technologie zur Erzeugung der Kühlenergie ist noch ein großes Potenzial zur Verringerung des Stromverbrauchs (z.B. durch Nutzung von Grund- und Oberflächenwasser bei der Kühlung) vorhanden.

Der durchschnittliche **Betriebsstrombedarf** nimmt etwa 8 % des gesamten Nutzenergieverbrauchs ein und weist sehr große Unterschiede zwischen den einzelnen Gebäuden auf.

1.5 Empfehlungen

Die vorliegende Untersuchung von 20 Bürogebäuden zeigt, dass in diesem Bereich noch erhebliche Potenziale bei der Verringerung des Ist-Energieverbrauchs sowie beim Einsatz erneuerbarer Energien (z.B. Kühlung durch Erdreich oder Grundwasser) bestehen.

Die Ist-Energieverbräuche für Heizen und Kühlen, welche rund 66 % des Nutzergieverbrauchs von Bürogebäuden ausmachen (siehe Abbildung 4), überschreiten die Planwerte aus dem Energieausweis massiv. Ein relevanter Teil dieser Verbrauchsüberschreitungen könnte durch Optimierung der Haustechnik, der Betriebsführung sowie des NutzerInnenverhaltens vermieden werden. Auch das Potenzial zur Nutzung erneuerbarer Energien ist bei weitem nicht ausgeschöpft. Dies trifft nicht nur bei älteren Gebäuden zu sondern auch bei aktuellen Neubauten.

Da Bürogebäude einen beträchtlichen Anteil am gesamten Wiener Energieverbrauch haben (9,3 % bei Strom und 11,0 % bei Fernwärme, siehe Tabelle 1), ist aus energiepolitischer Sicht ein dringender Handlungsbedarf gegeben, um auch hier einen Schritt in Richtung nachhaltige Energieversorgung zu gehen. Im Einzelnen werden daher folgende Maßnahmen empfohlen:

- Verpflichtendes Monitoring ab einer gewissen Fläche oder bei Überschreiten eines noch festzusetzenden Richtwerts, um die wichtigsten Parameter (HEB, RLTEB, WWWB, etc.) nachweisen zu können.
- Forcierung eines Energie-Monitoring-Programms in Wien.
- Aussagekraft der Energieausweise verbessern
- Der Wert für die Soll-Temperatur im Winter von 20 Grad Celsius im Büro entspricht nicht der Realität. Berechnungsmethode im Energieausweis anpassen
- Informationen zu den Ist-Verbräuchen sollten den NutzerInnen/MieterInnen besser bekannt gemacht werden, Vergleich des Ist-Verbrauchs des Hauses mit Benchmark - Zahlen
- Schwerpunktprogramm bezüglich NutzerInnenverhalten in Bürogebäuden. Untersuchung über tatsächliche Raumtemperaturen im Sommer und Winter. Wer legt diese fest und wie zufrieden sind die NutzerInnen?
- Schwerpunktprogramm zu Haustechnik-Betriebsführung setzen, um Ist-HWV zu verringern. Ursachenforschung bei Fallbeispielen mit hoher Abweichung von Ist-Soll-Werten.
- Programm zur besseren Transparenz der Ist-Werte von Bürogebäuden. Möglichkeiten untersuchen, inwieweit dies in anderen Ländern verpflichtend ist? Klärung von Datenschutz, Wer prüft die angegebenen Daten auf Richtigkeit?
- Darstellen wo in Wien wieviel Potenzial an „verträglicher“ Umgebungswärme und – kälte besteht.
- Wirtschaftliche und/oder organisatorische Anreize schaffen (z.B. Förderungen, verpflichtendes Benchmarking, etc.), damit GebäudebetreiberInnen und VermieterInnen in Energieeffizienz investieren.

1.6 Begriffsdefinitionen

Das vorliegende Projekt befasst sich mit unterschiedlichen Arten von Energiekennzahlen und mit deren Vergleich. Deshalb ist es besonders wichtig, die in diesem Bericht verwendeten Begriffe klar zu definieren und abzugrenzen.

Jene Kennzahlen, welche mit „Ist-Werte“ oder als „Verbräuche“ bezeichnet werden, sind gemessene – also tatsächlich auftretende Werte oder wurden aufgrund der technischen Anlagenwerte ermittelt. Jene Kennzahlen, die als „Plan-“ oder Sollwerte“ bezeichnet werden, sind dem Energieausweis des jeweiligen Gebäudes entnommen.

Soweit vorhanden wurde im vorliegenden Kapitel auf bereits bestehende Begriffsdefinitionen zurückgegriffen, wie z.B. auf jene der OIB-Richtlinien. Dies betrifft vor allem die Planwerte aus den Energieausweisen. Um einen Vergleich zwischen „Plan-“ und „Ist-Werten“ zu ermöglichen, wurden zusätzlich Begriffe für die verschiedenen „Ist-Werte“ bzw. „Verbräuche“, wie z.B. der „Ist-Heizwärmeverbrauch“ eingeführt.

Bei einigen Begriffen wird darüber hinaus auch erörtert, wie die dahinterliegenden Daten im vorliegenden Projekt erhoben wurden.

Baualter: Als Baujahr eines Gebäudes gilt das Datum der Bezugsfertigstellung. Das Baualter entspricht demnach dem Alter des Gebäudes in Jahren von der Bezugsfertigstellung bis zum Zeitpunkt des Verfassens dieses Berichts.

Beleuchtungsenergiebedarf (BeIEB): Der Beleuchtungsenergiebedarf gemäß OIB-Richtlinie wird unter Anwendung des gebäudespezifischen Nutzungsprofils rein rechnerisch ermittelt. (OIB, 2011A)

Beleuchtungsenergieverbrauch (BeIEV): Dieser Wert beinhaltet den tatsächlichen Stromverbrauch der Beleuchtung innerhalb und außerhalb des Gebäudes.

Betriebsstrombedarf (BSB): Der Betriebsstrombedarf (BSB) wird im Energieausweis unter Anwendung eines Nutzungsprofils als Default-Wert ermittelt. Dieser Default-Wert wird nach OIB-Richtlinie für Nicht-Wohngebäude als 50 % des Mittelwertes aus $q_{i,h}$ (innere Wärmegewinne infolge Personen und Geräte im Heizfall) und $q_{i,c}$ (innere Wärmegewinne infolge Personen und Geräte im Kühlfall) unter Heranziehung der Nutzungsdauer berechnet. (OIB, 2011A)

Betriebsstromverbrauch (BSV): Der Betriebsstromverbrauch umfasst alle effektiven elektrischen Verbräuche der internen AbnehmerInnen (z.B. EDV, individuelle Beleuchtung, Küchenausstattung, etc.) sowie der Gebäudeleittechnik und der Kommunikationstechnik (IKT).

Bruttogeschosßfläche (BGF): Die Bruttogeschosßfläche entspricht der Gesamtheit aller einzelnen Geschosßflächen eines Gebäudes inklusive der Wandflächen und wird in Quadratmetern (m²) angegeben.

Charakteristische Länge (lc) der Gebäude: Nach ÖNORM B 8110-1 ist die charakteristische Länge eines Gebäudes eine Kennzahl, die die Kompaktheit des Gebäudes beschreibt. Sie ist der Quotient des konditionierten Bruttovolumens zur umschließenden Oberfläche dieses Volumens. (ÖNORM, 2000)

COP: Coefficient of Performance bzw. Nutzungsgrad eines Kältemaschinen- oder Wärmepumpenprozesses. Dieser Wert wird unter standardisierten Betriebsbedingungen gemessen und ergibt sich aus dem Verhältnis von abgegebener thermischer Leistung zu eingesetzter elektrischer Leistung.

Elektrischer Stromverbrauch Lüftungsanlagen (RLTEV): Dieser Wert umfasst den tatsächlichen elektrischen Stromverbrauch der für den Betrieb der Lüftungsanlagen notwendigen Aggregate wie z.B. Abluft- und Zuluftventilator, Antriebsmotor Wärmerückgewinnung, etc.

Raumlufttechnikenergiebedarf (RLTEB): Der Raumlufttechnikenergiebedarf ist der rein rechnerisch ermittelte Energiebedarf für den Betrieb der Lüftungsanlagen. (OIB, 2007)

Elektrischer Energieverbrauch zur Kühlung: Dieser Wert beinhaltet den elektrischen Verbrauch der für die Kühlung des Gebäudes betriebenen Kältemaschine(n) inklusive Hilfsaggregate. Sofern nicht extra über Subzähler erfasst wurde dieser Wert über eine durchschnittliche Jahresarbeitszahl (JAZ) von 3 ermittelt.

Endenergie: Die Endenergie ist jene Energiemenge, die dem Verbraucher abzüglich aller Umwandlungs- und Verteilungsverluste am Verbrauchsort zur Verfügung steht. Sie ist häufig die Basis für die Energiekostenabrechnung und für die Ermittlung der Treibhausgasemissionen. Beispiele für Endenergie sind Strom, Hackgut, Erdgas oder Fernwärme.

Endenergieverbrauch (EEV): Der Endenergieverbrauch ist eine effektiv in z.B. einem Gebäude gemessene Energiemenge. Es werden hier auch das Nutzungsverhalten und wettertechnische Schwankungen berücksichtigt.

Gebäudegröße: Der Begriff Gebäudegröße wird in diesem Bericht zur Beschreibung der konditionierten Bruttogrundfläche verwendet und ist in m² angegeben.

Heizenergiebedarf: Der Heizenergiebedarf (HEB) nach OIB-Richtlinie ist der rechnerisch ermittelte Bedarf an Endenergie, der für die Deckung des Heizwärmebedarfs (HWB) inkl. sämtlicher Umwandlungsverluste sowie zur Deckung des Warmwasserwärmebedarfs (WWWB) erforderlich ist. (HEB = HWB + WWWB) (OIB, 2011A)

Heizenergieverbrauch (HEV): Entspricht der Energiemenge, die zuzüglich der Verluste wie z.B. Verteilungsverluste in Leitungen oder Wirkungsgradverluste bei Heizkessel, tatsächlich für die Beheizung des Gebäudes verbraucht wird (Ist-Wert). Im vorliegenden Projekt wurden die Verteilungsverluste mit 5 % und die Kesselverluste mit 10 % angenommen.

Heizgradtage (HGT): Die Heizgradtage sind die über Tage eines Jahres kummulierte Differenz zwischen Raumlufttemperatur T_i und mittlerer Tagesaußentemperatur T_a . Bei der Berechnung der Heizgradtage werden nur Tage berücksichtigt, an denen die mittlere Tages-

temperatur unter 12 °C liegt. Die Raumlufttemperatur wird auf 20 °C angenommen. Heizgradtage haben die Einheit Kd (Kelvin * Tage).

Heizwärmebedarf: Der Heizwärmebedarf ist jene rechnerisch ermittelte Energie, die im Heizfall für die Erhaltung einer gewünschten Temperatur im Gebäudeinneren benötigt wird. In der Planung (z.B. Energieausweis) wird für Bürogebäude eine Solltemperatur von 20 Grad C angenommen. (OIB, 2011A)

Heizwärmeverbrauch (HWV): Jene Wärmemenge, die im Gebäude tatsächlich zur Beheizung verbraucht wird (Ist-Wert).

Hilfsenergie: Als Hilfsenergie wird jener Aufwand an meist elektrischer Energie, der für Antriebe und Regelungen in einem Anlagenteil oder einer Regelungskomponente verbraucht wird, bezeichnet. (OIB, 2011B)

Jahresarbeitszahl (JAZ): Die Jahresarbeitszahl bzw. der „Seasonal Performance Factor (SPF)“ einer Wärmepumpe entspricht dem Quotienten aus über eine Heizperiode gelieferter thermischer Heizenergie zu eingesetzter elektrischer Energie ähnlich dem Nutzungsgrad eines Heizkessel. Für Kälteanlagen ist die Jahresarbeitszahl demnach der Quotient aus gelieferter Kältearbeit zur eingesetzten elektrischen Energie.

Kühlbedarf (KB): Der Kühlbedarf nach OIB-Richtlinie ist jene Wärmemenge, die einem konditionierten Raum entzogen werden muss, um die vorgegebene Solltemperatur einhalten zu können. Als Sollwert wird in der Planung häufig ein Wert von +26 C gewählt. (OIB, 2011A)

LENI-Wert: Der „LENI-Wert“ dient zum Vergleich der benötigten Beleuchtungsenergie in Gebäuden mit ähnlichem Nutzungsprofil, jedoch anderer Bauform und Größe. Er ist eine numerisch berechnete Größe für die jährlich benötigte Gesamtbeleuchtungsenergie. (ÖNORM, 2010)

Mittlerer U-Wert (Um) der Gebäude: Der U-Wert oder Wärmedurchgangskoeffizient ist ein Maß für den Wärmestrom durch eine ein- oder mehrlagige Materialschicht, unter Voraussetzung einer Temperaturdifferenz zwischen beiden Seiten. Dieser wird für jedes Bauteil getrennt berechnet, im Energieausweis wird allerdings der flächengewichtete U-Wert aller wärmeabgebenden Bauteile angeführt. (OIB, 2011B)

Thermischer Kälteverbrauch: Tatsächlich verbrauchte Kältearbeit, die zur Deckung des außeninduzierten Kühlbedarfs bzw. Konditionierung des Gebäudes notwendig ist. (exkl. Verteil- und Umwandlungsverluste)

Thermischer Kälteenergieverbrauch: Tatsächlich verbrauchte Kältearbeit, die zur Deckung des außeninduzierten Kühlbedarfs bzw. Konditionierung des Gebäudes notwendig ist. (inkl. Verteil- und Umwandlungsverluste) Der Kälteenergiebedarf eines Bürogebäudes wird in der Planung (Energieausweis) auf Basis der Gebäudearchitektur, dem Standortklima sowie der zu erwartenden inneren Wärmequellen berechnet.

Umgebungswärme/Umgebungskälte: Der allgemein gebräuchliche Begriff der „Umgebungsenergie“ wurde für dieses Projekt im Sinne leichterer Verständlichkeit in „Umgebungs-

wärme“ und „Umgebungskälte“ unterteilt. Umgebungswärme entspricht in diesem Bericht Umgebungsenergie (z.B. Luft oder Wasser), die für einen Wärmepumpenprozess bzw. Beheizung verwendet wird. Umgebungskälte wird zur Kühlung (z.B. Absorptions-, Adsorptions- oder Grundwasserkälte) verwendet.

Warmwasserwärmeverbrauch (WWWV): Tatsächlicher Wärmeverbrauch zur Bereitstellung von Warmwasser, ohne Berücksichtigung der Leitungs- und Kesselverluste.

Warmwasserenergieverbrauch (WWEV): Der Warmwasserenergieverbrauch ergibt sich für dieses Projekt als Warmwasserwärmeverbrauch zuzüglich der Leitungs- und Kesselverluste. Die Leitungsverluste wurden mit 5 % und die Kesselverluste mit 10 % angenommen.

1.7 Methodik

Die Erhebung von gemessenen Energieverbrauchsdaten im Bürogebäudebereich ist generell eine sensible Aufgabe, da von diesen Daten neben energietechnischen Aussagen auch andere Aussagen über den Bürobetrieb (z.B. Auslastungsgrad der Räumlichkeiten, Betriebszeiten, Nutzungsgewohnheiten, Betriebsführung der Haustechnik, Leerstände) abgeleitet werden könnten.

Daher wurden im vorliegenden Projekt für die Auswertung und Publikation alle gebäudespezifischen Daten und Aussagen soweit anonymisiert, dass keine Rückschlüsse auf einzelne Gebäude mehr möglich sind.

Im Rahmen des Projekts konnten 20 Gebäude identifiziert werden, in denen die unterschiedlichen Energieströme für Raumwärme, Warmwasser, Kühlung, Beleuchtung, Lüftung und sonstigem Betriebsstrom größtenteils vollständig erfasst und deren Daten zur Verfügung gestellt wurden. Die Gesamtfläche der untersuchten Bürogebäude beträgt ca. 285.000 m² BGF. Nach Vorliegen der Ergebnisse wurde den GebäudebesitzerInnen bzw. DateneinhaberInnen die aufbereiteten Daten ihres Gebäudes sowie anonymisierte Vergleichsdaten der anderen Gebäude zu Verfügung gestellt. Zur Qualitätssicherung wurden die GebäudebesitzerInnen gebeten, die Datenauswertungen auf Plausibilität zu überprüfen und etwaige Unstimmigkeiten den Projektbearbeitern zurückzumelden.

Für die übersichtliche Darstellung der Energiebilanz der einzelnen Gebäude wurde ein Energieflussdiagramm (Sankey-Diagramm) ausgewählt (siehe Anhang).

In einem ersten Schritt wurde festgelegt, welche Daten für die Darstellung eines Energieflussdiagramms notwendig sind. Dabei wurden folgende Gruppen gebildet (siehe auch Excel Datei im Anhang):

- Energieinputdaten: Dies sind die Energieverbrauchsdaten, die meist über eine Jahresabrechnung vom Energieversorgungsunternehmen verfügbar sind. Es wird dabei zwischen Strom, Erdgas, Fernwärme, Umgebungswärme (Erdreich, Luft, Grund- und Oberflächenwasser), Thermische Solarenergie, Photovoltaik sowie Biomasse (fest, flüssig und gasförmig) unterschieden.

- Soll-Werte des Energiebedarfs: Diese beziehen sich auf Daten aus den Energieausweisen und geben die in den Energieausweisen prognostizierten Energiebedarfs-kennzahlen (z.B. Heizwärme/-energiebedarf, Warmwasserwärme/-energiebedarf, Kühlerenergiebedarf, Beleuchtungsenergiebedarf etc.) für die Gebäude aufgrund deren Bauform, Lage, technischer Ausstattung und bautechnischen Ausführung (z.B. Gebäudedämmung) an. Die Begriffe zu diesen Kennzahlen werden im Kapitel 1.6 genauer beschrieben. Es wurden für alle Gebäude der Energieausweis erhoben und hinsichtlich der relevanten Daten ausgewertet.
- Ist-Energieverbrauchsdaten nach VerbraucherInnengruppen: Mittels dieser durch Messung gewonnenen Daten wird dargestellt, wofür die eingesetzte Energie genutzt wurde. In Anlehnung an die OIB-Richtlinien wurden die Nutzungskategorien
 - Ist-Heizwärmeverbrauch,
 - Ist-Heizenergieverbrauch,
 - Ist-Warmwasserenergieverbrauch,
 - Ist-Beleuchtungsenergieverbrauch,
 - Ist-Lüftungsenergieverbrauch,
 - Ist-Kälteenergieverbrauch und
 - Ist-Betriebsstromverbrauch

festgelegt. Die genauen Begriffsdefinitionen sind in Kapitel 1.6 enthalten.

Die Ist-Daten wurden soweit als möglich auf Basis gemessener Verbrauchsdaten (Subzähler) ermittelt. Der Warmwasserenergieverbrauch wurde, falls dieser nicht durch einen eigenen Subzähler erfasst wurde, anhand des Gesamtwasserverbrauches des Gebäudes und mittels einer für dieses Projekt definierten Berechnungsmethode (35 %-Anteil Warmwasser am Gesamtwasserverbrauch und Erwärmung von 10 auf 60 Grad C) ermittelt. Dieser Wert wurde dann auch noch anhand üblicher Kennwerte auf Plausibilität geprüft.

Der Kälteenergieverbrauch wurde entweder durch den elektrischen Verbrauch der Kälteanlage (Strom-Subzähler), durch einen Kältemengenzähler, durch Betriebsstunden der Kälteanlage oder in Ausnahmefällen durch die Kennwerte der Anlage (Leistung) und die angenommenen Vollaststunden ermittelt. Bei Kompressionskälteanlagen wurde soweit nicht anders bekannt, eine Jahresarbeitszahl (JAZ) von 3 angenommen.

Der Lüftungsenergieverbrauch wurde entweder über den Stromverbrauch (Subzähler), den Volumenstrom der Lüftungsanlagen oder in Ausnahmefällen über die Luftvolumenströme und die Betriebszeiten der Büroflächen ermittelt.

Weiters wurde darauf geachtet, dass Energieverbräuche und Flächen, die nicht der Büronutzung dienen, wie z.B. Geschäftslokale oder Gastronomie, getrennt erfasst oder herausgerechnet wurden. Etwaige Leestände wurden, soweit bekannt, im Rahmen der konditionierten Bruttogeschoßfläche berücksichtigt.

2 Auswertungsergebnisse und Interpretation

Im folgenden Kapitel werden die Energieverbräuche der betrachteten Gebäude wiedergegeben und analysiert. Neben den tatsächlichen Energieverbräuchen (Ist-Energieverbräuche) der Gebäude werden die Abweichungen von den auf Basis der Energieausweise berechneten Soll-Werten bei den einzelnen Gebäuden abgebildet. In den Darstellungen sind zusätzlich die Baualtersgruppen der Gebäude angegeben.

2.1 Charakteristik der untersuchten Bürogebäude

Im Rahmen des Projektes wurden 20 Bürogebäude im Raum Wien analysiert. Bei der Auswahl der Gebäude wurde auch darauf geachtet, dass diese in etwa die gesamte Bandbreite der bestehenden Bürogebäude in Bezug auf Baualter, Größe, charakteristischer Länge und thermischer Hülle repräsentieren.

Baualter

Von den 20 untersuchten Gebäuden wurden 9 in der Periode 2000 – 2009, 8 Gebäude in der Periode 1980 – 1999, zwei Gebäude wurden vor 1914 (Gründerzeitgebäude) und ein Gebäude wurde nach 2010 errichtet. Ein Gebäude wurde seit der Errichtung generalsaniert. Hinsichtlich des Baualters wurde somit die gesamte Bandbreite der bestehenden Bürogebäude in die Analyse miteinbezogen.

Gebäudegröße

Die überwiegende Zahl (15) der insgesamt 20 untersuchten Bürogebäude hat eine BGF von $>10.000 \text{ m}^2$, drei Gebäude weisen eine BGF von $5.000 - 10.000 \text{ m}^2$, zwei Gebäude eine BGF von $1.000 - 5000 \text{ m}^2$ sowie ein Gebäude eine BGF von unter 1000 m^2 auf. Die Stichprobe spiegelt damit die Größenverteilung der in Wien üblichen Bürogebäude wieder.

Charakteristische Länge (l_c) der Gebäude

Im Mittel betrug die Charakteristische Länge der untersuchten Gebäude $4,24 \text{ m}$. Die Bandbreite reichte dabei von $8,1 \text{ m}$ bis $2,3 \text{ m}$. Damit waren sowohl sehr kompakte Gebäude wie auch Gebäude mit großer Oberfläche im Vergleich zum Volumen vertreten.

Mittlerer U-Wert (U_m) der Gebäude

Der Durchschnitt des mittleren U-Werts (U_m) laut Energieausweis der untersuchten Gebäude lag bei $0,71 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, die Bandbreite war dabei sehr hoch und reichte von $0,22 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ bis $1,45 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Es waren damit sowohl Gebäude mit einer gut gedämmten thermischen Hülle vertreten, wie auch solche mit hohen Wärmeverlusten.

2.2 Energieinput in die Gebäude

Der dominierende Energieträger in den 20 untersuchten Bürogebäuden ist Strom mit 39 %, gefolgt von Fernwärme mit 33 %. Umgebungswärme/kälte deckt mit 18 % den Energiebedarf (hauptsächlich bei der Kühlung), Erdgas wird zu 8 % eingesetzt und Fernkälte mit 2 %. Die Energiebereitstellung durch Photovoltaik und thermische Solarenergie spielt mengenmäßig bei den untersuchten Bürogebäuden derzeit noch keine Rolle.



Abbildung 1: Mittlere Energieinputströme aller untersuchten Gebäude in Prozent (gewichtetes Mittel nach m² BGF)

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Verteilung der Energieträger, die in die untersuchten Bürogebäude fließen, in kWh/m² a.

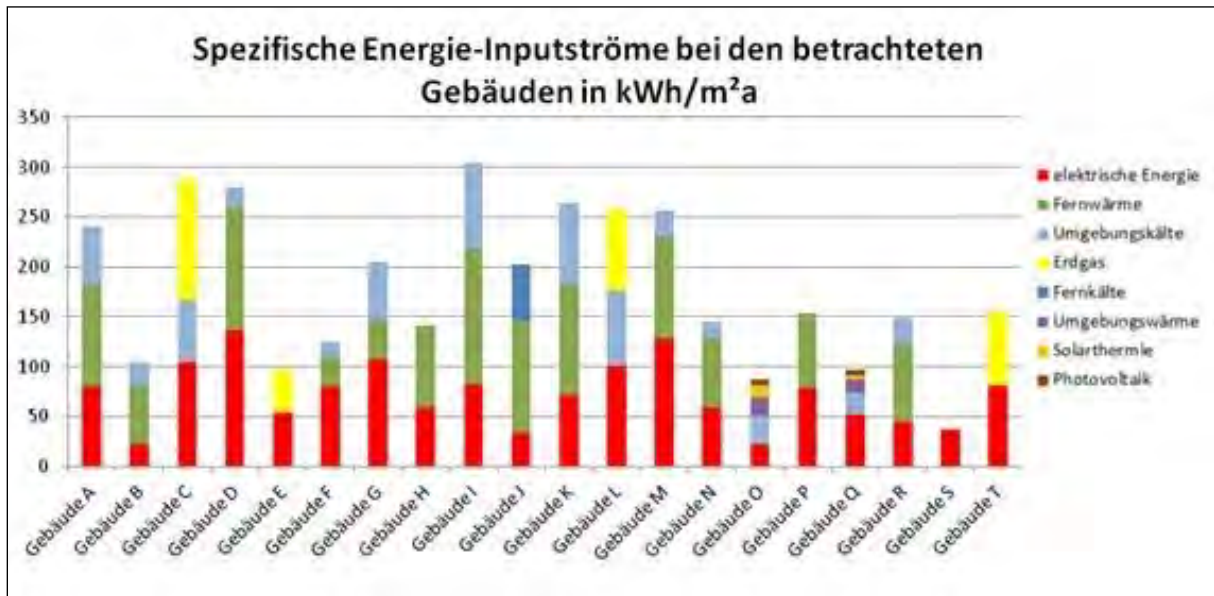


Abbildung 2: Spezifische Energie-Inputströme bei den untersuchten Gebäuden in kWh/m²a

Summiert man die einzelnen Energieträger aller 20 untersuchten Bürogebäude zusammen und dividiert sie durch die gesamte Bruttogeschossfläche dieser Gebäude so ergeben sich die durchschnittlichen spezifischen Energieinputwerte in der nachfolgenden Abbildung 3.

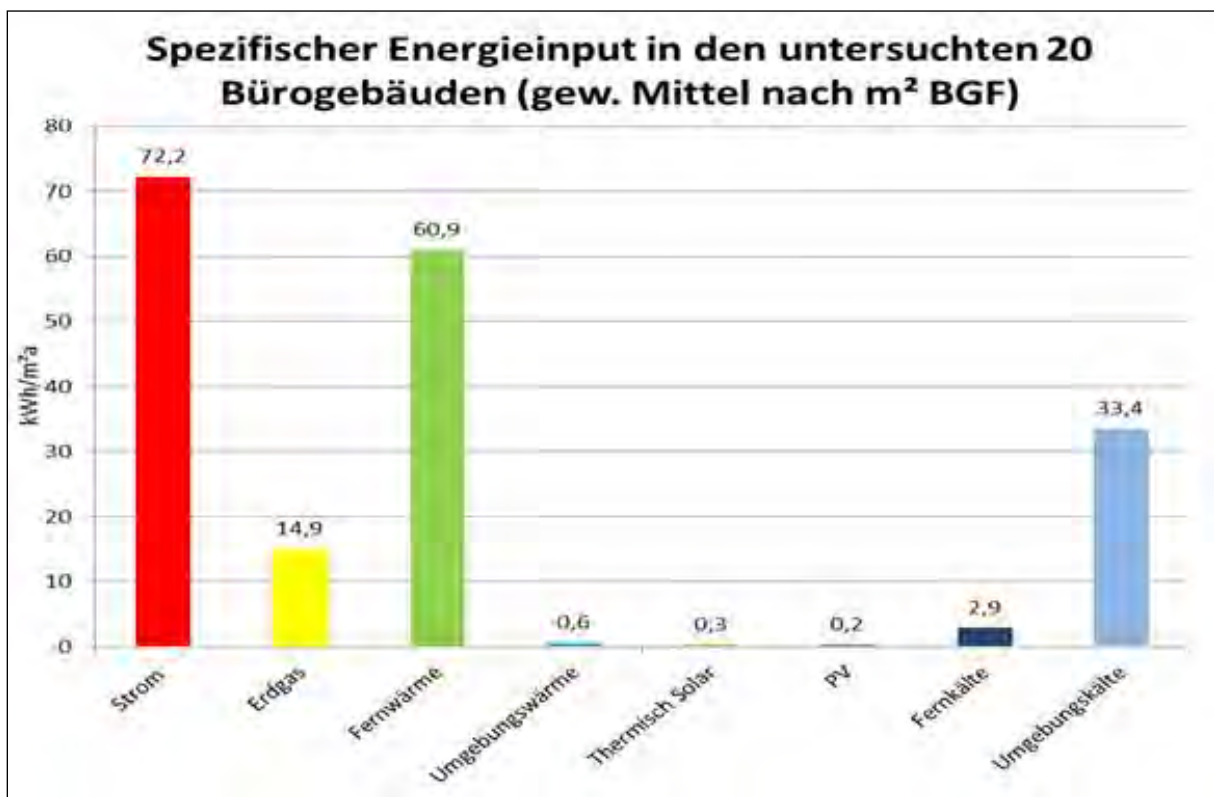


Abbildung 3: Spezifischer Energieinput in den 20 untersuchten Gebäuden (gewichtetes Mittel nach m² BGF)

2.3 Ist-Verbräuche nach Verbrauchsgruppen

Eine wesentliche Aufgabenstellung des vorliegenden Projektes ist es, die tatsächlichen Energieverbräuche (Ist-Verbräuche) in Bürogebäuden getrennt nach Verbrauchsgruppen darzustellen. Zwar sind in den Energieausweisen dieser Gebäude für einige Kategorien Plan-Verbrauchswerte (z.B. Heizenergiebedarf, Warmwasserenergiebedarf) ausgewiesen, jedoch weichen die Ist-Verbräuche in der Praxis enorm von den Planwerten ab.

Bei der Darstellung der Ist-Verbräuche wurden folgende Verbrauchsgruppen unterschieden:

- Heizen
- Warmwasser
- Beleuchtung
- Raumlüftung
- Kühlung
- Betriebsstrom

Um einen Vergleich zwischen Planwerten aus dem Energieausweis und den Ist-Verbrauchswerten zu ermöglichen, wurden die gemessenen Heizenergieverbräuche heizgradtagebereinigt. Die Mehrzahl der gemessenen Heizenergieverbräuche stammt aus den Jahren 2012 (11 Gebäude), 5 Verbrauchswerte stammen aus dem Jahr 2013. Da die Winter der Jahre 2012 und 2013 vergleichsweise milde waren, liegen die heizgradkorrigierten Verbrauchswerte über den Messwerten. Es kann daher vorkommen, dass die Summe aller korrigierten Verbrauchswerte größer ist als die Summe aller Energieinputwerte.

2.3.1 Übersicht der Verbrauchsgruppen

Den größten Nutzenergieverbrauch in Bürogebäuden verursacht die Heizung mit 48 %, gefolgt von der Kühlung mit 18 %, der Lüftung mit 14 % und der Beleuchtung mit 9 %. Vergleichsweise geringe Anteile haben der Betriebsstrom mit 8 % und das Warmwasser mit 3 %.



Abbildung 4: Mittlerer Ist-Nutzenergieverbrauch aller Gebäude in Prozent (gewichtetes Mittel nach m² BGF, heizgradtagebereinigt)

Insgesamt verbrauchen die untersuchten Bürogebäude im gewichteten Mittel (nach m² BGF) rund 192,4 kWh/m²·a Energie (inkl. Umgebungswärme und –kälte). Den größten Energieverbrauch verursacht das Heizen mit 88,2 kWh/m²·a (inklusive Umgebungswärme, heizgradtagebereinigt), gefolgt von der Kühlung mit 44,7 kWh/m²·a (inklusive Umgebungskälte), der Raumlüftung mit 25,1 kWh/m²·a und der Beleuchtung mit 15,7 kWh/m²·a.



Abbildung 5: Mittlerer Ist-Energieverbrauch aller Gebäude nach Verbraucherkategorien in kWh/m²·a (gewichtetes Mittel nach m² BGF, heizgradtagebereinigt)

2.3.2 Ist-Heizwärmeverbrauch (HWV)

Der spezifische Ist-Heizwärmeverbrauch liegt bei den untersuchten Bürogebäuden im arithmetischen Mittel bei 82,9 kWh/m²·a, die Bandbreite reicht von 13,5 kWh/m²·a bis 140,3 kWh/m²·a.

Etwa ein Drittel der Gebäude weist einen Heizwärmeverbrauch von rund 120 kWh/m²·a auf. Der arithmetische Mittelwert des Heizwärmeverbrauchs dieser 7 Gebäude liegt bei 124,9 kWh/m²·a. Interessant ist, dass diese Gebäude mit hohem Verbrauch sowohl bei der Kompaktheit als auch beim im Energieausweis angegebenen U-Wert im Durchschnitt der Gesamtgruppe liegen.

Die Charakteristische Länge (l_c) der 7 Gebäude mit dem höchsten Heizwärmeverbrauch (Gebäude A, C, D, I, J, K, M) liegt im Mittel bei 3,97 m und damit geringfügig unter dem Wert des Gesamtdurchschnitts aller 20 Gebäude von 4,23 m.

Der mittlere U-Wert (U_m) liegt bei den 7 Gebäuden mit dem höchsten Heizwärmeverbrauch mit 0,72 W/m²·K nur geringfügig höher als der Durchschnitt aller 20 Gebäude, der bei 0,69 W/m²·K liegt. Es kann daher der Schluss gezogen werden, dass die Gründe für den überdurchschnittlich hohen Heizwärmeverbrauch nicht bei der geplanten Gebäudehülle liegen, sondern durch Abweichungen bei der Anlagenerrichtung, im Betrieb und in der Nutzung

entstehen. Gründe für einen erhöhten Energieverbrauch gegenüber dem Planungsstadium können sein:

- Höhere Raumtemperatur als bei der Planung/Berechnung (auch gemäß ÖNORM H 7500) angenommen z.B. im Winter 22-23 Grad C anstatt 20 Grad C lt. Norm. Als Beispiel kann genannt werden, dass eine um 1 Grad C höhere Raumtemperatur im Winter den Energieverbrauch der Heizanlage um 6-11 % erhöht.
- Teilweise Überdimensionierung der Anlagen in der Planung und auch später bei der Ausführung (Sicherheitsreserven, Baugrößen, etc.)
- Betrieb der Anlagen zur vollsten „Zufriedenheit“ der NutzerInnen, Verwalter oder EigentümerInnen zum Teil ohne Rücksicht auf den Energieverbrauch (Weiterverrechnung)
- suboptimal gewählte Betriebszeiten
- mangelhafte hydraulische Einregulierung
- nicht genutztes Optimierungspotential bei den Anlagen

Der Mittelwert des Heizwärmeverbrauchs (HWV) jener 9 Gebäude, die nach dem Jahr 2000 errichtet wurden (A, B, E, G, I, J, O, Q, R), liegt mit 71,3 kWh/m²·a etwas unter dem Durchschnitt der Gesamtgruppe, der Mittelwert der 10 Gebäude, die zwischen 1990 und 1999 errichtet wurden, liegt mit 93,3 kWh/m²·a. etwas höher als die Gesamtgruppe.

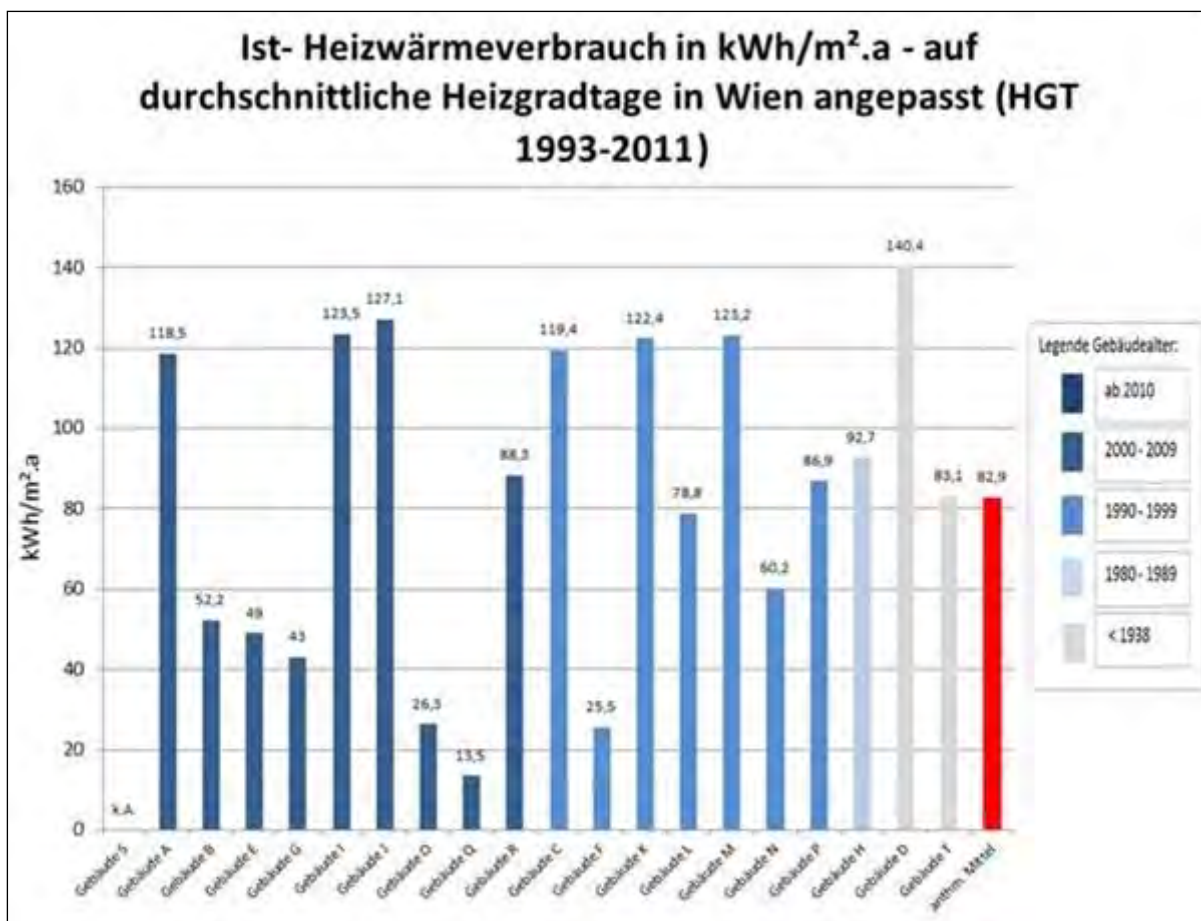


Abbildung 6: Ist-Heizwärmeverbrauch (HWV – exkl. Umwandlungs- und Verteilverluste) in kWh/m².a

Es zeigt sich somit, dass jüngere Bürogebäude bereits einen geringeren Ist-Heizwärmeverbrauch aufweisen als der Durchschnitt der Gesamtgruppe.

Tabelle 2: Durchschnittlicher Heizwärmeverbrauch (HWV) der untersuchten Gebäude nach Baujahrklassen

Durchschnittlicher Heizwärmeverbrauch der untersuchten Gebäude nach Baujahrklassen	
Baujahr	Ist-Heizwärmeverbrauch
> 2000	71,3 kWh/m ² .a
1990 - 1999	93,3 kWh/m ² .a
alle Gebäude	82,9 kWh/m ² .a

2.3.3 Ist-Heizenergieverbrauch (HEV)

Der Ist-Heizenergieverbrauch zeigt im Wesentlichen eine ähnliche Verteilung der einzelnen Gebäudewerte auf. In Gebäuden in denen die Wärmeerzeugung durch Erdgas erfolgt, liegt der Heizenergieverbrauch um 15 % (10 % Kesselverluste + 5 % Verteilverluste) höher als der Heizwärmeverbrauch, in Gebäuden mit Fernwärmeversorgung oder Wärmepumpenanwendung liegt der Heizenergieverbrauch um 5 % (nur Verteilverluste) höher. Durch die rechnerische Verknüpfung des Heizwärmeverbrauchs mit dem Heizenergieverbrauch über die Verluste, sind die Gründe für den erhöhten Verbrauch die gleichen wie im vorigen Kapitel beschrieben.

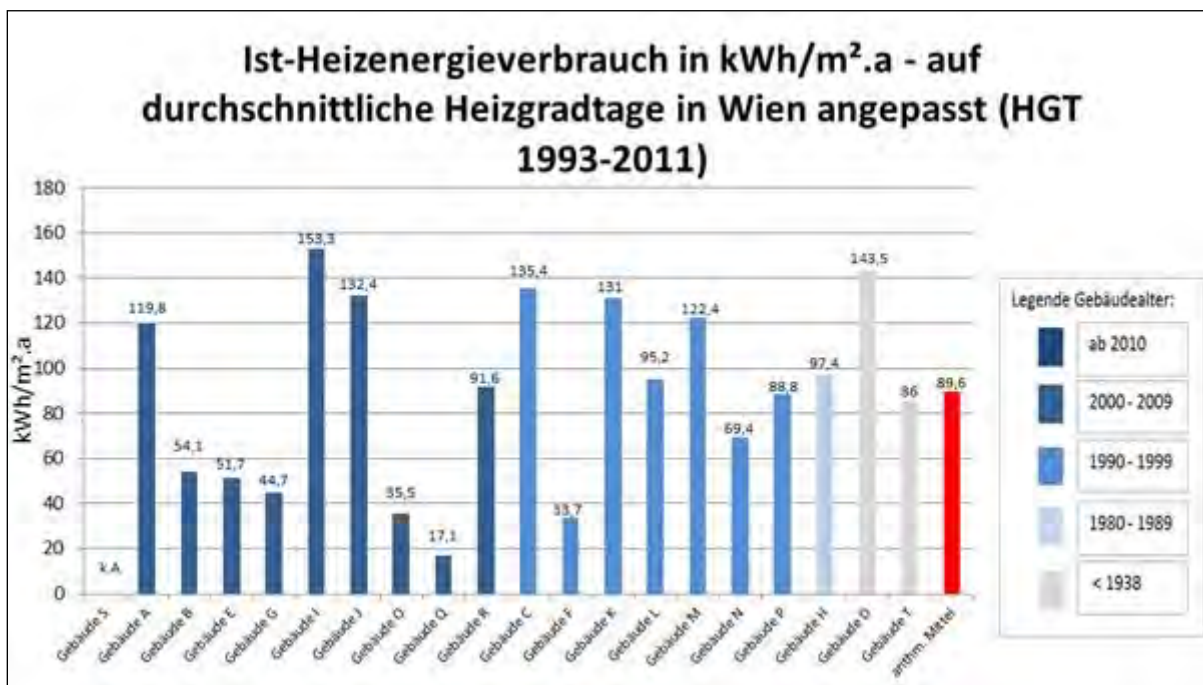


Abbildung 7: Ist-Heizenergieverbrauch (HEV – inklusive Verteil- und Umwandlungsverluste) in kWh/m²a

2.3.4 Ist-Warmwasserwärmeverbrauch (WWWV)

Die Daten des Warmwasserwärmeverbrauchs sind in den meisten Gebäuden mit hoher Unsicherheit behaftet, da diese Werte aus bautechnischen Gründen (oft dezentrale Elektro-Untertischspeicher) nicht gemessen werden, sondern im Rahmen des Projektes rechnerisch über den Kaltwasserverbrauch angenähert wurden.

Mit durchschnittlich $5,6 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{a}$ liegt der Ist-Warmwasserwärmeverbrauch in den untersuchten Bürogebäuden aber im Bereich des im Energieausweis angenommenen Default-Werts von $4,71 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{a}$, und lässt den Schluss zu, dass die im vorliegenden Projekt verwendeten Berechnungsmethoden im realistischen Rahmen liegen. Gesamt betrachtet spielt der Warmwasserwärmeverbrauch in Bürogebäuden im Vergleich zu den anderen Energieverbräuchen nur eine untergeordnete Rolle.

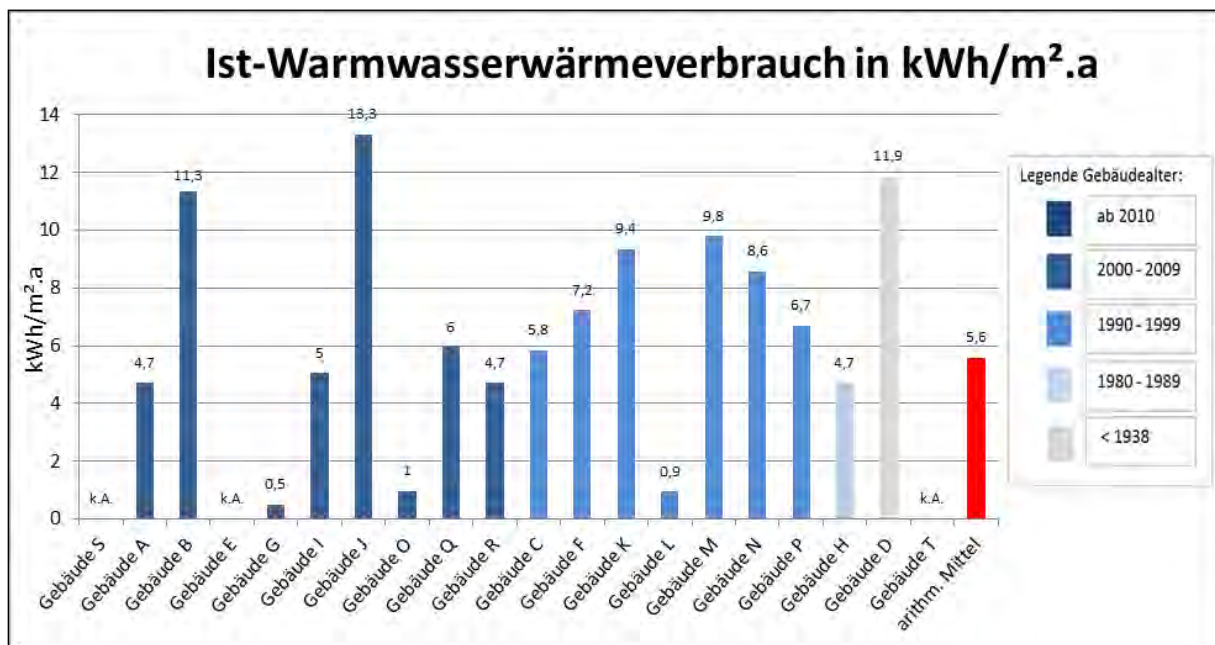


Abbildung 8: Ist-Warmwasserwärmeverbrauch (WWWV - exkl. Verteilverluste) in $\text{kWh/m}^2\cdot\text{a}$

2.3.5 Ist-Beleuchtungsenergieverbrauch (BelEV)

Der Beleuchtungsenergieverbrauch liegt bei den meisten Gebäuden zwischen 5 und 30 kWh/m²·a. Der Grund für den überdurchschnittlich hohen Wert von Gebäude M könnte in der Ermittlungsmethode liegen. Der Beleuchtungsenergieverbrauch wurde in vielen Bürogebäuden nicht direkt gemessen sondern durch die Differenz zwischen Gesamtstromverbrauch (Messung des Hauptzählers) und den anderen bekannten elektrischen Verbrauchsgruppen ermittelt. Ein Grund für den auffallend hohen Beleuchtungsenergieverbrauch bei Gebäude M könnte darin liegen, dass in diesem Wert auch Teile anderer elektrischer Energieverbräuche „versteckt“ (z.B. Außenbeleuchtung etc.) sind.

Eine Gruppe von 6 Gebäuden weist einen sehr niedrigen Beleuchtungsenergieverbrauch von ca. 5,2 kWh/m²·a oder darunter auf. In einigen dieser Gebäude werden ein Tageslichtmanagement und hocheffiziente Beleuchtungstechnologien verwendet, wodurch sich diese niedrigen Werte erklären.

Weiters kann noch festgehalten werden, dass der in der ÖNORM H 5059 definierte Default-Wert für den Beleuchtungsenergiebedarf (LENI-Wert) für Bürogebäude mit 32,2 kWh/m²·a (ÖNORM, 2010) relativ hoch zu sein scheint. Mit Ausnahme von 4 Gebäuden wird dieser deutlich unterschritten.

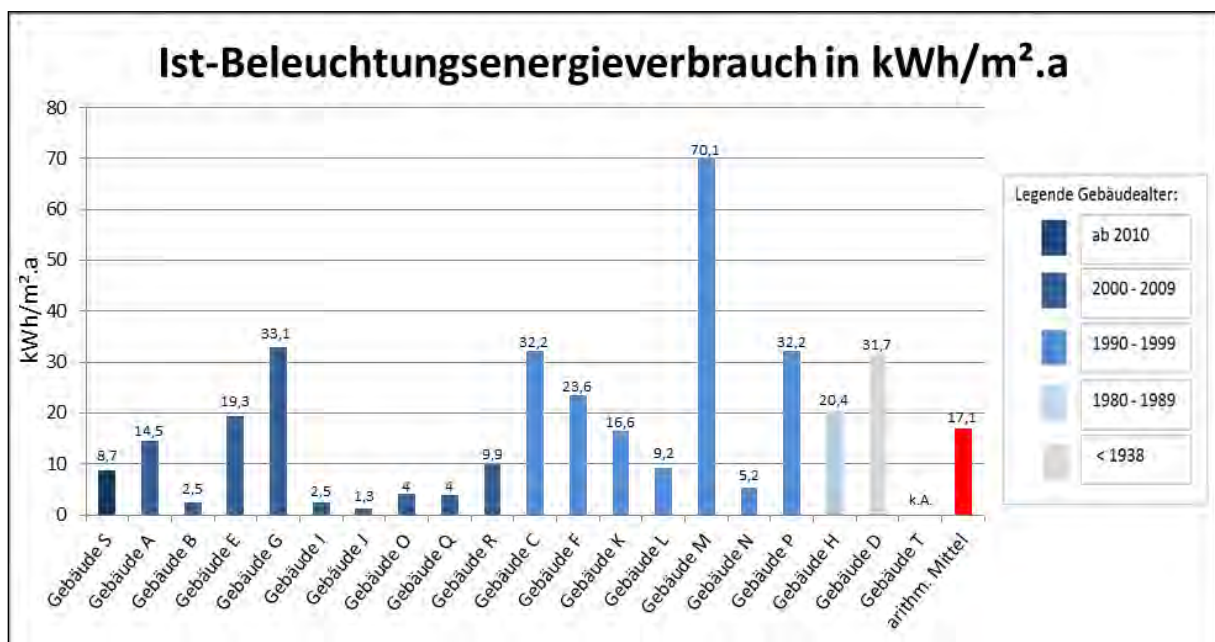


Abbildung 9: Ist-Beleuchtungsenergieverbrauch (BelEV) in kWh/m²·a

2.3.6 Ist-Lüftungsenergieverbrauch (RLTEV)

Der Lüftungsenergieverbrauch wurde in den meisten Gebäuden direkt gemessen oder anhand der Leistungsdaten und der Betriebsstunden ermittelt. Der Mittelwert liegt bei 22,7 kWh/m²·a, die Bandbreite liegt zwischen 5,37 und 48,36 kWh/m²·a. Es fällt auf, dass sehr niedrige Werte in den Gebäuden O und Q auftreten. Diese Gebäude zeigen auch in anderen Verbrauchsgruppen (Heizwärme, Beleuchtung, Kühlung) sehr niedrige Werte. Allgemein kann man daraus schließen, dass die Gebäude O und Q offensichtlich über äußerst effiziente Anlagen verfügen, die auch effizient betrieben werden.

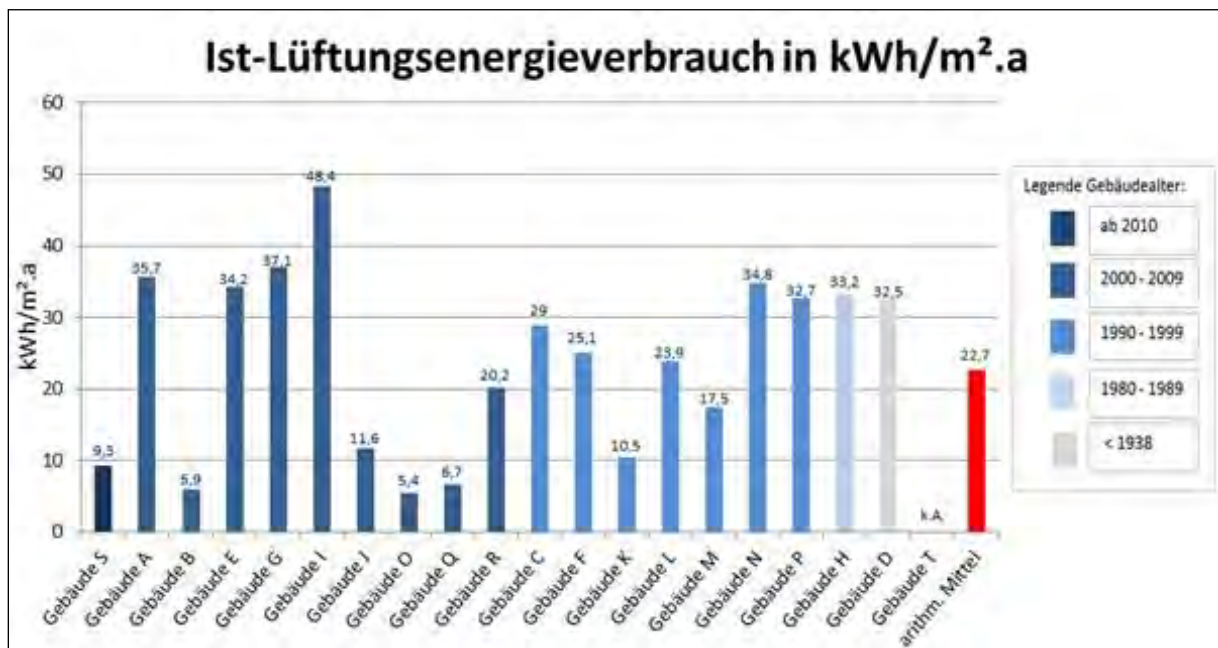


Abbildung 10: Ist-Lüftungsenergieverbrauch (RLTEV) in kWh/m²·a

2.3.7 Ist-Kälteenergieverbrauch thermisch (inkl. Verluste)

Der Kälteenergieverbrauch ist jene thermische Energiemenge, die benötigt wird, um die Räume auf Solltemperatur zu kühlen und beinhaltet auch die Verteilungsverluste im Gebäude. Der Kälteenergieverbrauch wurde in den meisten Gebäuden direkt gemessen oder über den Stromverbrauch der Kälteanlagen und die Jahresarbeitszahl (JAZ) ermittelt.

Bei den meisten Gebäuden wird die Kühlenergie durch Kompressionskältemaschinen erzeugt, die üblicherweise eine JAZ von 3 aufweisen. Der Stromverbrauch für die Bereitstellung der Kälte beträgt bei diesen Anlagen daher etwa 1/3 des Kälteenergieverbrauchs.

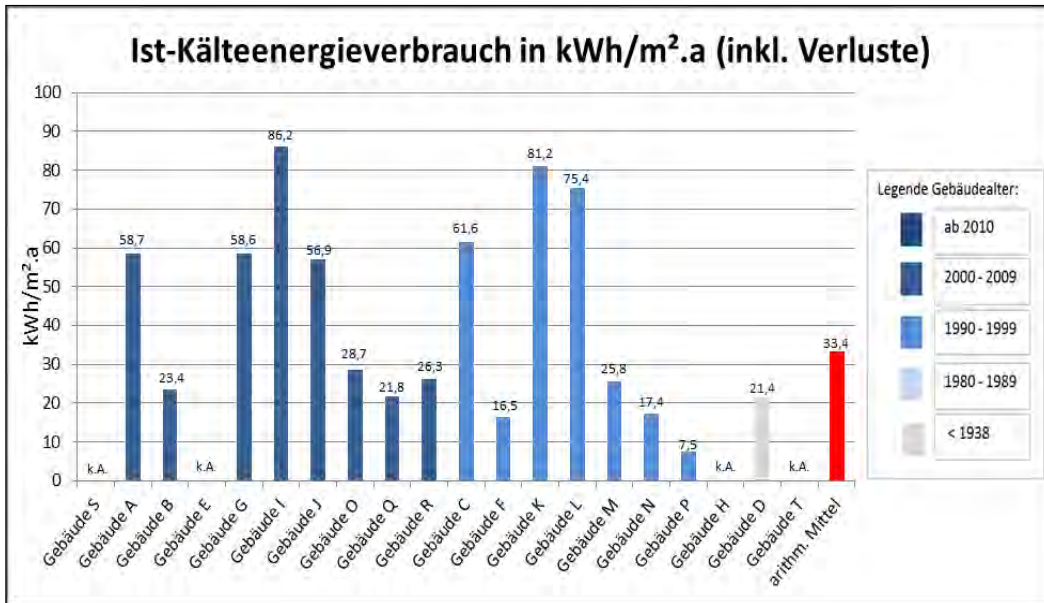


Abbildung 11: Ist-Kälteenergieverbrauch (inkl. Verteil- und Umwandlungsverlusten) in kWh/m².a

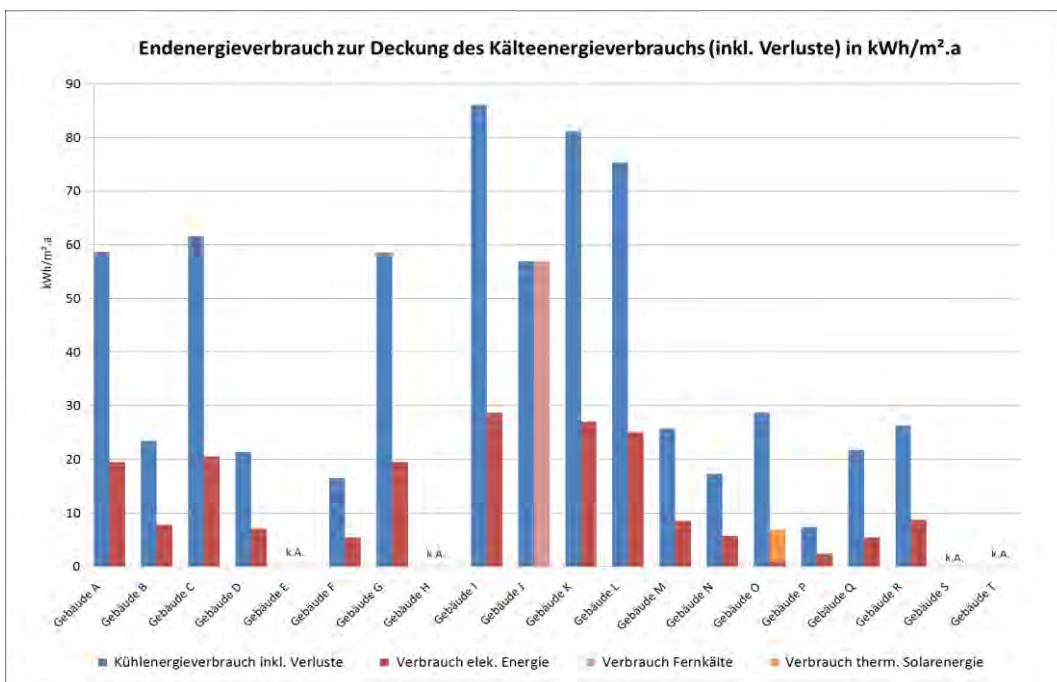


Abbildung 12: Endenergieverbrauch zur Deckung des Kälteenergieverbrauchs (inkl. Verluste) in kWh/m².a

Bei Gebäude O erfolgt die Kühlung zu 2/3 mittels Grundwasser und zu 1/3 durch solare Kühlung. Bei der Kühlung mittels Grundwasser wurde ein COP von 33 gemessen (mit 1 kWh Pumpenergie können 33 kWh Kühlenergie bereitgestellt werden). Bei jenem Drittel des Kühlverbrauchs, das durch solare Kühlung abgedeckt wird, wird für eine 1 kWh Kühlenergie etwa 1,25 kWh solare Wärme benötigt.

Der Mittelwert des Kälteenergieverbrauchs liegt in den untersuchten Gebäuden bei 33,4 kWh/m².a Die Verteilung der Kälteenergie-Verbrauchswerte zeigt zwei große Blöcke:

rund die Hälfte der Gebäude liegt zwischen 10 und 25 kWh/m²·a, die andere Hälfte deutlich höher zwischen 55 und 85 kWh/m²·a.

Es fällt auf, dass von den 7 Gebäuden (A, C, D, I, J, K, M), die den größten Heizwärmebedarf aufweisen, 5 Gebäude davon (A, C, I, J, K) auch zu den „Top 7“ beim Kälteenergieverbrauch zählen. Eine Schlussfolgerung daraus kann sein, dass die geplanten Werte für z.B. die Raumtemperatur mit den tatsächlichen Werten nicht übereinstimmen. Beispielsweise führt eine um 1 Grad C niedriger eingestellte Raumtemperatur im Sommer zu einem um 12-18 % höheren Energieverbrauch der Kältebereitstellung.

2.3.8 Ist-Betriebsstromverbrauch (BSV)

Der Betriebsstromverbrauch setzt sich aus dem Strombedarf für die IKT sowie sonstige Steckdosenverbraucher wie z.B. Geräte in der Teeküche oder Schreibtischlampen zusammen. Eine Unsicherheit bei der Datenqualität besteht darin, dass nicht auszuschließen ist, dass auch kleinere Haustechnikverbraucher wie Umwälzpumpen oder mobile Heizgeräte (z.B. Heizlüfter) zu dieser Verbrauchergruppe hinzugezählt werden. Der arithmetische Mittelwert der spezifischen Betriebsstrom-Verbrauchswerte beträgt 15,8 kWh/m²·a. Die Bandbreite reicht dabei von sehr geringen Werten von ca. 3 kWh/m²·a bis hin zu 53 kWh/m²·a. Die sehr hohen spezifischen Werte von Gebäude D und L könnten auch auf die unscharfe Abgrenzung zwischen Betriebsstrom und anderen Endverbrauchsgruppen zurückzuführen sein.

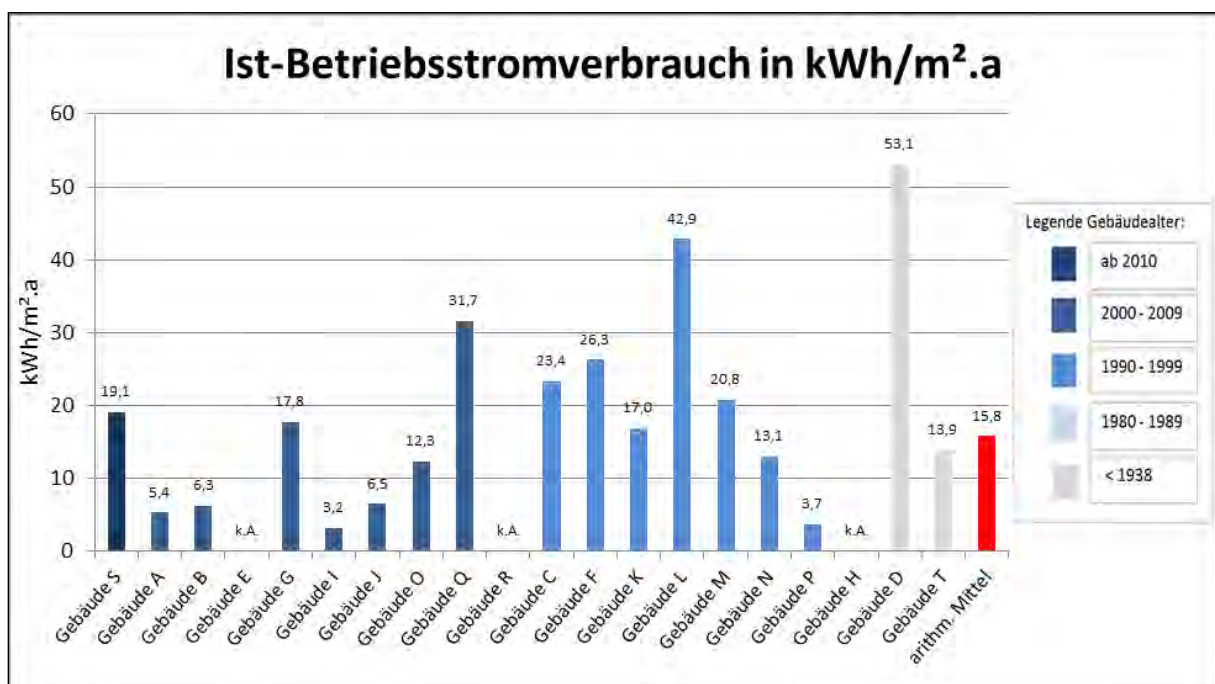


Abbildung 13: Ist-Betriebsstromverbrauch (BSV) in kWh/m²·a

2.4 Vergleich der Ist- und Soll-Verbräuche

Im folgenden Kapitel wird dargestellt, inwieweit die Ist-Energieverbräuche der Bürogebäude von den in den Energieausweisen berechneten Werten abweichen.

2.4.1 Ist-Verbrauch und Soll-Bedarf von Heizwärmebedarf

Die gemessenen Ist-Verbrauchswerte des Heizwärmebedarfs wurden auf die durchschnittlichen Heizgradtagsummen in Wien der Jahre 1993 – 2011 (2.916,3 Kd) angepasst (Quelle: MA 20, 2013, S.109). Vergleicht man die angepassten Ist-Verbrauchswerte mit den Sollwerten aus den Energieausweisen, so zeigen 14 von 17 Gebäuden eine Überschreitung der Soll-Werte, in 3 Gebäuden werden die Soll-Werte unterschritten.

Im arithmetischen Durchschnitt überschreiten die untersuchten Gebäude die Soll-Werte beim Heizwärmebedarf um 102 %! Berücksichtigt man, dass die HWB-Werte der Energieausweise in Wien in der Regel auf Basis von 3.400 Kd-HGT berechnet sind, so wären die Ist-Werte, würden sie auf diesen HGT-Wert korrigiert, nochmals um 16 % höher.

Auffällig ist die sehr hohe Überschreitung der Soll-Werte der Gebäude M, A und I, welche über 200 % liegen. Der mittlere U-Wert im Energieausweis liegt bei diesen Gebäuden ($0,70 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ bei Gebäude M, $0,555 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ bei Gebäude A und $0,691 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ bei Gebäude I) sehr nahe dem Gesamtdurchschnitt aller untersuchten Gebäude von $0,71 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

Der überdurchschnittlich hohe Mehrverbrauch beim Gebäude M (ca. 500 %) liegt vermutlich in einer Kombination aus zu niedrig angesetztem Soll-Wert im Energieausweis und einem sehr hohem Ist-Verbrauch durch nicht optimale Betriebsführung und dem NutzerInnenverhalten. Weiters könnte ein Grund darin liegen, dass die Bauausführung nicht entsprechend der dem Energieausweis zugrundeliegenden Annahmen erfolgte.

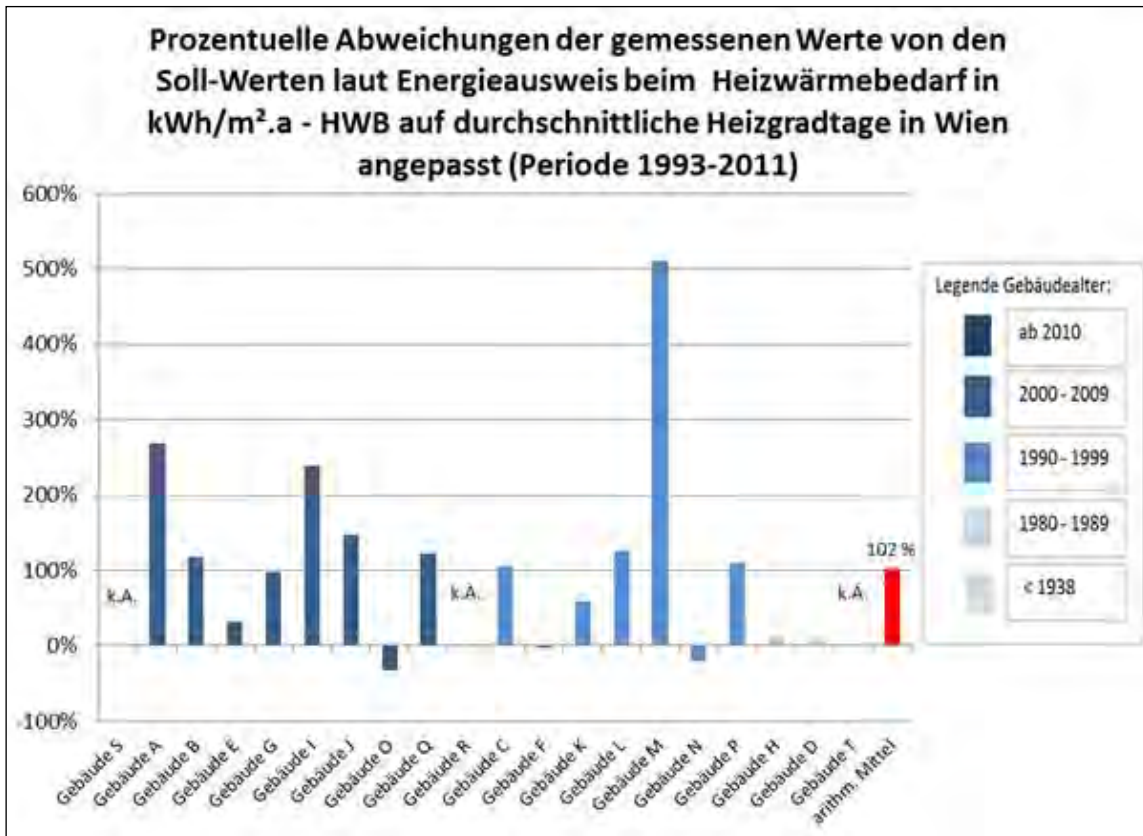


Abbildung 14: Ist-Soll-Vergleich HWV zu HWB in Prozent der Abweichung



Abbildung 15: Abweichungen HWV zu den Sollwerten in kWh/m².a

Der arithmetische Mittelwert der Überschreitung des spezifischen Ist-Heizwärmebedarfs gegenüber dem Soll-Wert beträgt 33,53 kWh/m²·a. Auffällig ist, dass 4 Gebäude (A, I, J und M) den Soll-Wert um mehr als 75 kWh/m²·a überschreiten. Das Gebäude M überschreitet den Soll-Wert um 103 kWh/m²·a, das Gebäude I um 87,2 kWh/m²·a, das Gebäude A um 86,4 kWh/m²·a und das Gebäude J um 75 kWh/m²·a. Die durchschnittliche Gebäudegröße dieser 4 Gebäude liegt bei 13.000 m² BGF und ist damit fast gleich wie die durchschnittliche Gebäudegröße aller 20 untersuchten Objekte (14.300 m² BGF). Allein der Mehrverbrauch der 4 Gebäude gegenüber dem Soll-Verbrauch aus dem Energieausweisen beträgt 4,6 GWh/a Wärmeenergie.

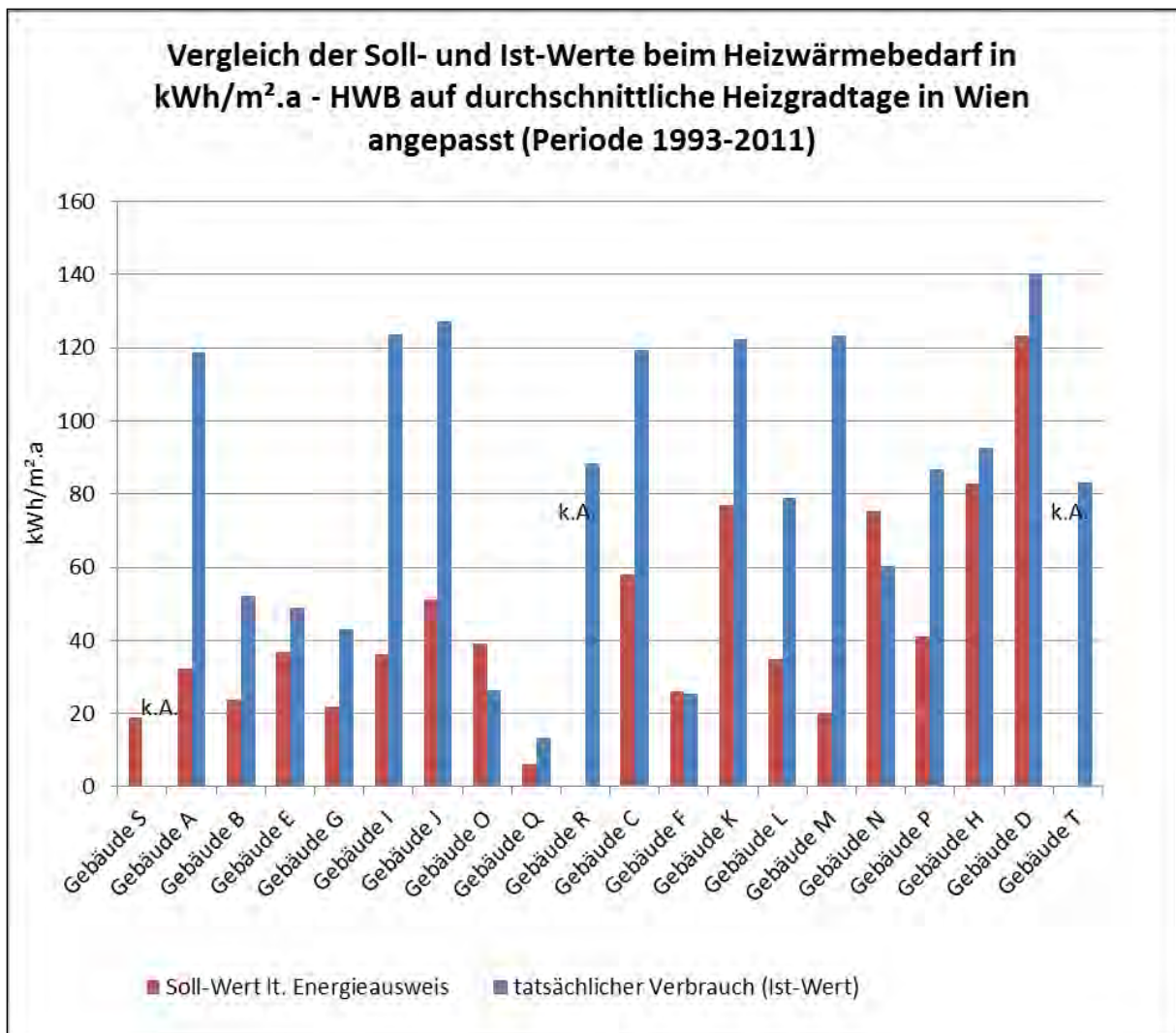


Abbildung 16: Soll-Ist-Vergleich HWB zu HWV

2.4.2 Ist- und Soll-Vergleich von Warmwasserenergiebedarf

Bei Bürogebäuden bzw. Nicht-Wohngebäuden wird in der Planung ein Soll-Wert von 4,71 kWh/m²·a über das gebäudespezifische Nutzerprofil berechnet. Der Warmwasserverbrauch in Bürogebäuden resultiert im Wesentlichen aus dem Wasserverbrauch beim Handwaschbecken in Toiletten sowie in den Teeküchen. Der Ist-Warmwasserverbrauch liegt im Mittel ca. 39 % über dem Soll-Wert. Allerdings muss dabei berücksichtigt werden, dass die absoluten Warmwasserenergieverbräuche im Vergleich zu den anderen Nutzenergiegruppen sehr niedrig sind und die bestehenden Abweichungen auch aufgrund von Unschärfen bei der Datenerfassung auftreten können.

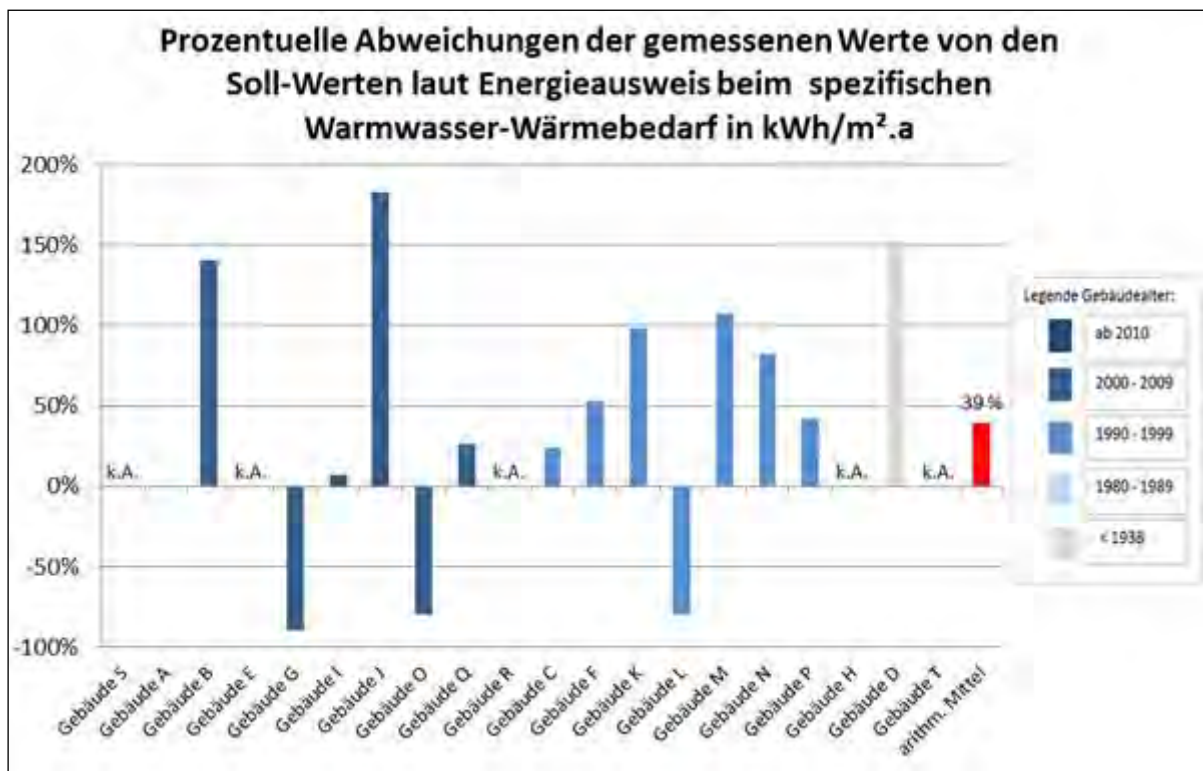


Abbildung 17: prozentuelle Abweichungen des WWWV zum WWWB in kWh/m²·a

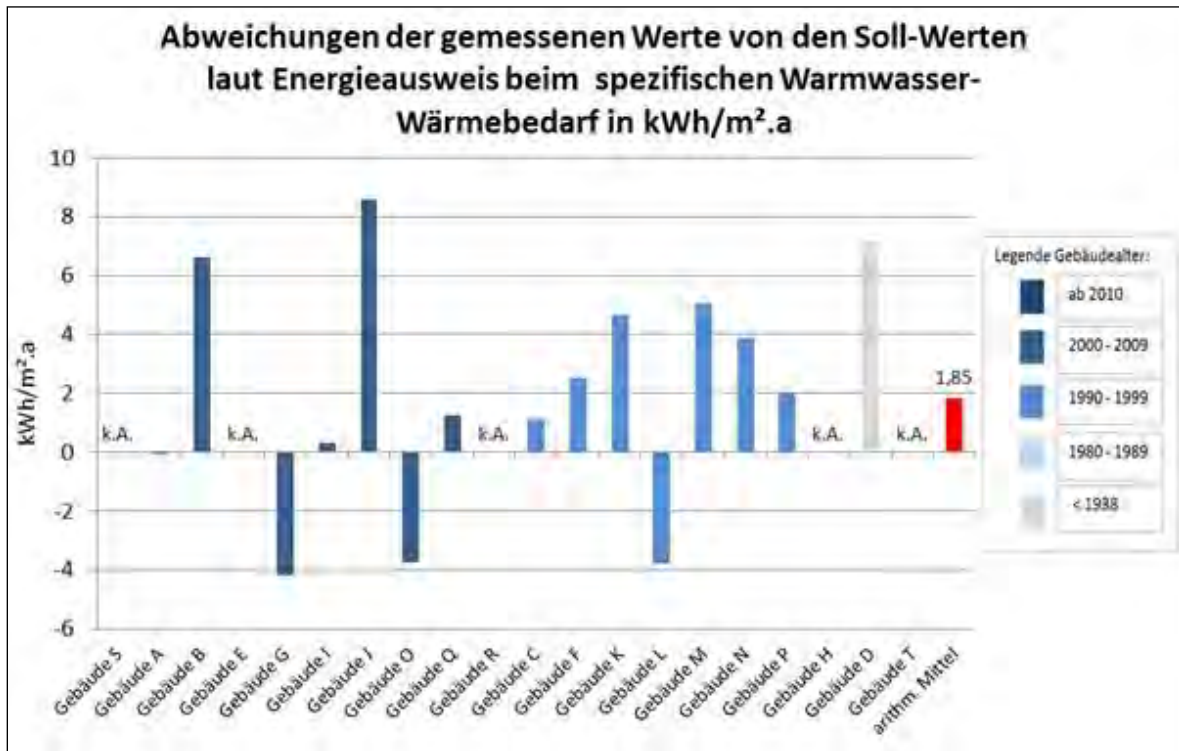


Abbildung 18: Abweichungen WWWV zu WWWB in kWh/m².a

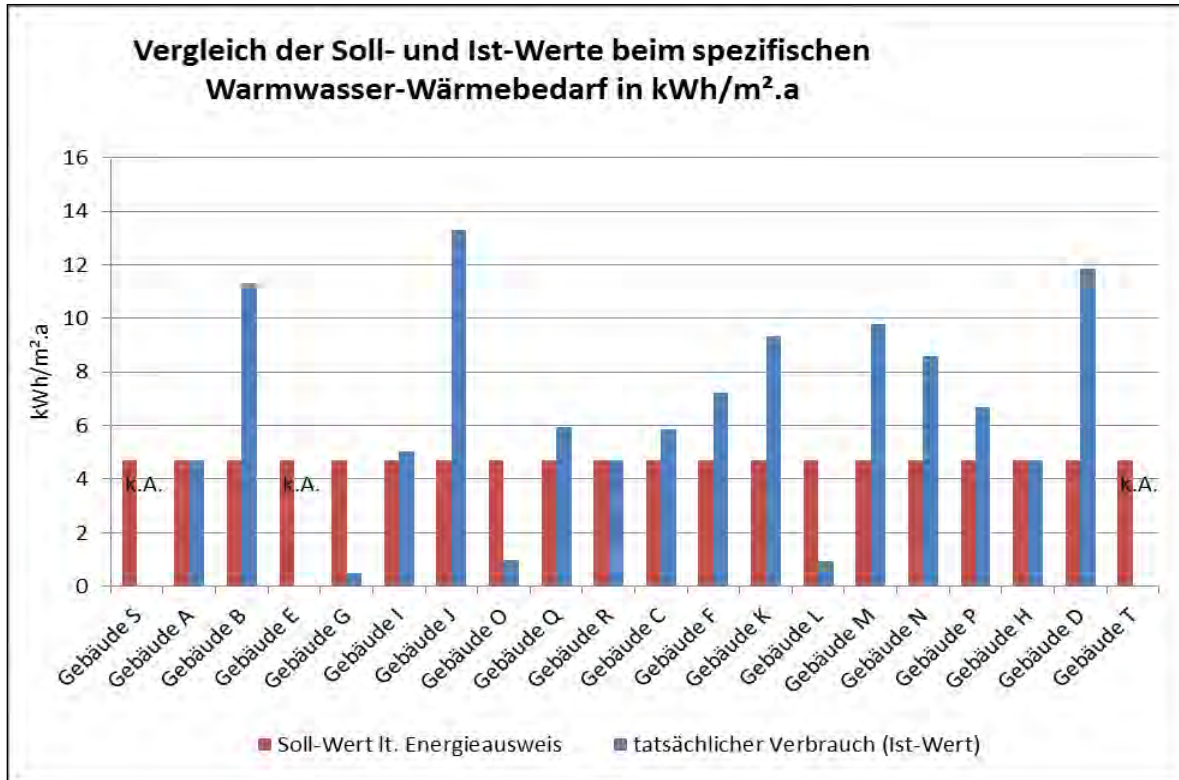


Abbildung 19: Vergleich der Soll-Ist WWWB zu WWWV

2.4.3 Ist- und Soll-Vergleich von Kälteenergiebedarf

Da der Kälteenergiebedarf erst seit einigen Jahren im Energieausweis eigens ausgewiesen wird, fehlt dieser Soll-Wert bei der Mehrheit der untersuchten Gebäude. Bei jenen 6 Gebäuden, die bereits einen Kälteenergiebedarf im Energieausweis ausgewiesen haben, liegt dieser Wert zwischen 10 und 35 kWh/m²·a. Die tatsächlichen Verbräuche dieser 6 Gebäude liegen im Mittel um 39 % oder rund 7,6 kWh/m²·a höher als der Soll-Wert.

Es fällt auf, dass jene Gebäude, die noch keinen Kälteenergiebedarf im Energieausweis ausgewiesen haben, einen deutlich höheren Ist-Verbrauch aufweisen als der Rest der Gebäude (insbesondere bei den Gebäuden I, K und L).

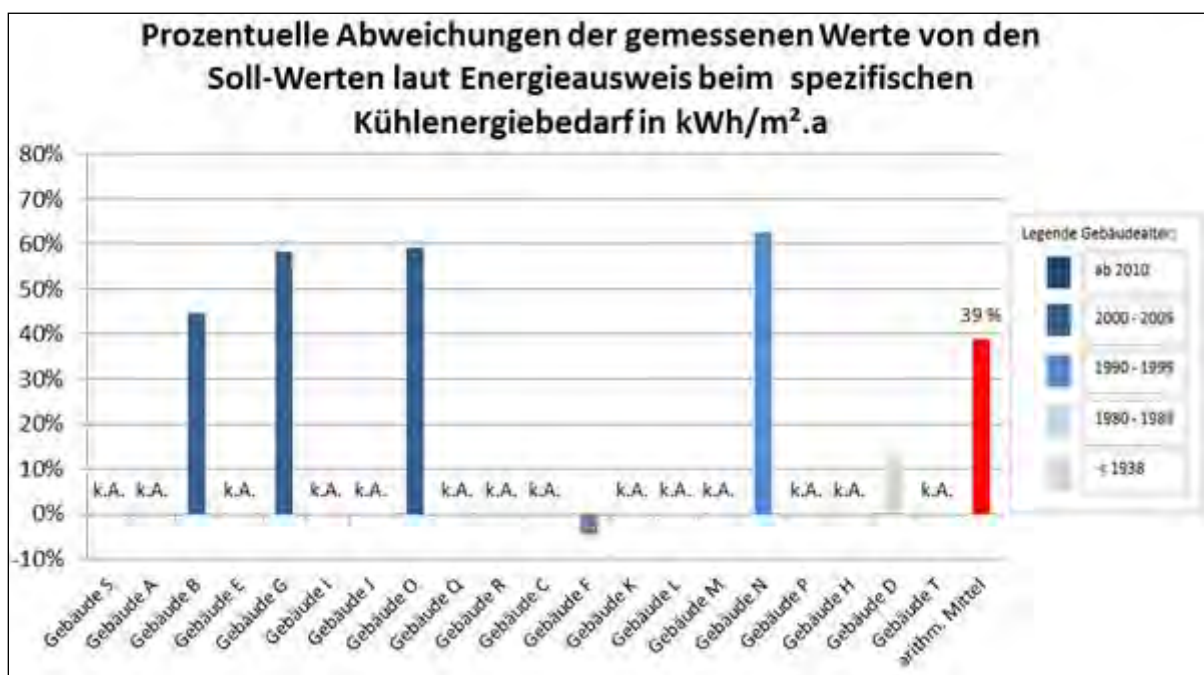


Abbildung 20: Prozentuelle Abweichungen des spez. Kälteenergieverbrauchs zum berechneten Bedarf in kWh/m²·a

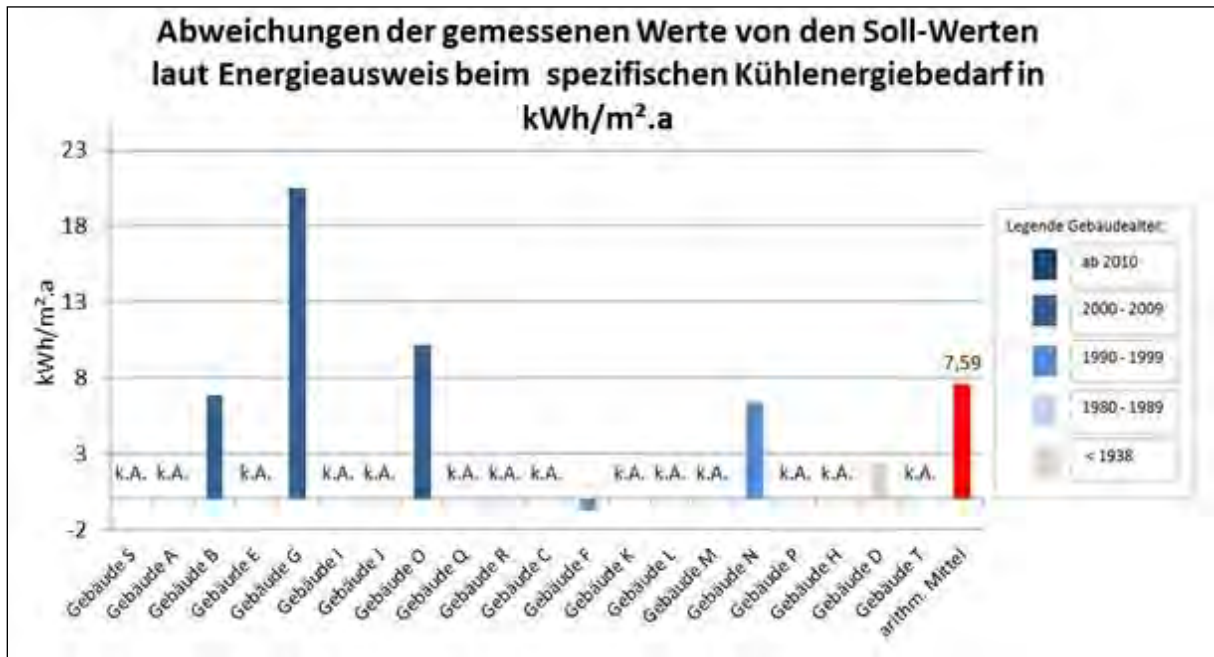


Abbildung 21: Abweichungen des Kälteenergieverbrauchs zum Kälteenergiebedarf in kWh/m².a

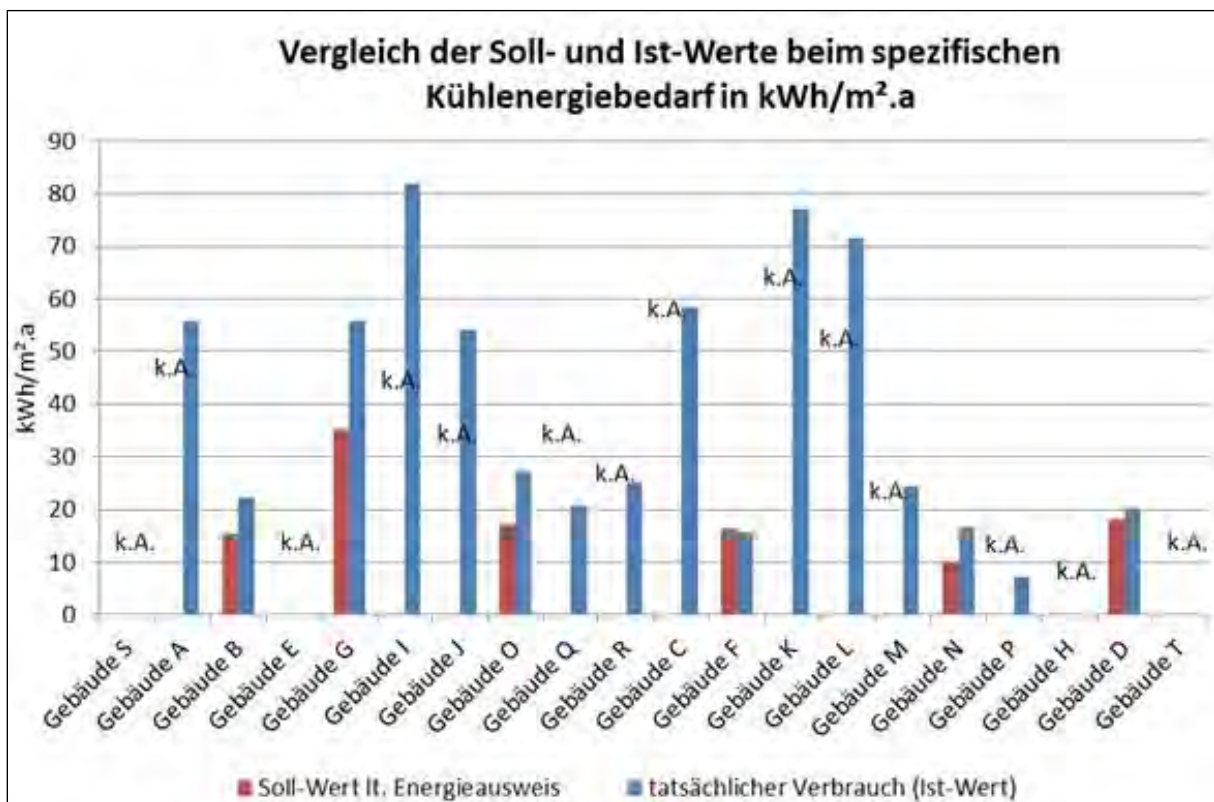


Abbildung 22: Vergleich Soll-Ist beim spez. Kälteenergieverbrauch in kWh/m².a

Die Kältearbeit zur Deckung des Kühlbedarfs wird in den meisten Bürogebäuden durch konventionelle Kompressionskältemaschinen erzeugt, denen für dieses Projekt eine JAZ von 3 zugrunde gelegt wird, d.h. dass mit 1 kWh Strom, 3 kWh Kältearbeit erzeugt werden können. In einem Gebäude wird der Kühlbedarf ausschließlich mittels Grundwasser und Betonkernaktivierung gedeckt, hier können mit 1 kWh Strom (Pumpenergie für das Kühlwasser) 33 kWh Kühlbedarf gedeckt werden. In einem Fall wird die Gebäudekühlung über eine bivalente Wärmepumpe mit Erdwärmesondenanlage als Wärmetauscher bereitgestellt, hier wurde für den Kühlfall eine JAZ von 4 angenommen.

2.4.4 Ist- und Soll-Vergleich von Beleuchtungsenergiebedarf

In den meisten untersuchten Gebäuden wurde der Soll-Wert beim Beleuchtungsenergiebedarf mit 32,2 kWh/m²·a (LENI-Wert) festgelegt.

5 Gebäude haben einen niedrigeren Soll-Wert im Bereich zwischen 20 und 28 kWh/m²·a.

Im Mittel liegen die Ist-Werte mit rund 40 % oder 12,1 kWh/m²·a deutlich unter den Planwerten. Ein Grund dafür liegt vermutlich im Einsatz von deutlich effizienteren Leuchtmittel (Lampen) und Beleuchtungssysteme, als sie im Energieausweis angenommen wurden.

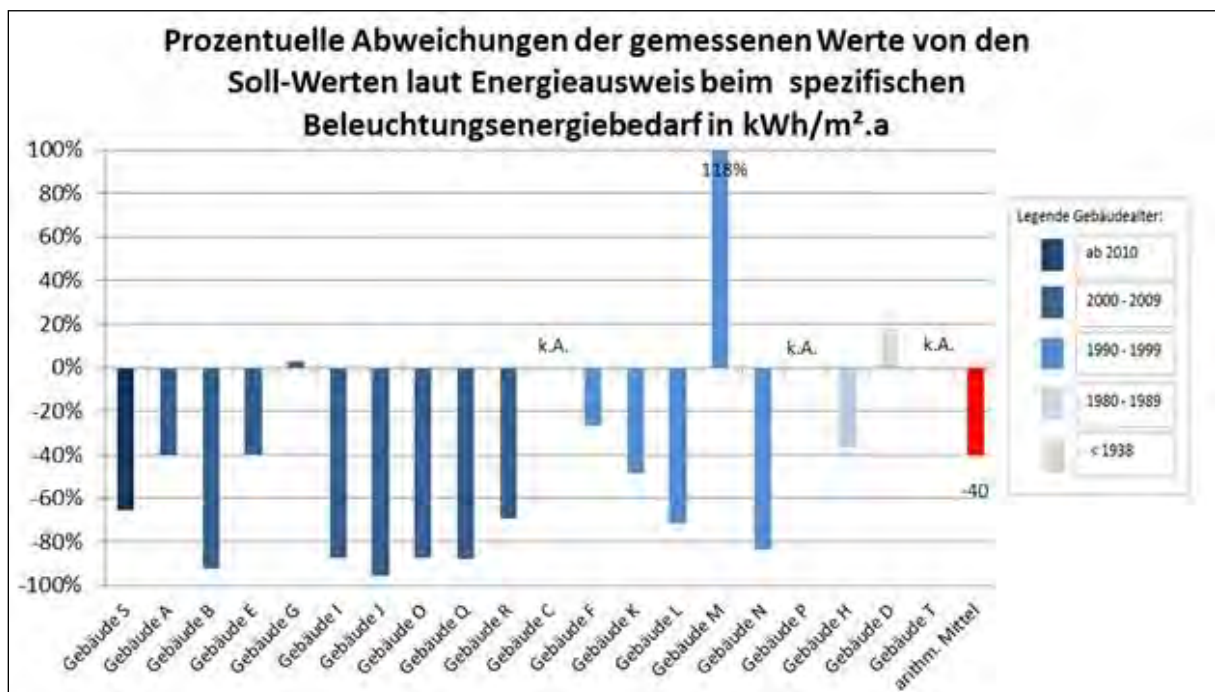


Abbildung 23: Prozentuelle Abweichung beim Beleuchtungsenergieverbrauch (BelEV) in kWh/m²·a

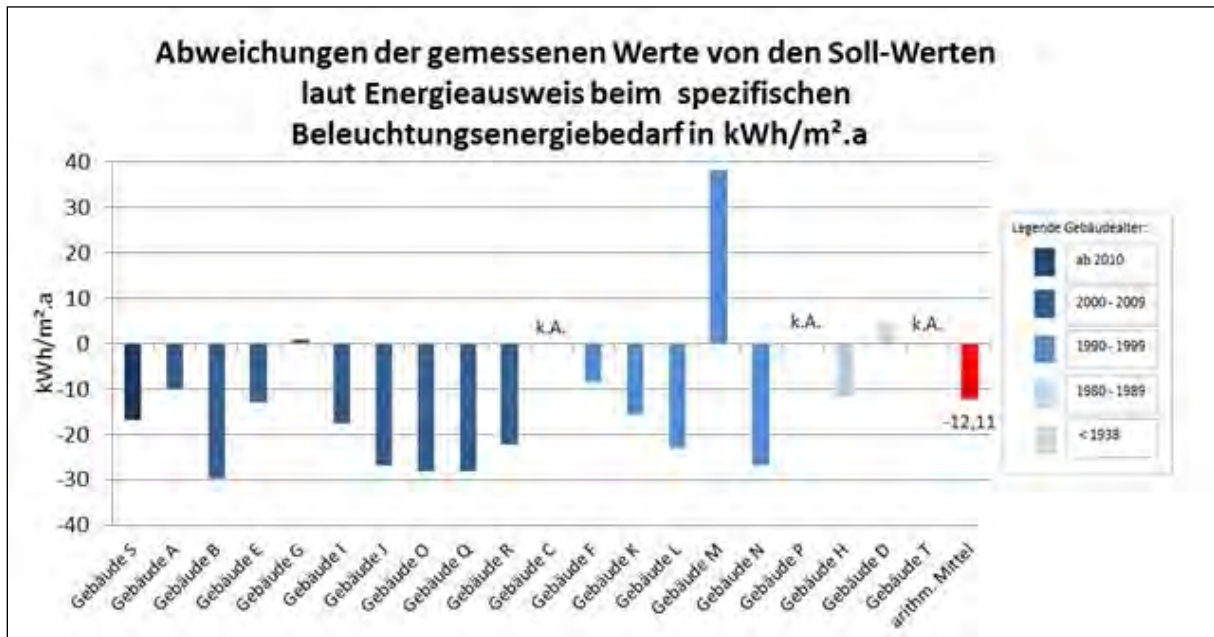


Abbildung 24: Abweichung beim Beleuchtungsenergieverbrauch (BeEV) in kWh/m².a

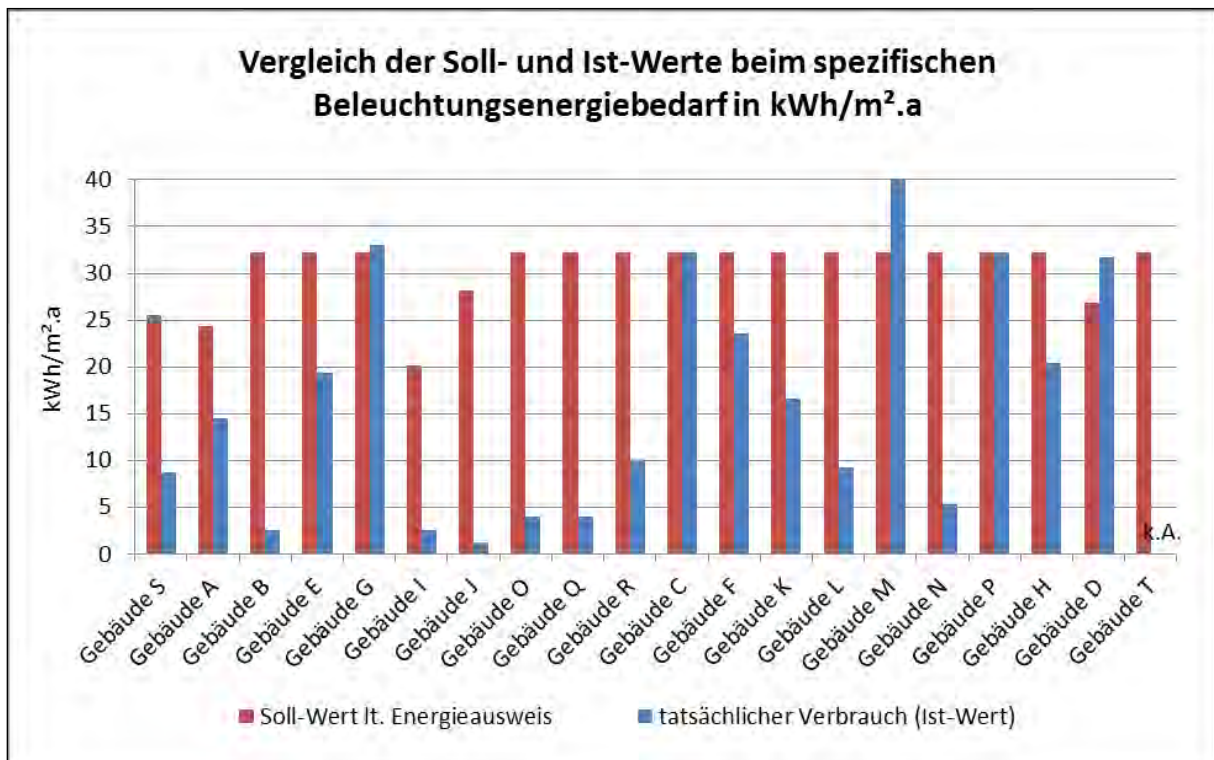


Abbildung 25: Vergleich der Soll und Ist-Werte beim spez. Beleuchtungsenergieverbrauch in kWh/m².a

3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Mittlere Energieinputströme aller untersuchten Gebäude in Prozent (gewichtetes Mittel nach m ² BGF).....	18
Abbildung 2: Spezifische Energie-Inputströme bei den untersuchten Gebäuden in kWh/m ² ·a.....	19
Abbildung 3: Spezifischer Energieinput in den 20 untersuchten Gebäuden (gewichtetes Mittel nach m ² BGF)	19
Abbildung 4: Mittlerer Ist-Nutzenergieverbrauch aller Gebäude in Prozent (gewichtetes Mittel nach m ² BGF, heizgradtagebereinigt).....	21
Abbildung 5: Mittlerer Ist-Energieverbrauch aller Gebäude nach Verbraucherkategorien in kWh/m ² ·a (gewichtetes Mittel nach m ² BGF, heizgradtagebereinigt).....	22
Abbildung 6: Ist-Heizwärmeverbrauch (HWV – exkl. Umwandlungs- und Verteilverluste) in kWh/m ² ·a.....	24
Abbildung 7: Ist-Heizenergieverbrauch (HEV – inklusive Verteil- und Umwandlungsverluste) in kWh/m ² a	25
Abbildung 8: Ist-Warmwasserwärmeverbrauch (WWWV - exkl. Verteilverluste) in kWh/m ² ·a.....	26
Abbildung 9: Ist-Beleuchtungsenergieverbrauch (BelEV) in kWh/m ² ·a.....	27
Abbildung 10: Ist-Lüftungsenergieverbrauch (RLTEV) in kWh/m ² ·a.....	28
Abbildung 11: Ist-Kälteenergieverbrauch (inkl. Verteil- und Umwandlungsverlusten) in kWh/m ² ·a.....	29
Abbildung 12: Endenergieverbrauch zur Deckung des Kälteenergieverbrauchs (inkl. Verluste) in kWh/m ² ·a	29
Abbildung 13: Ist-Betriebsstromverbrauch (BSV) in kWh/m ² ·a.....	30
Abbildung 14: Ist-Soll-Vergleich HWV zu HWB in Prozent der Abweichung	32
Abbildung 15: Abweichungen HWV zu den Sollwerten in kWh/m ² ·a	32
Abbildung 16: Soll-Ist-Vergleich HWB zu HWV.....	33
Abbildung 17: prozentuelle Abweichungen des WWWV zum WWWB in kWh/m ² ·a	34
Abbildung 18: Abweichungen WWWV zu WWWB in kWh/m ² ·a.....	35

Abbildung 19: Vergleich der Soll-Ist WWWB zu WWWV	35
Abbildung 20: Prozentuelle Abweichungen des spez. Kälteenergieverbrauchs zum berechneten Bedarf in kWh/m ² ·a	36
Abbildung 21: Abweichungen des Kälteenergieverbrauchs zum Kälteenergiebedarf in kWh/m ² ·a.....	37
Abbildung 22: Vergleich Soll-Ist beim spez. Kälteenergieverbrauch in kWh/m ² ·a	37
Abbildung 23: Prozentuelle Abweichung beim Beleuchtungsenergieverbrauch (BelEV) in kWh/m ² ·a.....	38
Abbildung 24: Abweichung beim Beleuchtungsenergieverbrauch (BelEV) in kWh/m ² ·a.....	39
Abbildung 25: Vergleich der Soll und Ist-Werte beim spez. Beleuchtungsenergieverbrauch in kWh/m ² ·a	39

4 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anteil der einzelnen Endenergieverbrauchsformen am Gesamtendenergieverbrauch	6
Tabelle 2: Durchschnittlicher Heizwärmeverbrauch (HWV) der untersuchten Gebäude nach Baujahrklassen	24

5 Literaturverzeichnis

CEBRE, 2013: CBRE Global Research and Consulting, Marktbericht Wiener Büroflächen, Q3 2013. Wien. At.

http://www.cbre.at/at_de/research/vienna_reports/wiener_marktberichte_content/Wiener%20Marktberichte%20-%20Left/Wien%20B%C3%BCro%20MV_Q2%202013_dt.pdf

(15.10.2014)

MA 20, 2013: Energie! voraus, Energiebericht der Stadt Wien, Berichtjahr 2013, MA 20. Wien.

OIB, 2007: OIB-Richtlinie 6. Energieeinsparung und Wärmeschutz. Ausgabe April 2007. Wien. At: http://www.ztkammer.at/bilder/rl6_250407.pdf (15.10.2014)

OIB, 2011A: OIB-Richtlinie 6. Energieeinsparung und Klimaschutz. Wien. At: <http://www.energyagency.at/fileadmin/dam/pdf/verbraucherinfos/OIB-Richtlinie6.pdf> (15.10.2014)

OIB, 2011B: OIB-Richtlinien Begriffsbestimmungen. Wien. At: http://www.oib.or.at/sites/default/files/bb_061011.pdf (15.10.2014)

ÖNORM, 2000: ÖNORM B 8110-1: Wärmeschutz im Hochbau - Anforderungen an den Wärmeschutz und Nachweisverfahren. Fachnorm. Wien.

ÖNORM, 2006: ÖNORM H 7500: Heizungssysteme in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast. Fachnorm. Wien.

ÖNORM, 2010: ÖNORM H 5059: Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. Beleuchtungsenergiebedarf. Fachnorm. Wien.

Bürogebäude A

Eckdaten

Bauperiode: 2000 - 2009

Größenklasse: > 10.000 m² BGF

Energieausweisdaten

Charakteristische Länge (l_c): 4,23 m

mittlerer U-Wert (U_m): 0,555

HWB Standortklima: 32,15 kWh/m².a

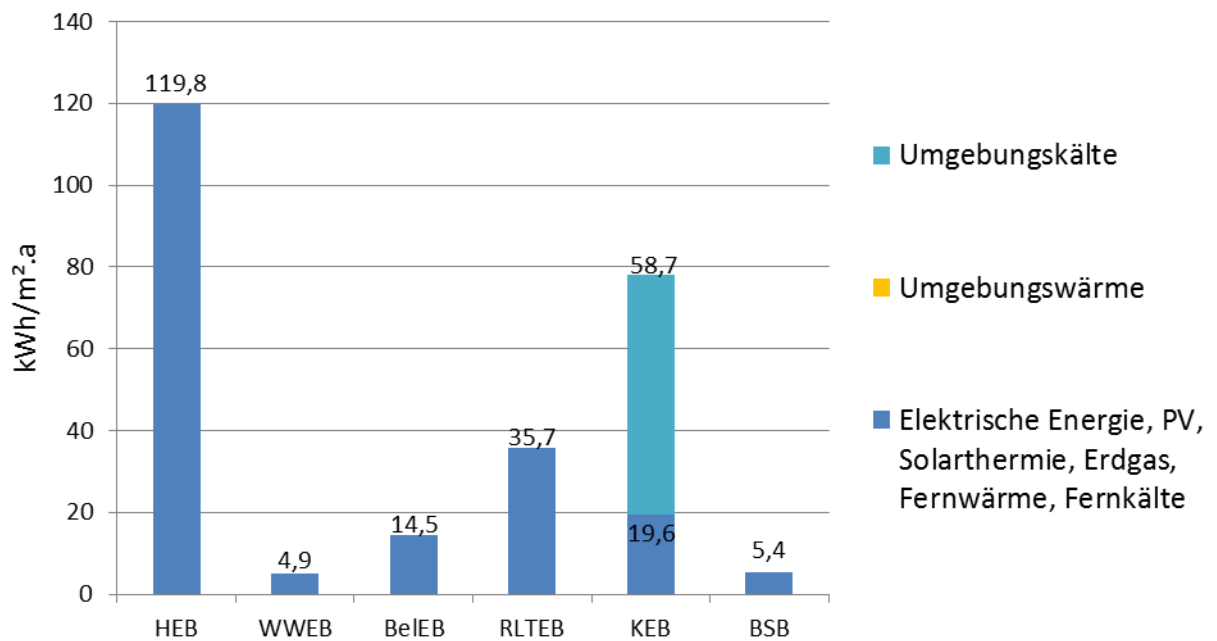
KB Standortklima: 25,16 kWh/m².a

Ist-Energieaufkommen: Strom: 1.562.964 kWh/a
Fernwärme: 1.979.270 kWh/a

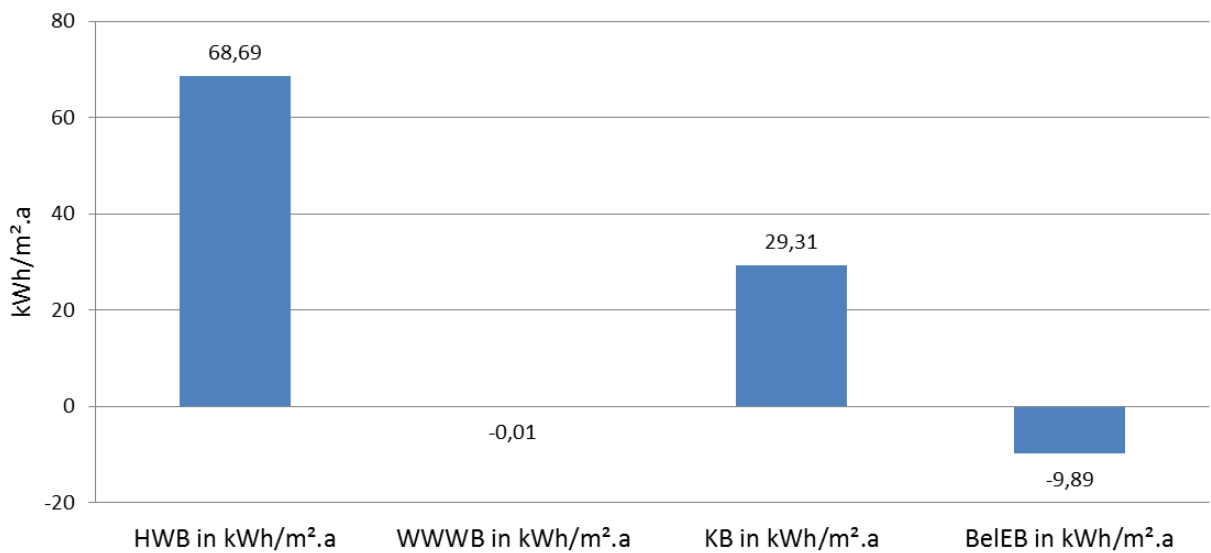
Ist-Nutzenergie: Heizenergieverbrauch: 119,84 kWh/m².a
Warmwasserenergieverbrauch: 4,95 kWh/m².a
Beleuchtungsenergieverbrauch: 14,51 kWh/m².a
Lüftungsenergieverbrauch: 35,73 kWh/m².a
Kühlenergieverbrauch: 58,66 kWh/m².a
Betriebsstromverbrauch: 5,36 kWh/m².a



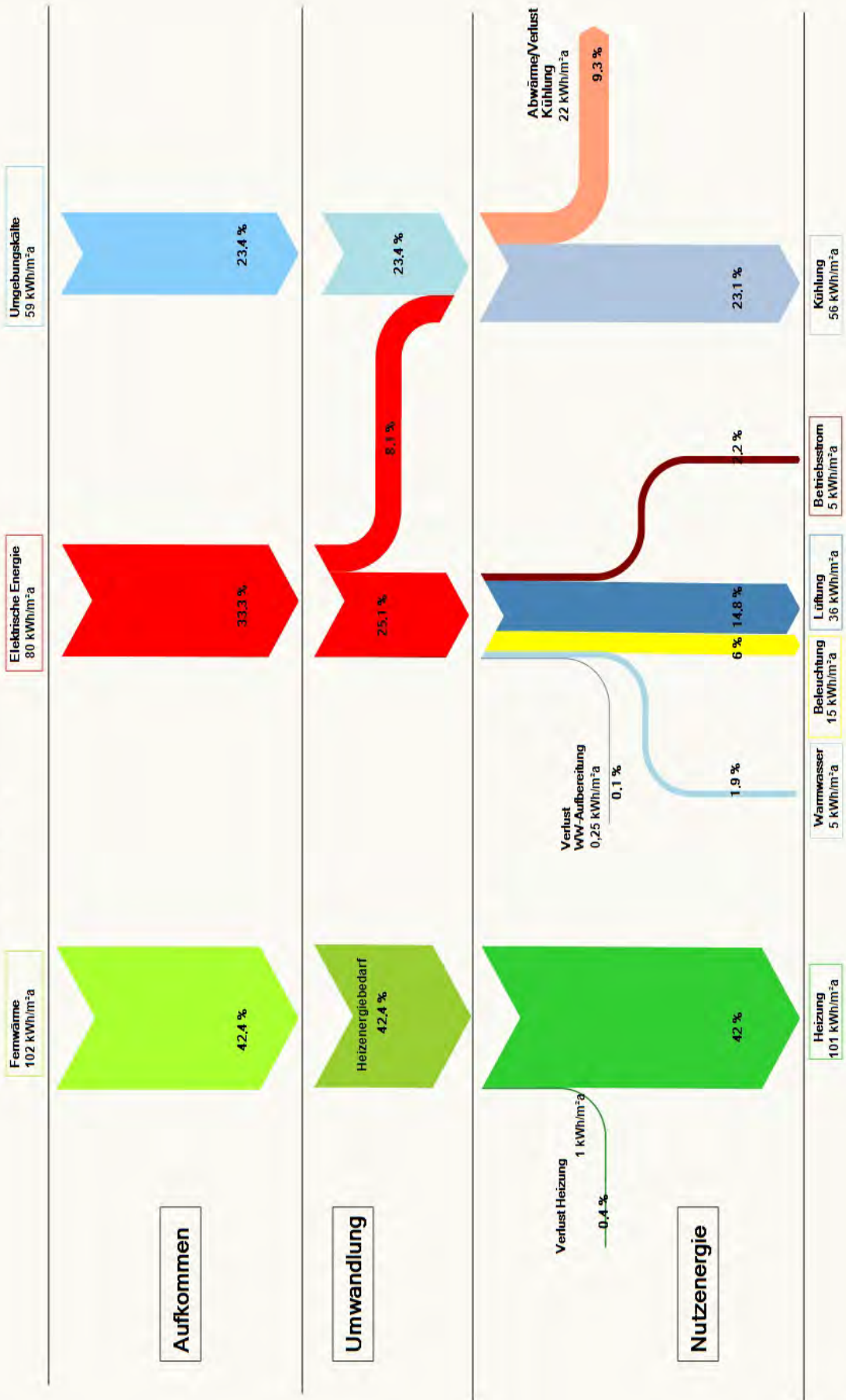
Ist-Energieverbrauch bei Gebäude A nach Nutzungsarten in kWh/m².a



Abweichungen der gemessenen Energieverbräuche mit den geplanten Verbrauchswerten lt. Energieausweis bei Gebäude A (absolut)



Gebäude A



Bürogebäude B

Eckdaten

Bauperiode: 2000 - 2009

Größenklasse: > 10.000 m² BGF

Energieausweisdaten

Charakteristische Länge (l_c): 4,70 m

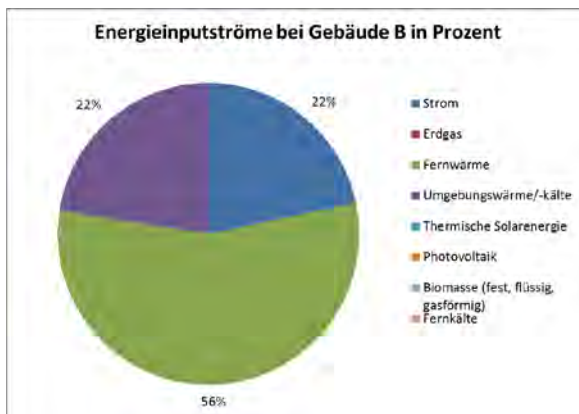
mittlerer U-Wert (U_m): 0,610

HWB Standortklima: 23,91 kWh/m².a

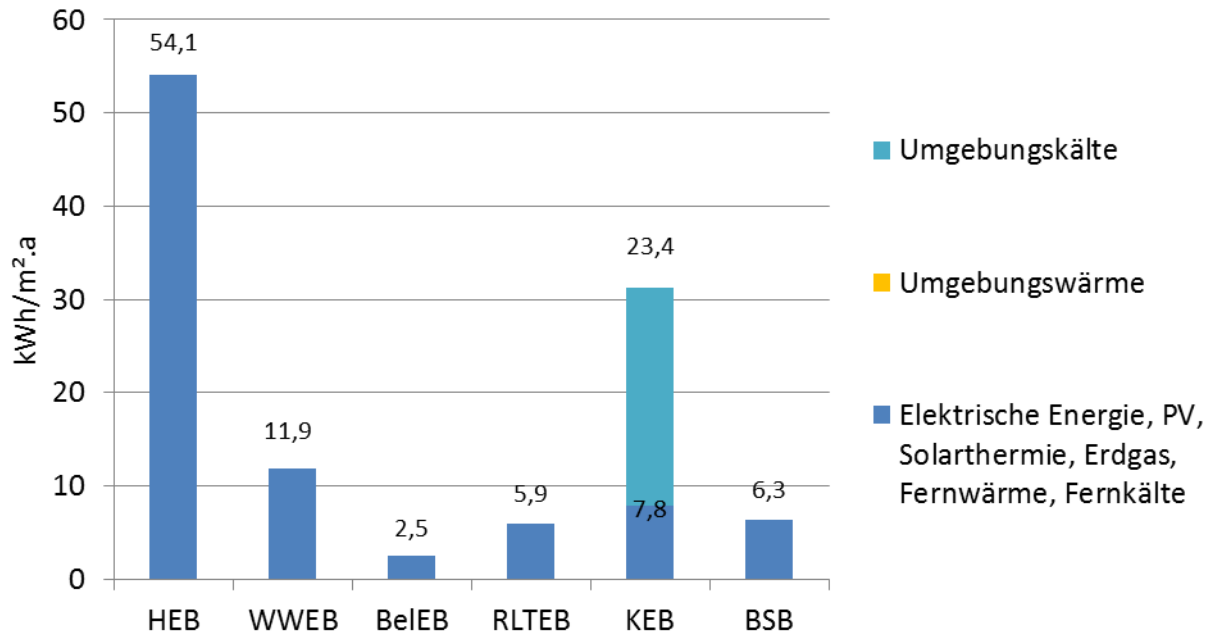
KB Standortklima: 25,70 kWh/m².a

Ist-Energieaufkommen: Strom: 372.516 kWh/a
Fernwärme: 957.600 kWh/a

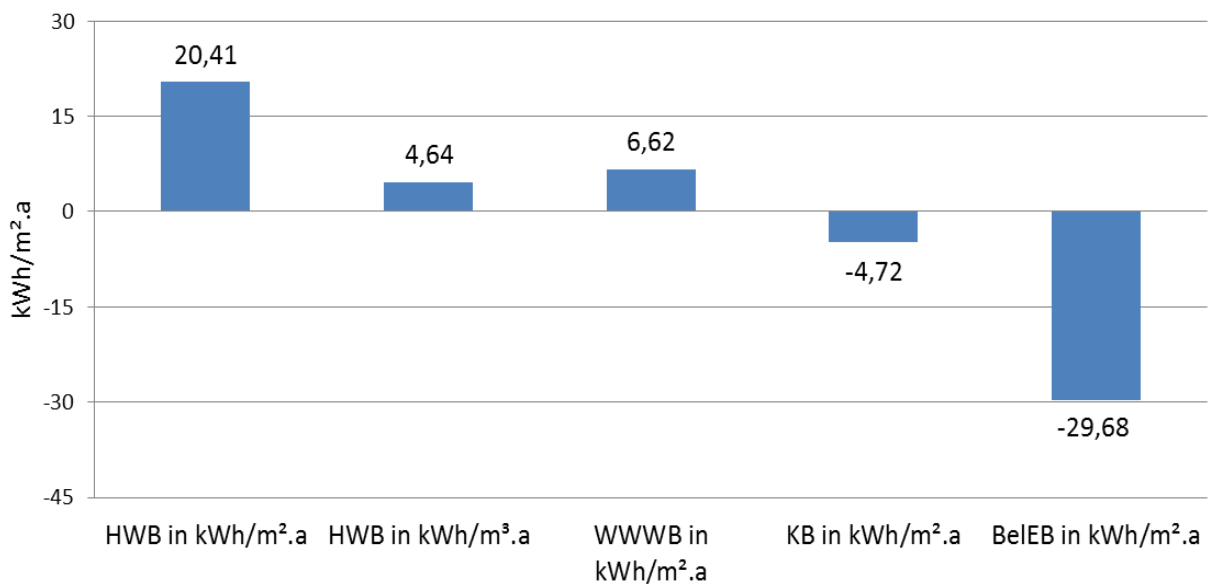
Ist-Nutzenergie: Heizenergieverbrauch: 54,14 kWh/m².a
Warmwasserenergieverbrauch: 11,92 kWh/m².a
Beleuchtungsenergieverbrauch: 2,52 kWh/m².a
Lüftungsenergieverbrauch: 5,92 kWh/m².a
Kühlenergieverbrauch: 23,43 kWh/m².a
Betriebsstromverbrauch: 6,31 kWh/m².a



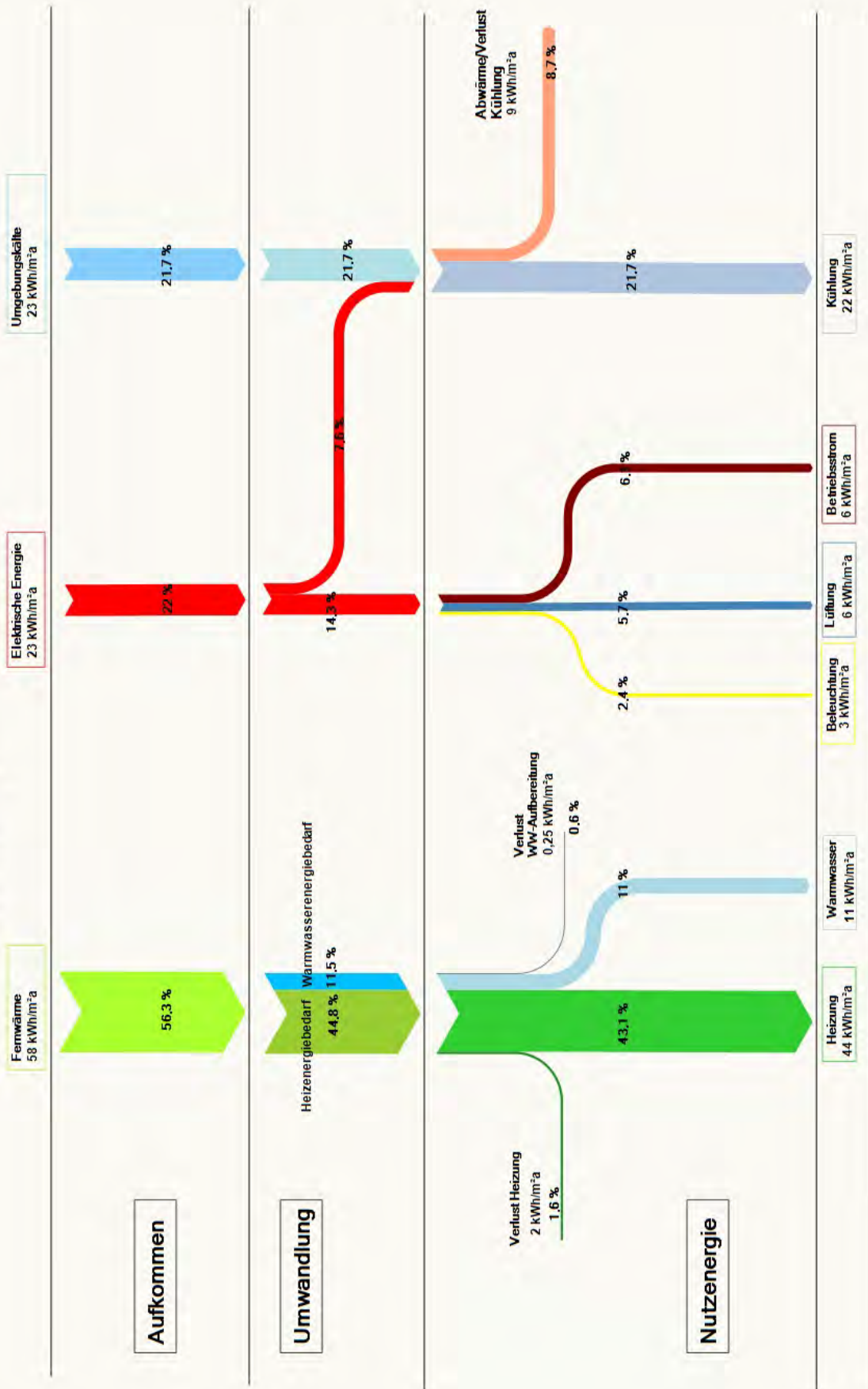
Ist-Energieverbrauch bei Gebäude B nach Nutzungsarten in kWh/m².a



Abweichungen der gemessenen Energieverbräuche mit den geplanten Verbrauchswerten lt. Energieausweis bei Gebäude B



Gebäude B



Bürogebäude C

Eckdaten

Bauperiode: 1990 - 1999

Größenklasse: > 10.000 m² BGF

Energieausweisdaten

Charakteristische Länge (l_c): 3,58 m

mittlerer U-Wert (U_m): 0,740

HWB Standortklima: 58,20 kWh/m².a

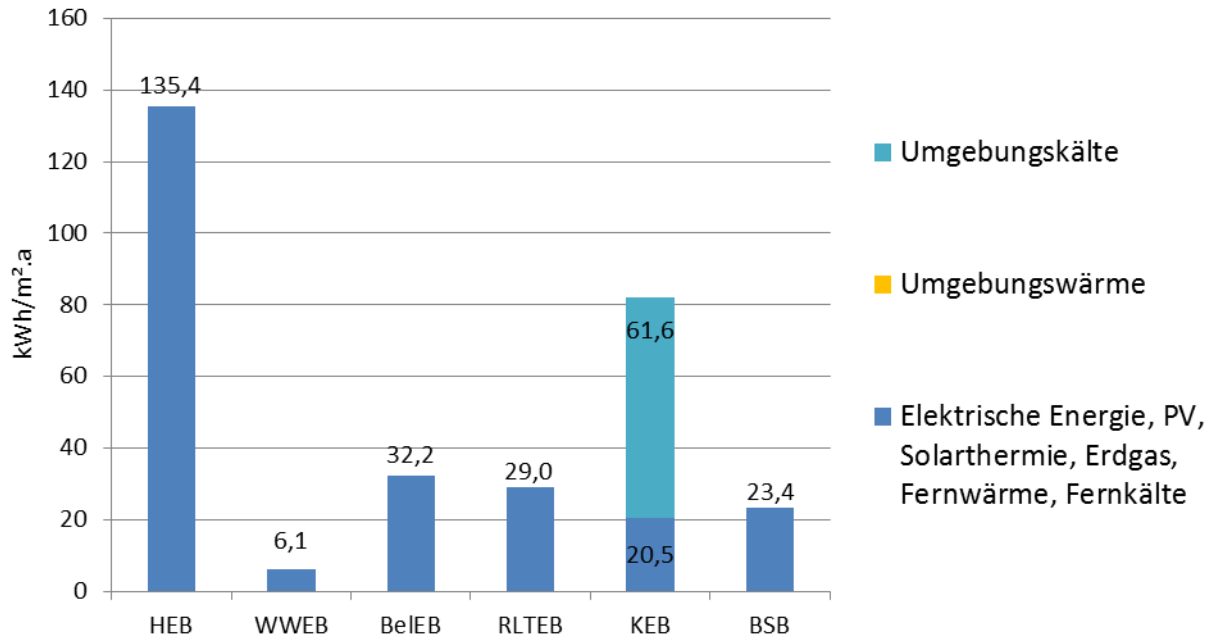
KB Standortklima: 16,60 kWh/m².a

Ist-Energieaufkommen: Strom: 2.183.360 kWh/a
Erdgas: 2.520.900,25 kWh/a

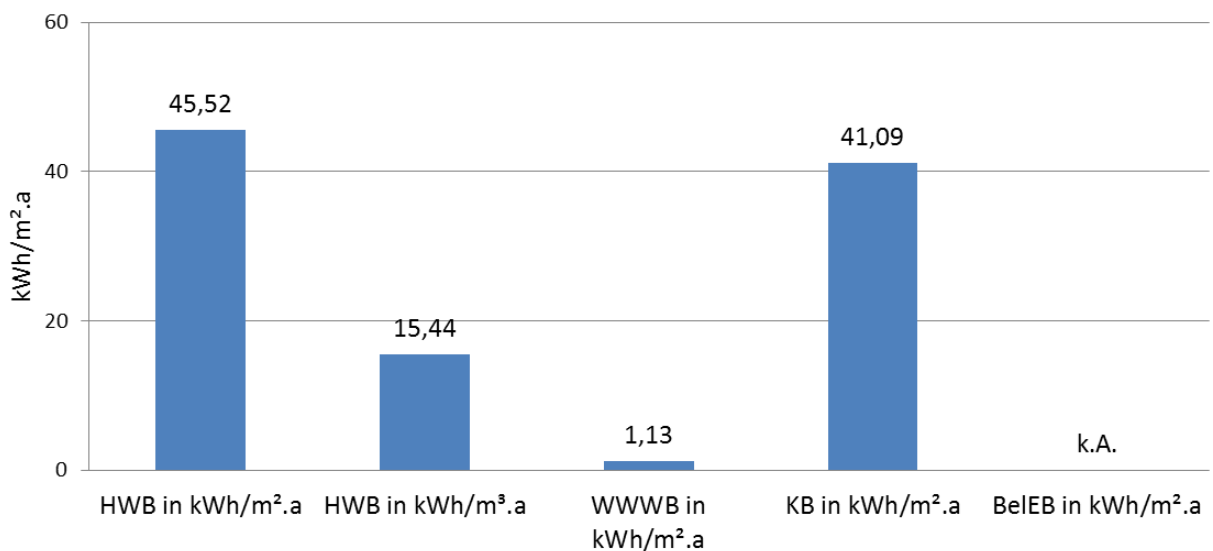
Ist-Nutzenergie: Heizenergieverbrauch: 135,39 kWh/m².a
Warmwasserenergieverbrauch: 6,15 kWh/m².a
Beleuchtungsenergieverbrauch: 32,30 kWh/m².a
Lüftungsenergieverbrauch: 28,97 kWh/m².a
Kühlenergieverbrauch: 61,60 kWh/m².a
Betriebsstromverbrauch: 23,36 kWh/m².a



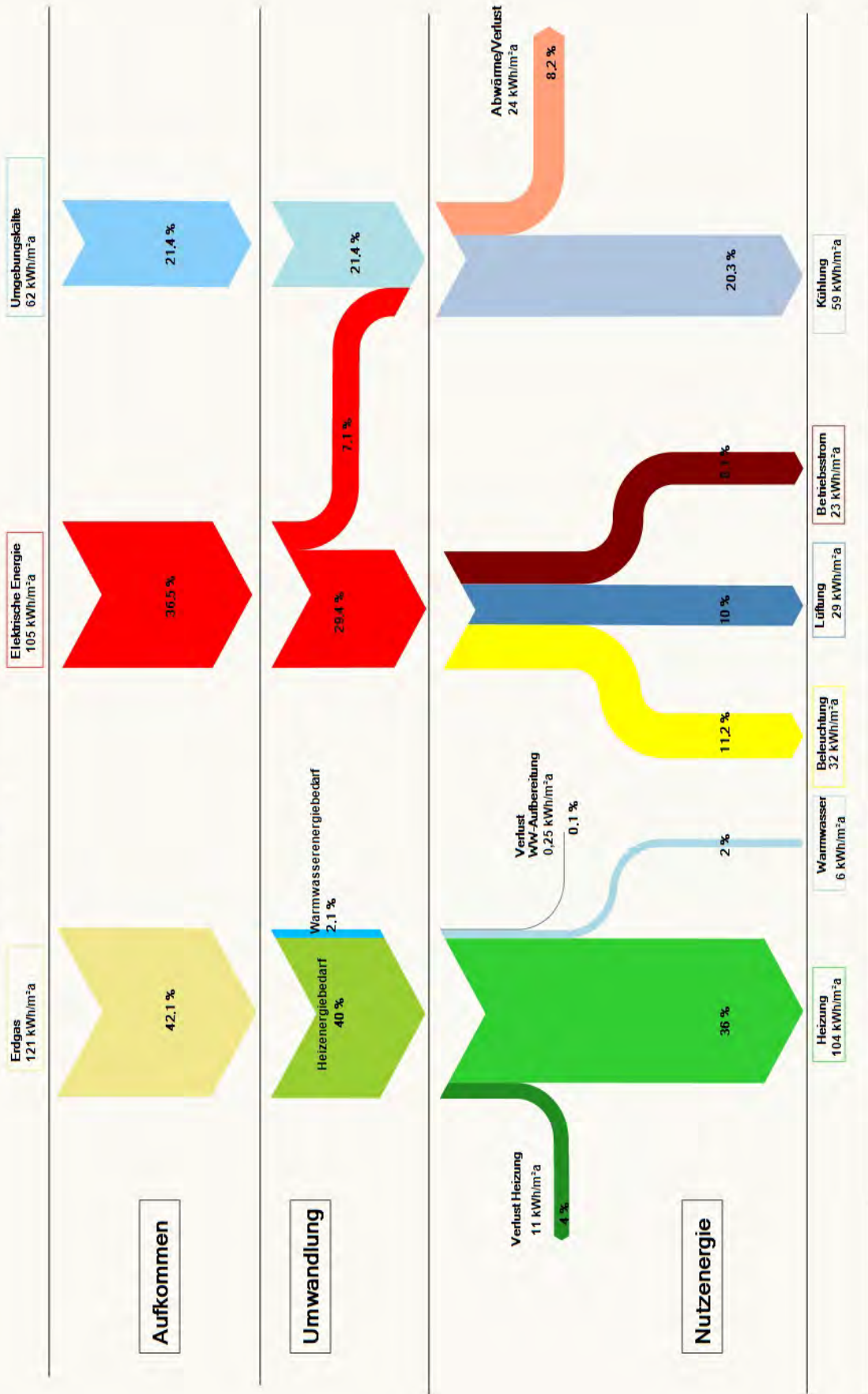
Ist-Energieverbrauch bei Gebäude C nach Nutzungsarten in kWh/m².a



Abweichungen der gemessenen Energieverbräuche mit den geplanten Verbrauchswerten lt. Energieausweis bei Gebäude C



Gebäude C



Bürogebäude D

Eckdaten

Bauperiode: < 1914

Größenklasse: > 10.000 m² BGF

Energieausweisdaten

Charakteristische Länge (l_c): k.A.

mittlerer U-Wert (U_m): k.A.

HWB Standortklima: 123,22 kWh/m².a (Wert von einem vergleichbarem Gebäude)

KB Standortklima: 1,16 kWh/m².a (Wert von einem vergleichbarem Gebäude)

Ist-Energieaufkommen: Strom: 1.558.530 kWh/a

Fernwärme: 1.389.309 kWh/a

Ist-Nutzenergie: Heizenergieverbrauch: 143,47 kWh/m².a

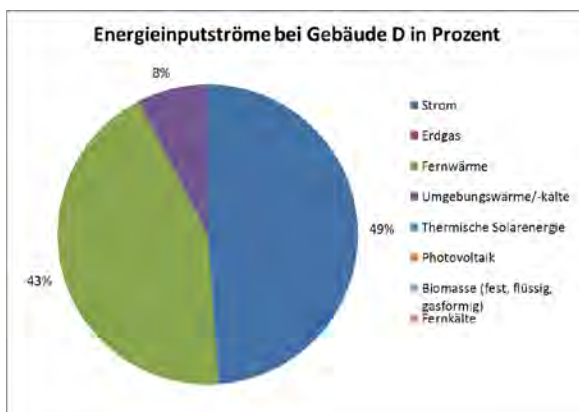
Warmwasserenergieverbrauch: 12,48 kWh/m².a

Beleuchtungsenergieverbrauch: 31,75 kWh/m².a

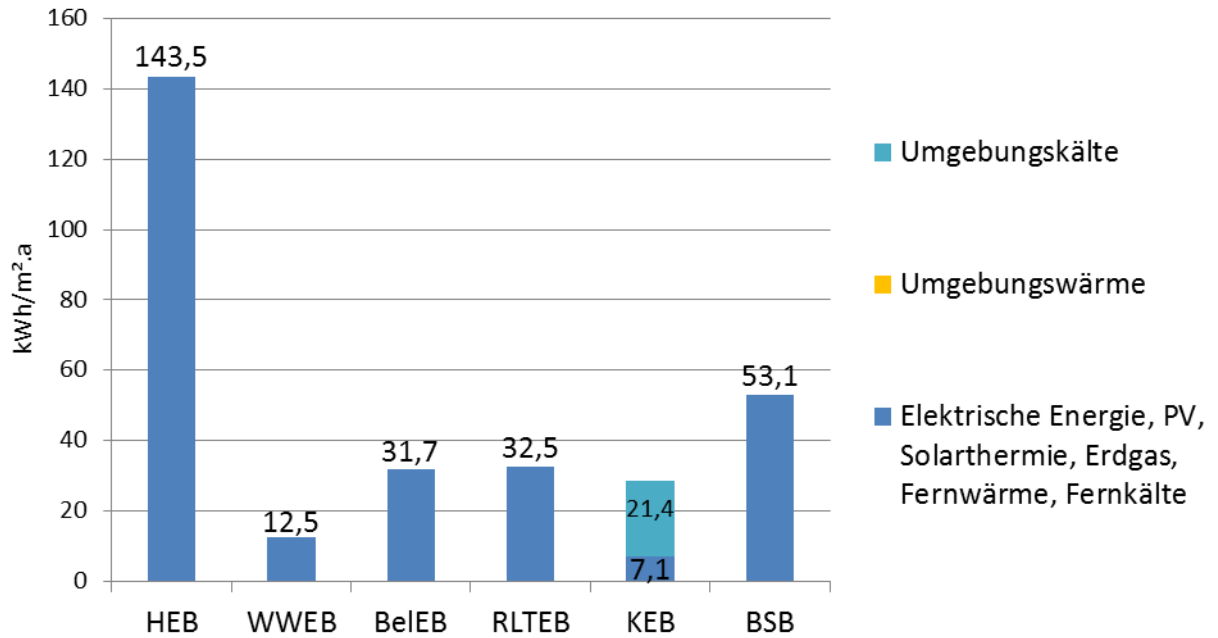
Lüftungsenergieverbrauch: 32,48 kWh/m².a

Kühlenergieverbrauch: 21,43 kWh/m².a

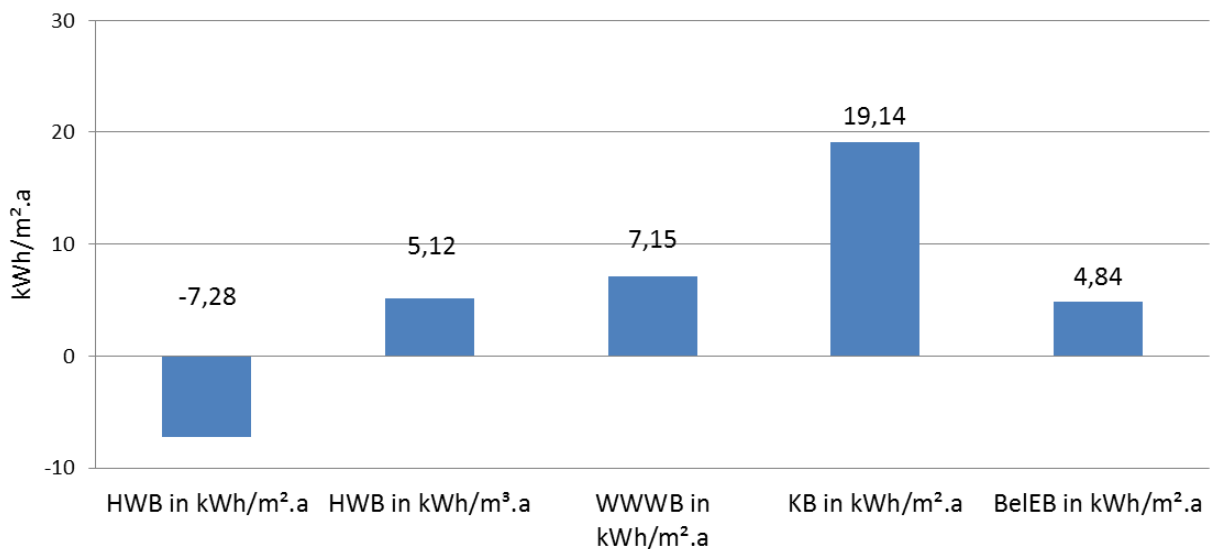
Betriebsstromverbrauch: 53,05 kWh/m².a



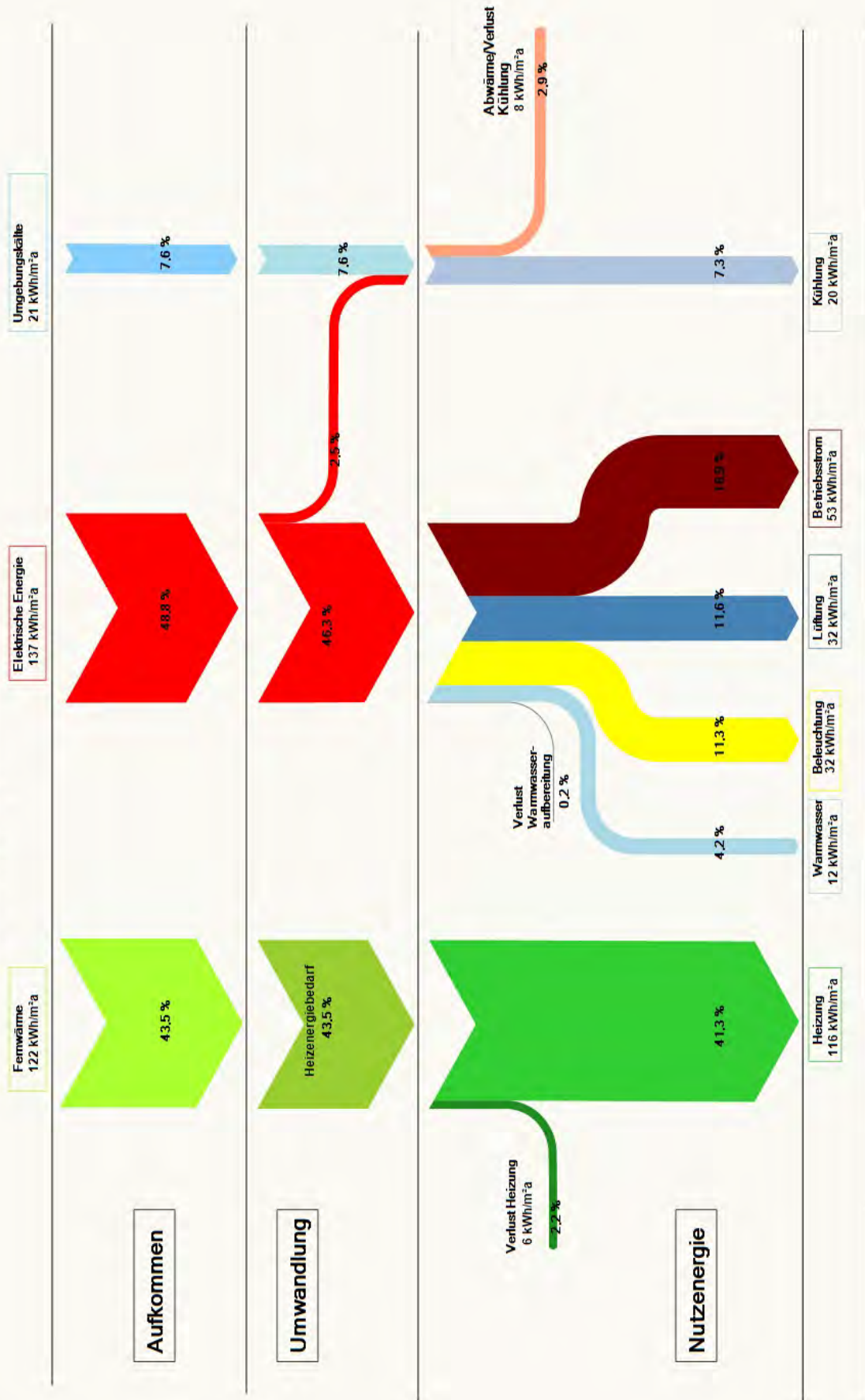
Ist-Energieverbrauch bei Gebäude D nach Nutzungsarten in kWh/m².a



Abweichungen der gemessenen Energieverbräuche mit den geplanten Verbrauchswerten lt. Energieausweis bei Gebäude D



Gebäude D



Bürogebäude E

Eckdaten

Bauperiode: 2000 - 2009

Größenklasse: > 10.000 m² BGF

Energieausweisdaten

Charakteristische Länge (l_c): 3,28

mittlerer U-Wert (U_m): 0,55.

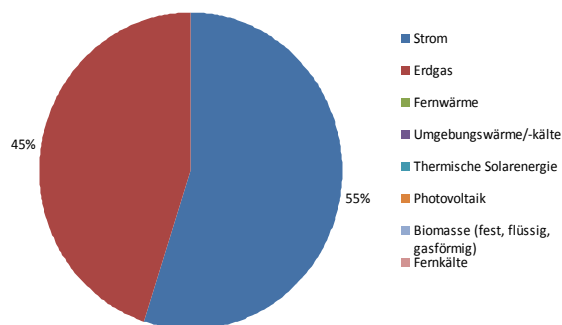
HWB Standortklima: 36,84

KB Standortklima: k.A.

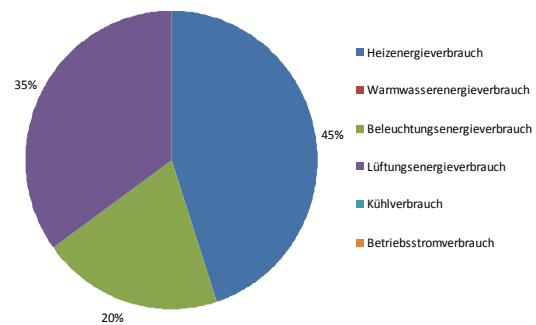
Ist-Energieaufkommen: Strom: 1.000.444 kWh/a
Erdgas: 821.582,18 kWh/a

Ist-Nutzenergie: Heizenergieverbrauch: 51,69 kWh/m².a
Warmwasserenergieverbrauch: k.A.
Beleuchtungsenergieverbrauch: 19,34 kWh/m².a
Lüftungsenergieverbrauch: 34,20 kWh/m².a
Kühlenergieverbrauch: k.A.
Betriebsstromverbrauch: k.A.

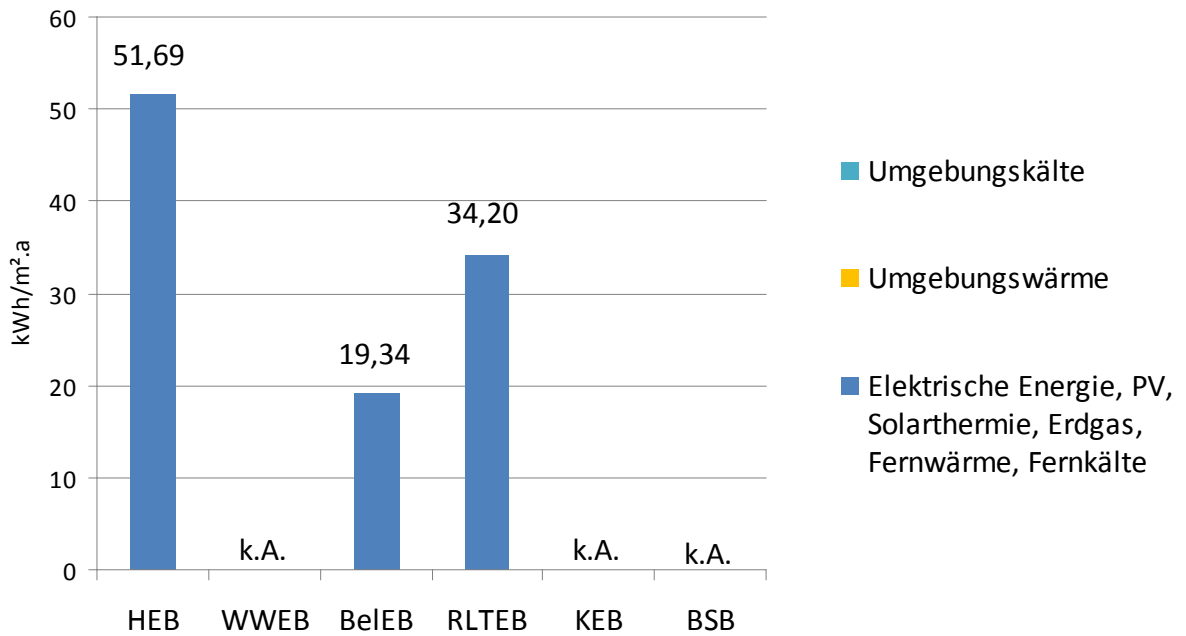
Energieinputströme bei Gebäude E in Prozent



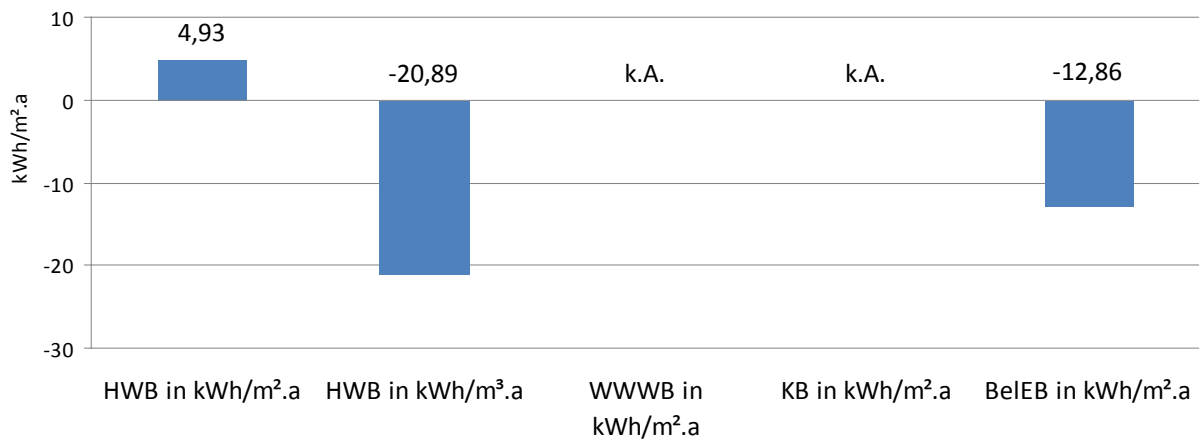
Nutzenergieverbrauch bei Gebäude E in Prozent



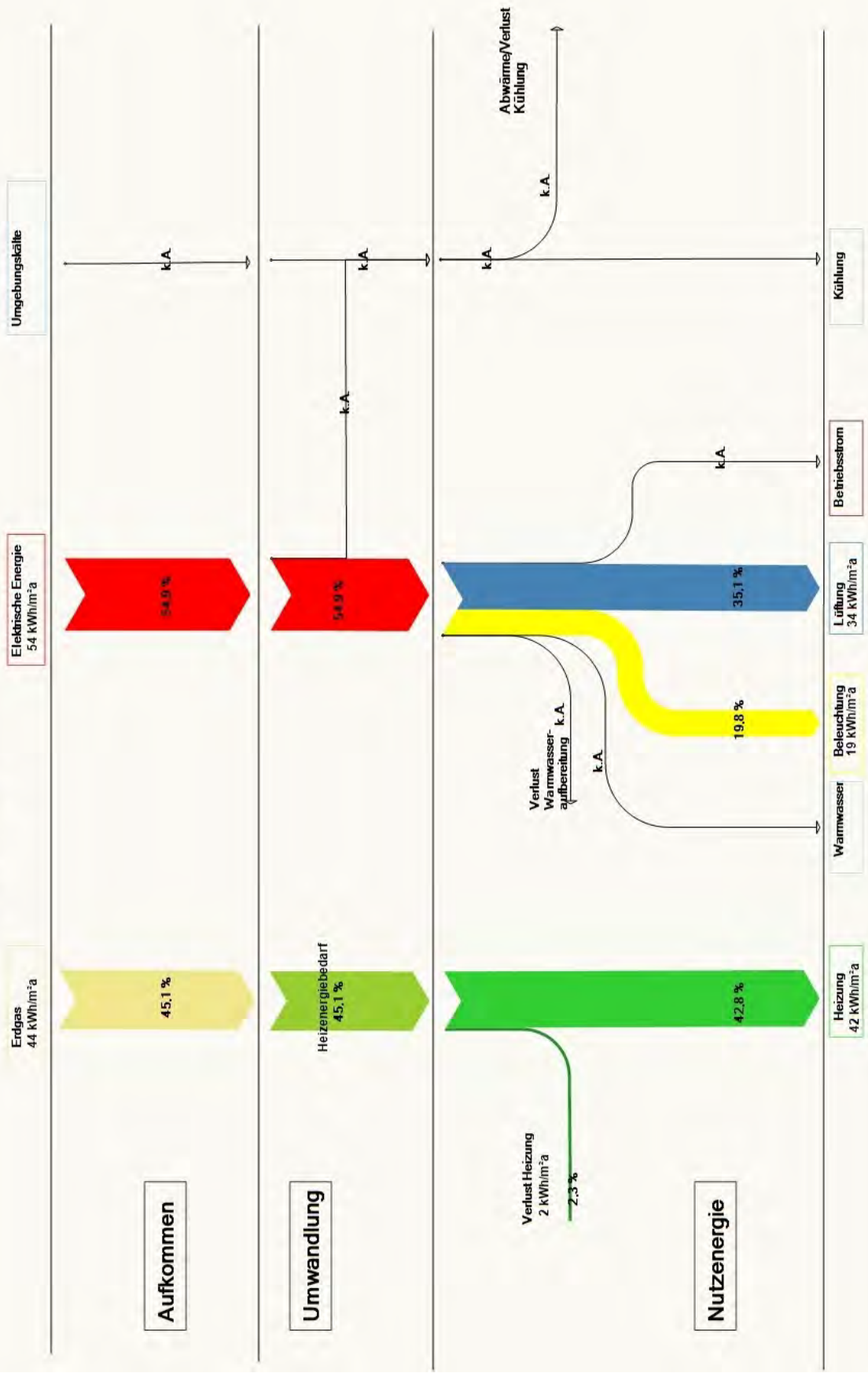
Ist-Energieverbrauch bei Gebäude E nach Nutzungsarten in kWh/m².a



Abweichungen der gemessenen Energieverbräuche mit den geplanten Verbrauchswerten lt. Energieausweis bei Gebäude E



Gebäude E



Bürogebäude F

Eckdaten

Bauperiode: 1990 - 1999

Größenklasse: > 10.000 m² BGF

Energieausweisdaten

Charakteristische Länge (l_c): 8,09

mittlerer U-Wert (U_m): 0,71

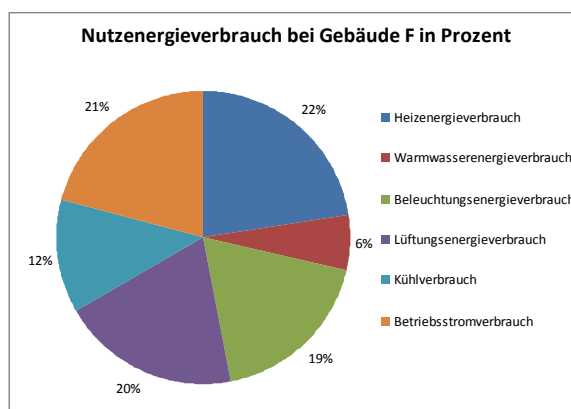
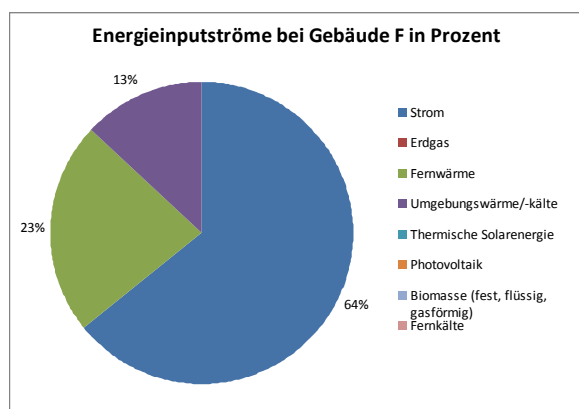
HWB Standortklima: 26,16

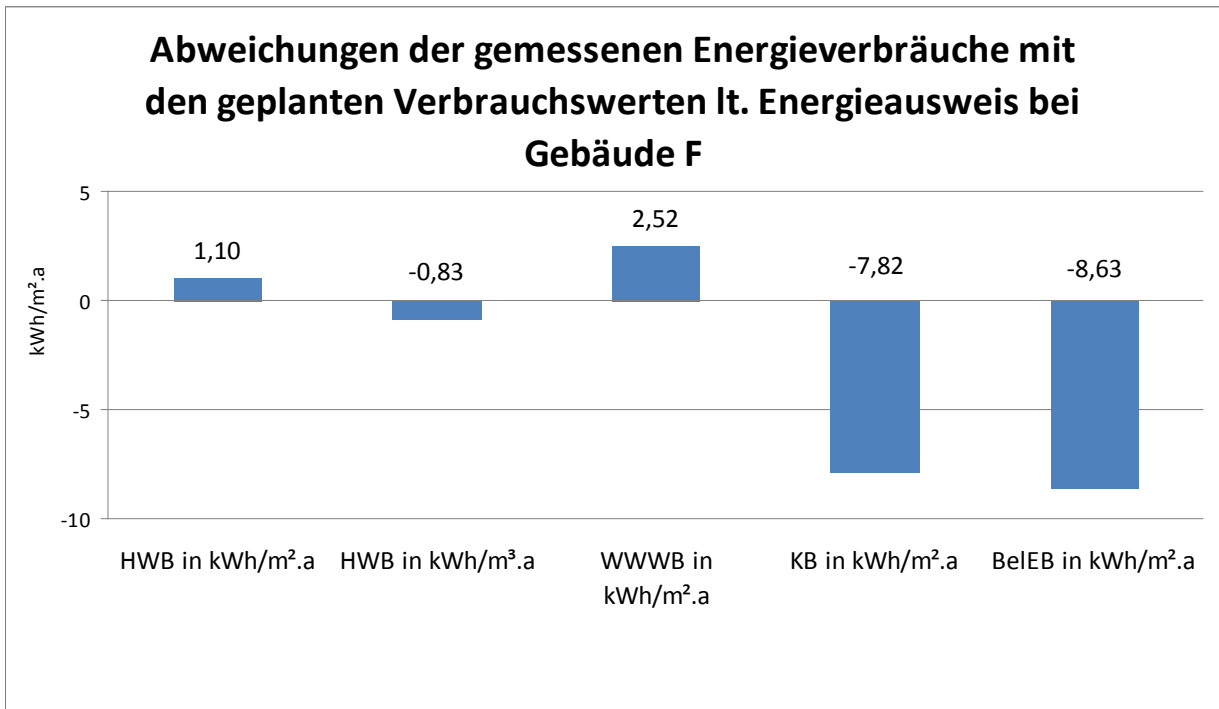
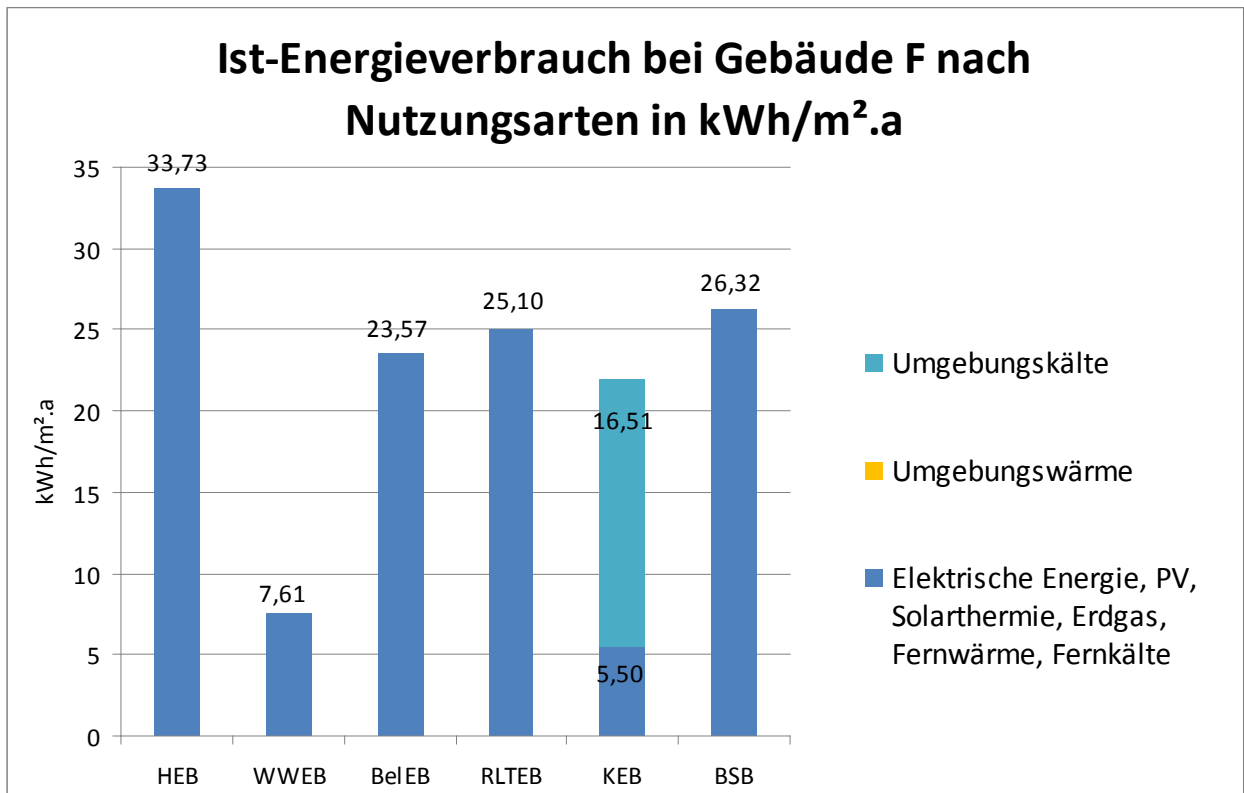
KB Standortklima: 22,38

Ist-Energieaufkommen: Strom: 1.026.615 kWh/a
Fernwärme: 365.951 kWh/a

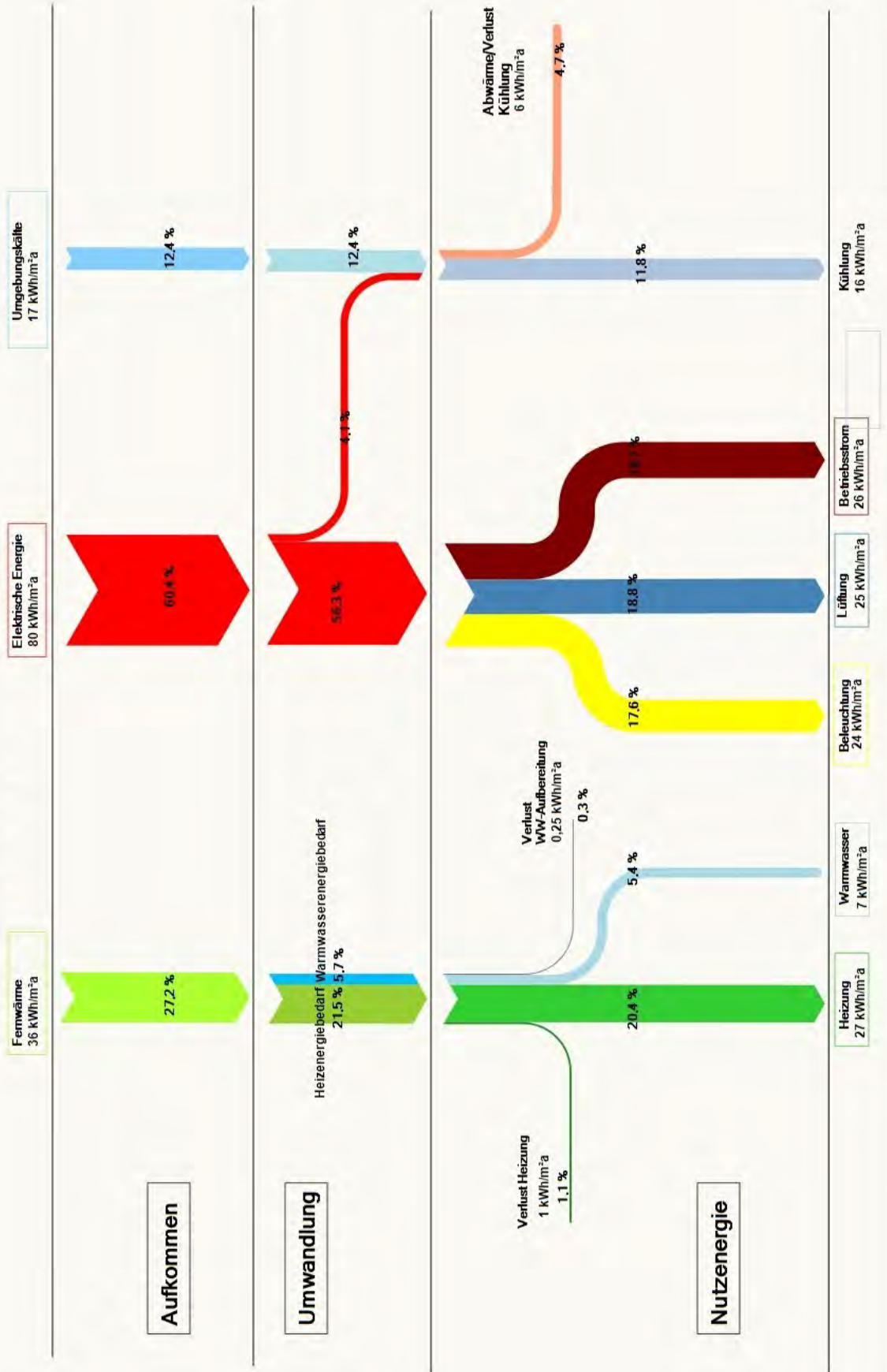
Ist-Nutzenergie:

Heizenergieverbrauch:	33,79 kWh/m ² .a
Warmwasserenergieverbrauch:	7,61 kWh/m ² .a
Beleuchtungsenergieverbrauch:	23,57 kWh/m ² .a
Lüftungsenergieverbrauch:	25,10 kWh/m ² .a
Kühlenergieverbrauch:	5,50 kWh/m ² .a
Betriebsstromverbrauch:	26,32 kWh/m ² .a





Gebäude F



Bürogebäude G

Eckdaten

Bauperiode: 2000 - 2009

Größenklasse: > 10.000 m² BGF

Energieausweisdaten

Charakteristische Länge (l_c): 4,51

mittlerer U-Wert (U_m): 0,55

HWB Standortklima: 21,82

KB Standortklima: 24,66

Ist-Energieaufkommen: Strom: 2.887.948 kWh/a

Fernwärme: 1.036.026 kWh/a

Ist-Nutzenergie: Heizenergieverbrauch: 44,73 kWh/m².a

Warmwasserenergieverbrauch: 0,52 kWh/m².a

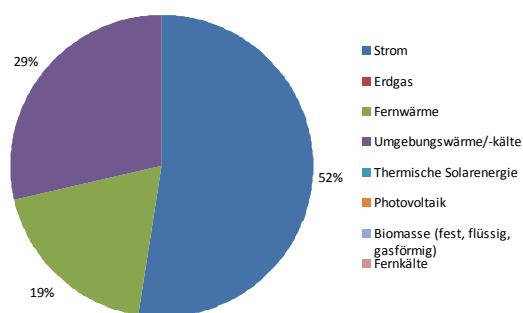
Beleuchtungsenergieverbrauch: 33,06 kWh/m².a

Lüftungsenergieverbrauch: 37,12 kWh/m².a

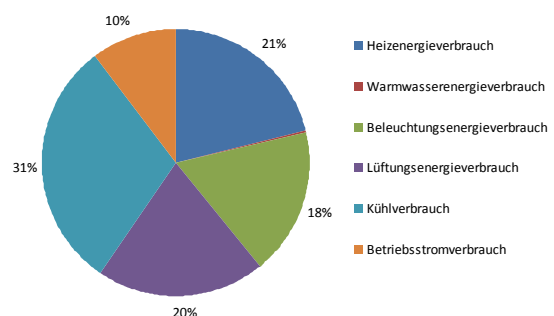
Kühlenergieverbrauch: 19,55 kWh/m².a

Betriebsstromverbrauch: 17,78 kWh/m².a

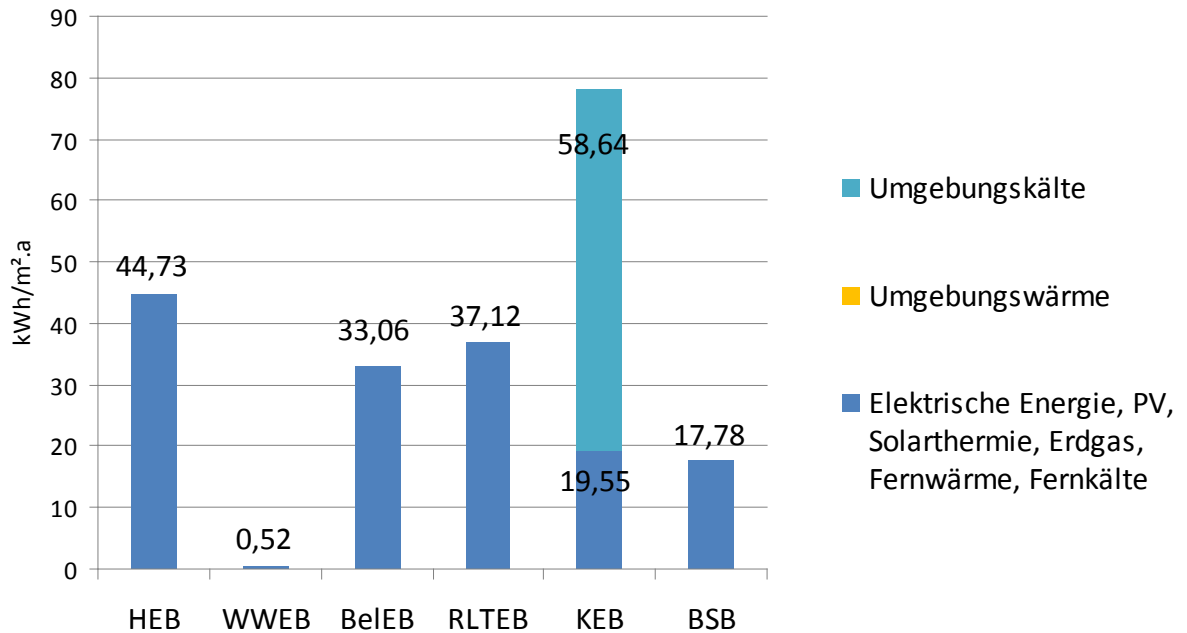
Energieinputströme bei Gebäude G in Prozent



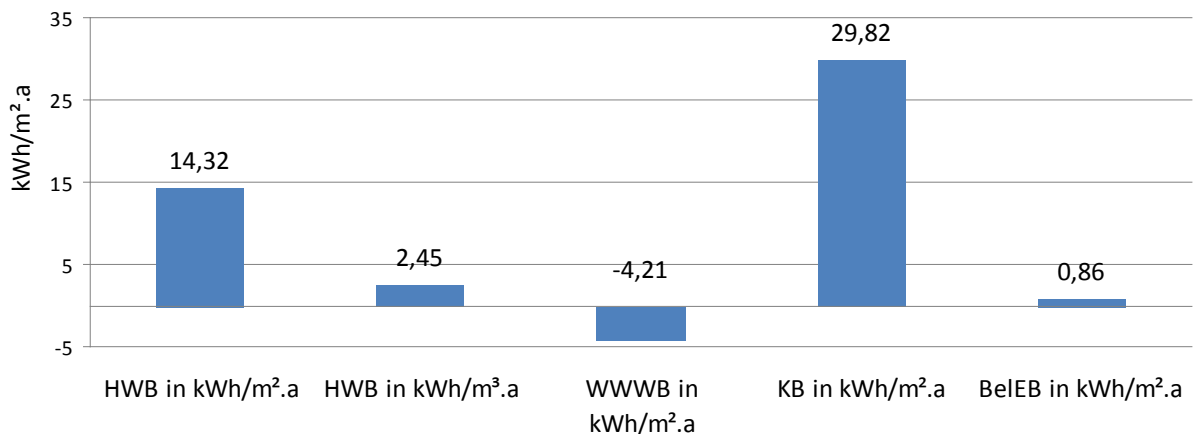
Nutzenergieverbrauch bei Gebäude G in Prozent



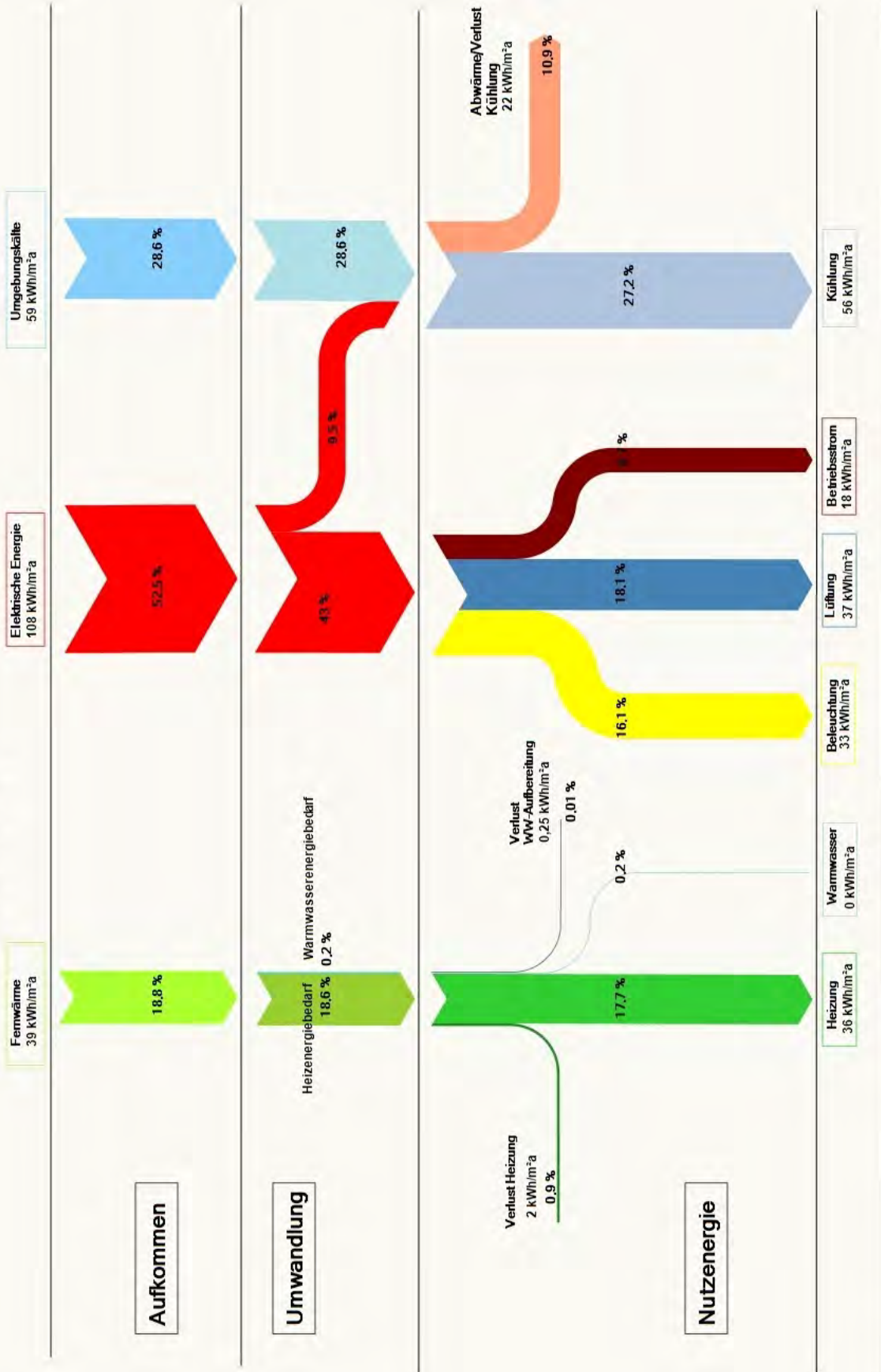
Ist-Energieverbrauch bei Gebäude G nach Nutzungsarten in kWh/m².a



Abweichungen der gemessenen Energieverbräuche mit den geplanten Verbrauchswerten lt. Energieausweis bei Gebäude G



Gebäude G



Bürogebäude H

Eckdaten

Bauperiode: 1980-1989

Größenklasse: > 10.000 m² BGF

Energieausweisdaten

Charakteristische Länge (l_c): 3,67

mittlerer U-Wert (U_m): 0,97

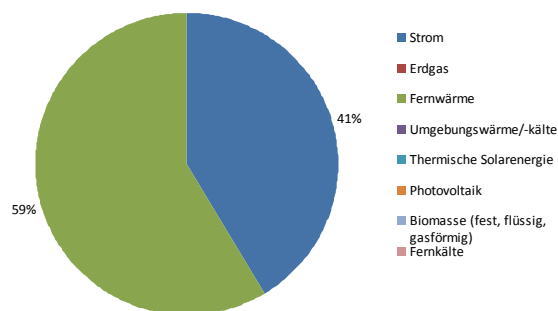
HWB Standortklima: 82,90

KB Standortklima: 32,10

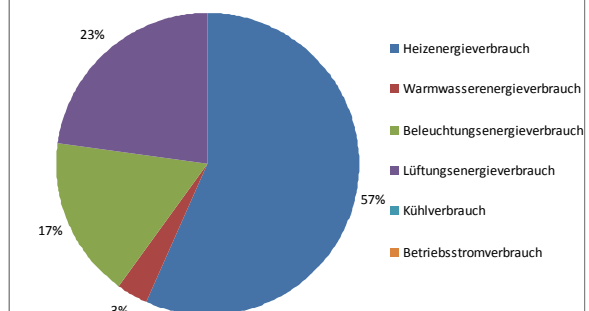
Ist-Energieaufkommen: Strom: 924.907 kWh/a
Fernwärme: 1.308.749 kWh/a

Ist-Nutzenergie: Heizenergieverbrauch: 97,43 kWh/m².a
Warmwasserenergieverbrauch: 4,96 kWh/m².a
Beleuchtungsenergieverbrauch: 20,41 kWh/m².a
Lüftungsenergieverbrauch: 33,21 kWh/m².a
Kühlenergieverbrauch: k.A.
Betriebsstromverbrauch: k.A.

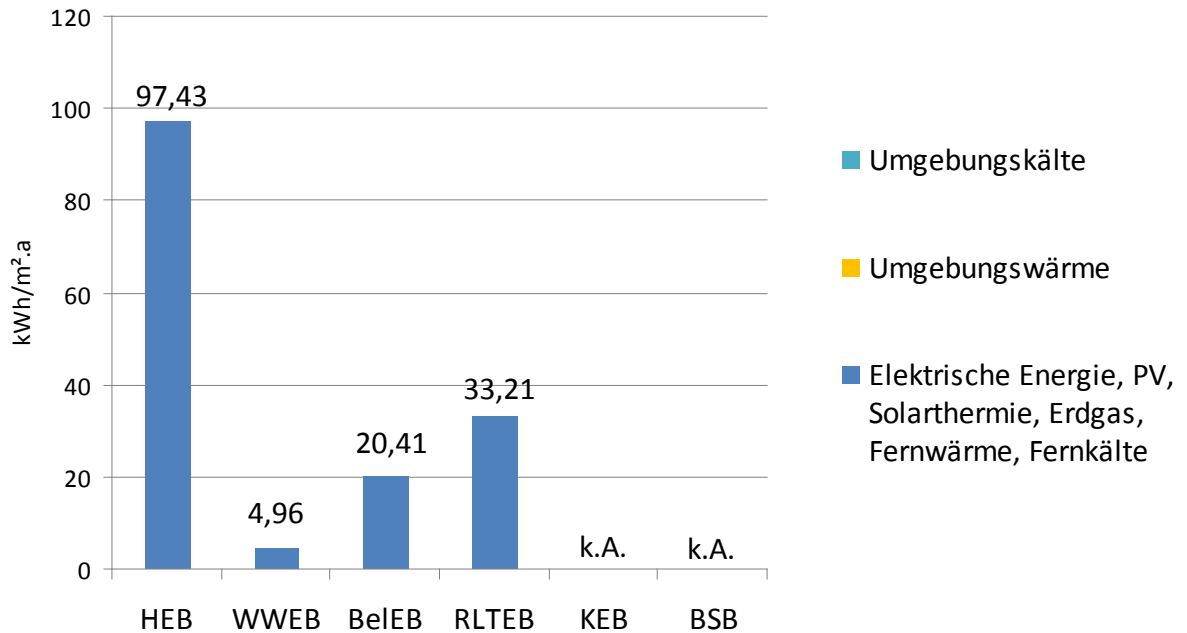
Energieinputströme bei Gebäude H in Prozent



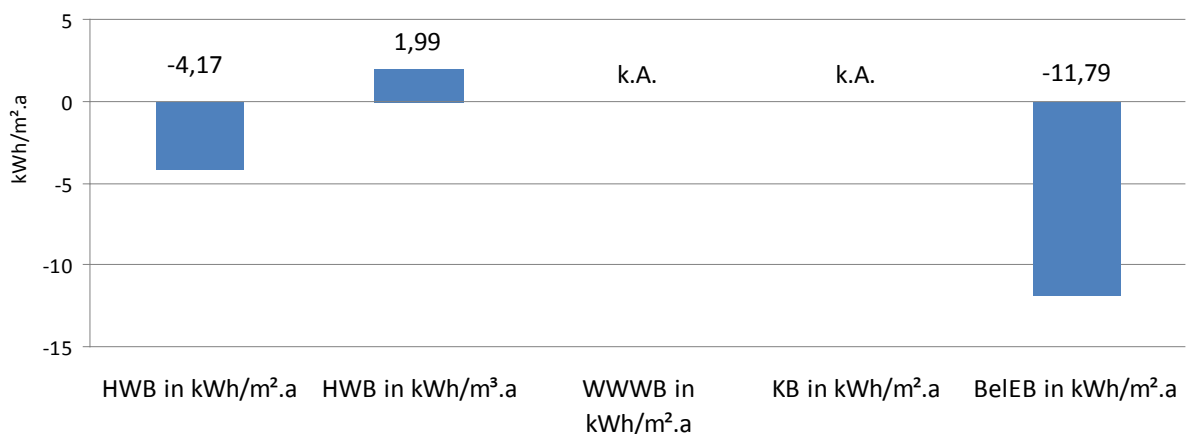
Nutzenergieverbrauch bei Gebäude H in Prozent



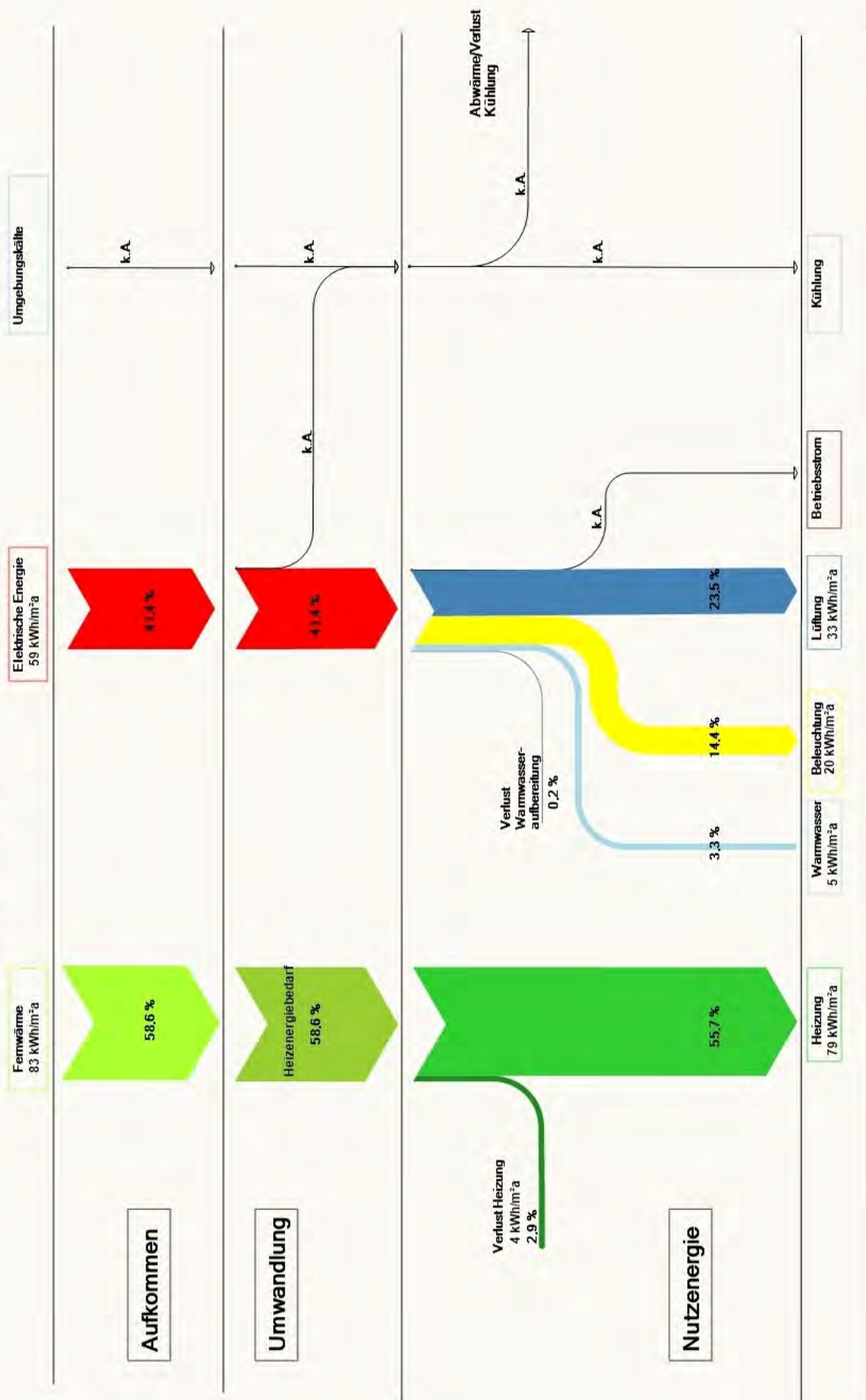
Ist-Energieverbrauch bei Gebäude H nach Nutzungsarten in kWh/m².a



Abweichungen der gemessenen Energieverbräuche mit den geplanten Verbrauchswerten lt. Energieausweis bei Gebäude H



Gebäude H



Bürogebäude I

Eckdaten

Bauperiode: 2000 - 2009

Größenklasse: > 10.000 m² BGF

Energieausweisdaten

Charakteristische Länge (l_c): 4,23

mittlerer U-Wert (U_m): 0,69

HWB Standortklima: 36,36

KB Standortklima: 39,43

Ist-Energieaufkommen: Strom: 547.106 kWh/a

Fernwärme: 895.996 kWh/a

Ist-Nutzenergie: Heizenergieverbrauch: 153,29 kWh/m².a

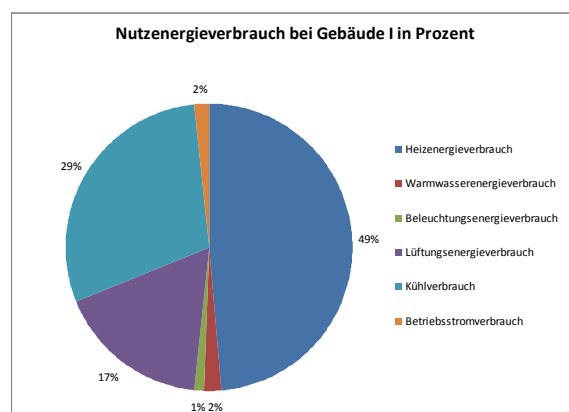
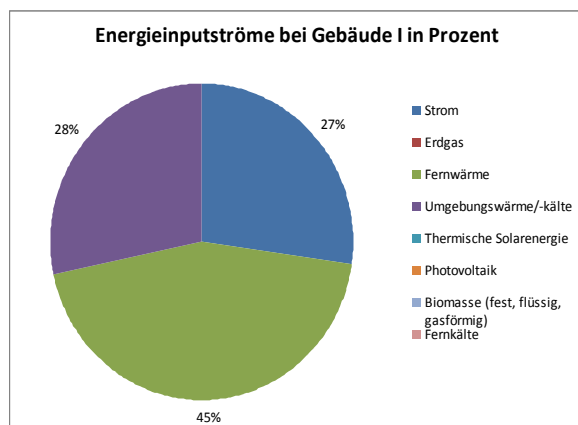
Warmwasserenergieverbrauch: 5,50 kWh/m².a

Beleuchtungsenergieverbrauch: 2,52 kWh/m².a

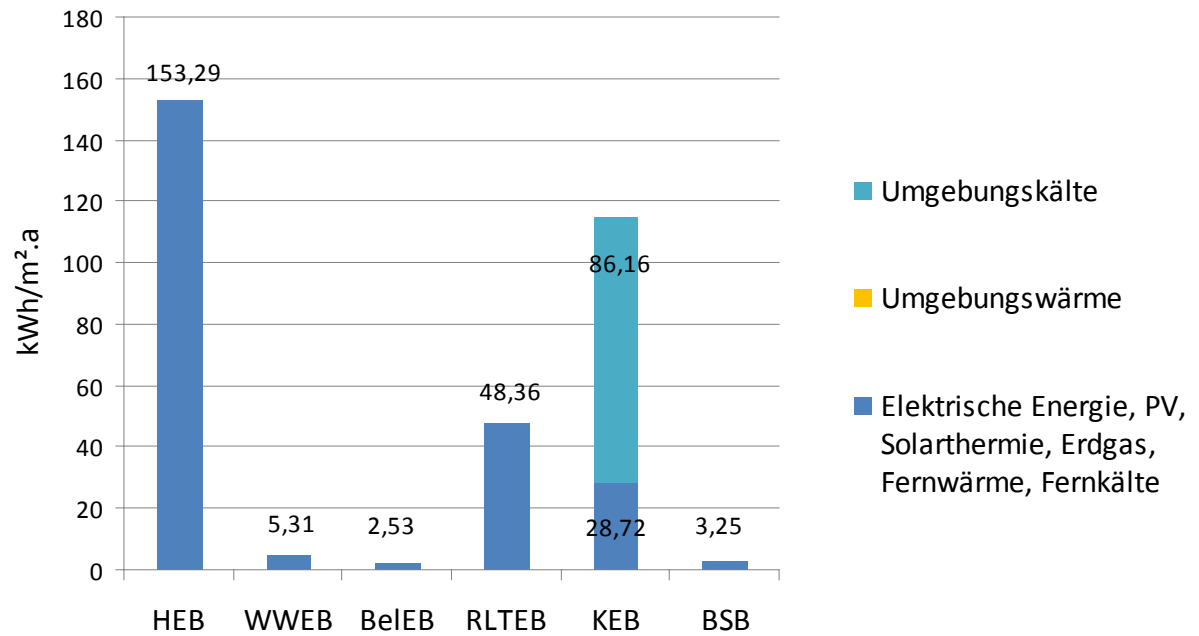
Lüftungsenergieverbrauch: 48,36 kWh/m².a

Kühlenergieverbrauch: 28,72 kWh/m².a

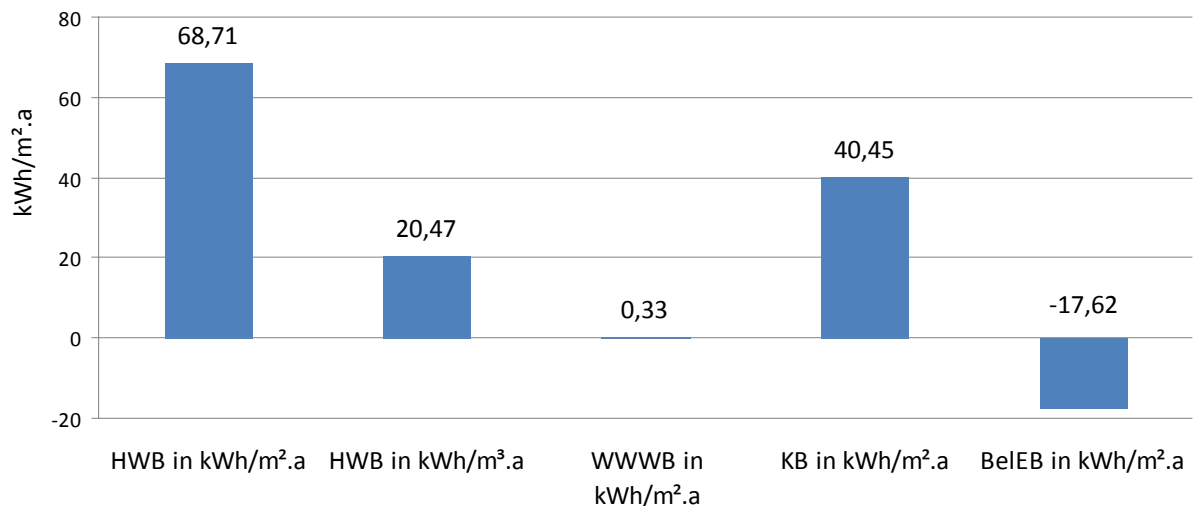
Betriebsstromverbrauch: 3,25 kWh/m².a



Ist-Energieverbrauch bei Gebäude I nach Nutzungsarten in kWh/m².a



Abweichungen der gemessenen Energieverbräuche mit den geplanten Verbrauchswerten lt. Energieausweis bei Gebäude I



Bürogebäude J

Eckdaten

Bauperiode: 2000 - 2009

Größenklasse: > 10.000 m² BGF

Energieausweisdaten

Charakteristische Länge (l_c): 3,53

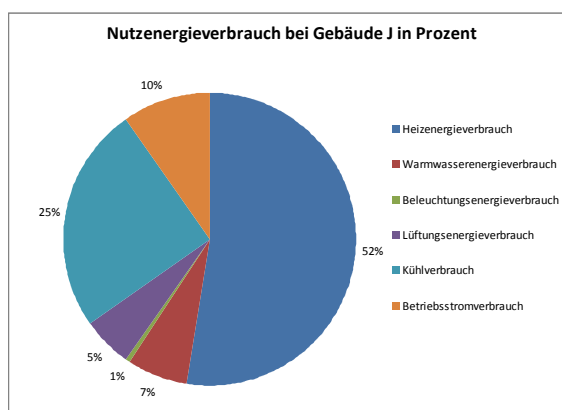
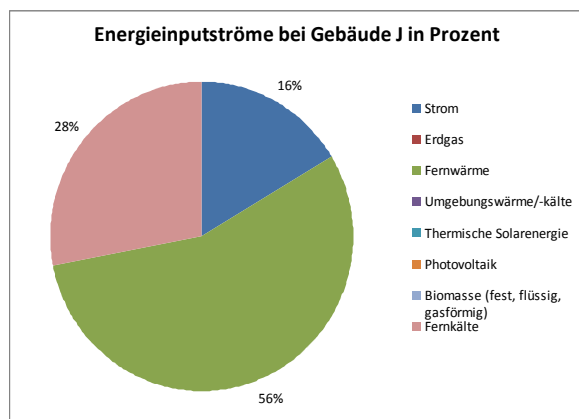
mittlerer U-Wert (U_m): 0,67

HWB Standortklima: 51,30

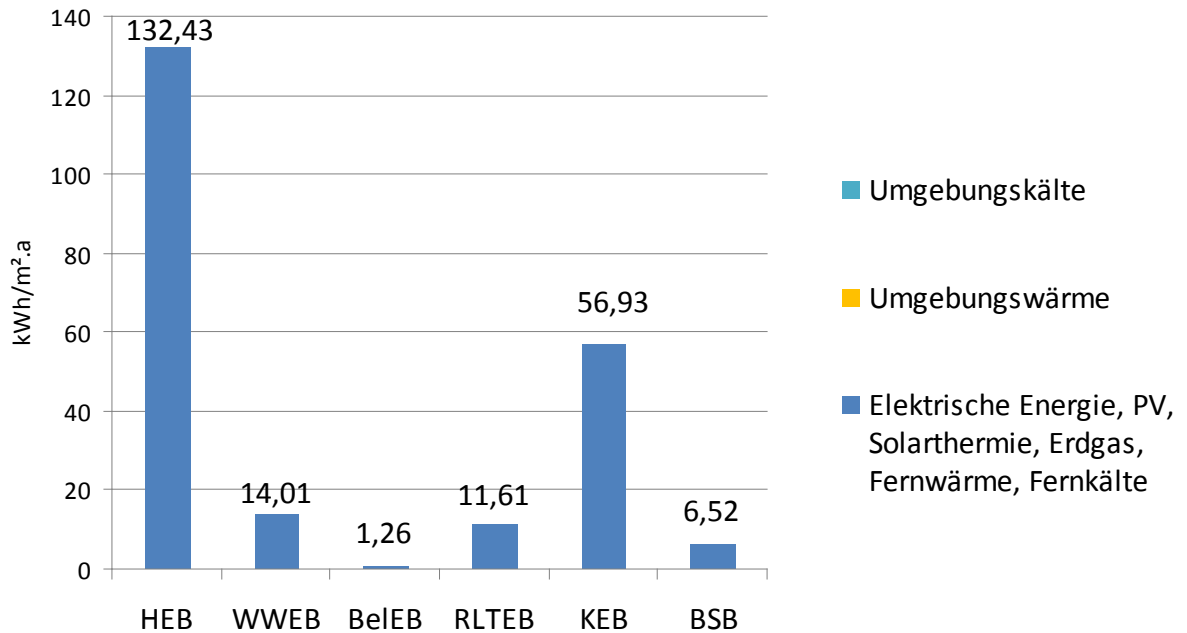
KB Standortklima: 52,60

Ist-Energieaufkommen: Strom: 481.888 kWh/a
 Fernwärme: 1.625.107 kWh/a
 Fernkälte: 821.315 kWh/a

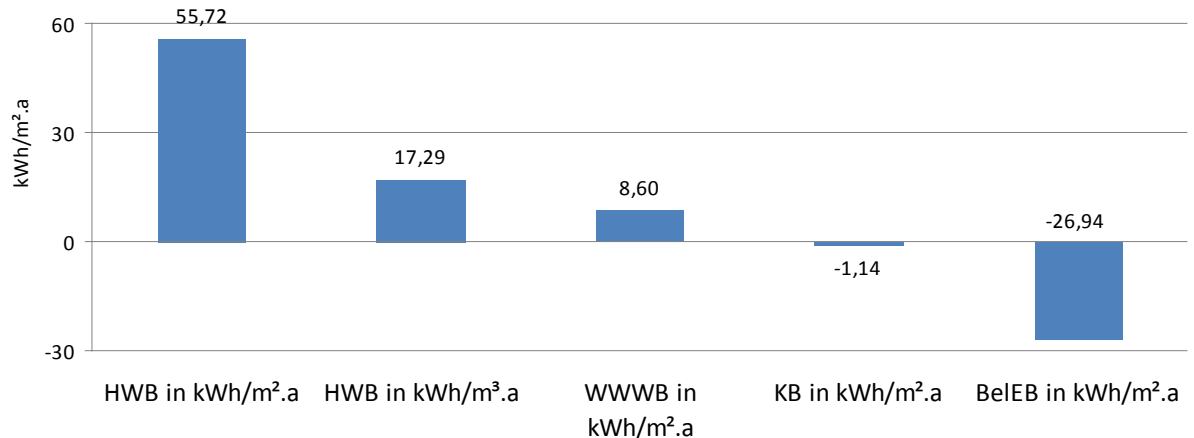
Ist-Nutzenergie: Heizenergieverbrauch: 132,43 kWh/m².a
 Warmwasserenergieverbrauch: 14,01 kWh/m².a
 Beleuchtungsenergieverbrauch: 1,26 kWh/m².a
 Lüftungsenergieverbrauch: 11,61 kWh/m².a
 Kühlenergieverbrauch: 56,93 kWh/m².a
 Betriebsstromverbrauch: 6,52 kWh/m².a



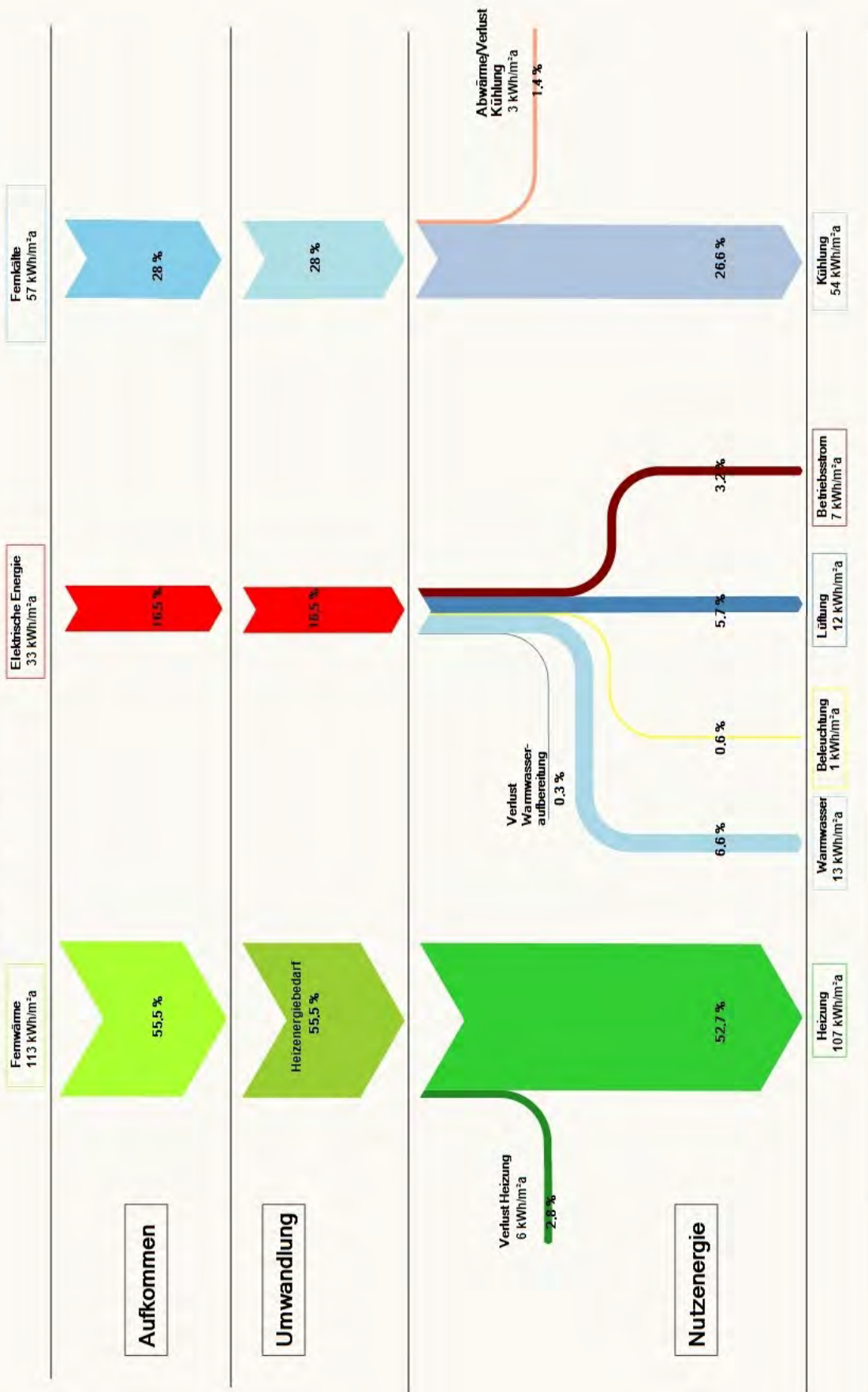
Ist-Energieverbrauch bei Gebäude J nach Nutzungsarten in kWh/m².a



Abweichungen der gemessenen Energieverbräuche mit den geplanten Verbrauchswerten lt. Energieausweis bei Gebäude J



Gebäude J



Bürogebäude K

Eckdaten

Bauperiode: 1990 - 1999

Größenklasse: > 10.000 m² BGF

Energieausweisdaten

Charakteristische Länge (lc): 3,51

mittlerer U-Wert (Um): 1,000

HWB Standortklima: 77,00

KB Standortklima: 13,00

Ist-Energieaufkommen: Strom: 1.083.338 kWh/a

Fernwärme: 1.696.690 kWh/a

Ist-Nutzenergie: Heizenergieverbrauch: 130,99 kWh/m².a

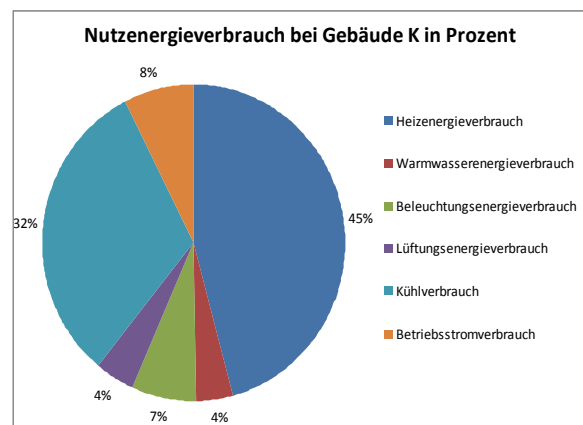
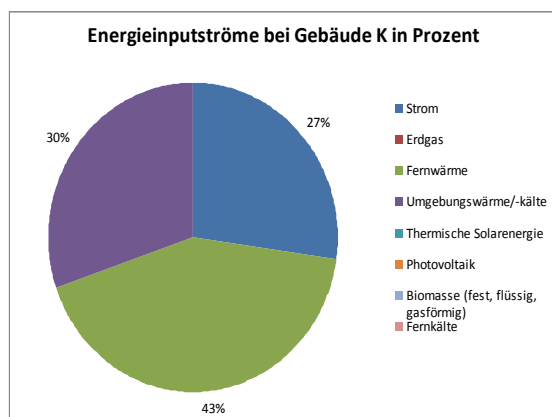
Warmwasserenergieverbrauch: 9,85 kWh/m².a

Beleuchtungsenergieverbrauch: 16,59 kWh/m².a

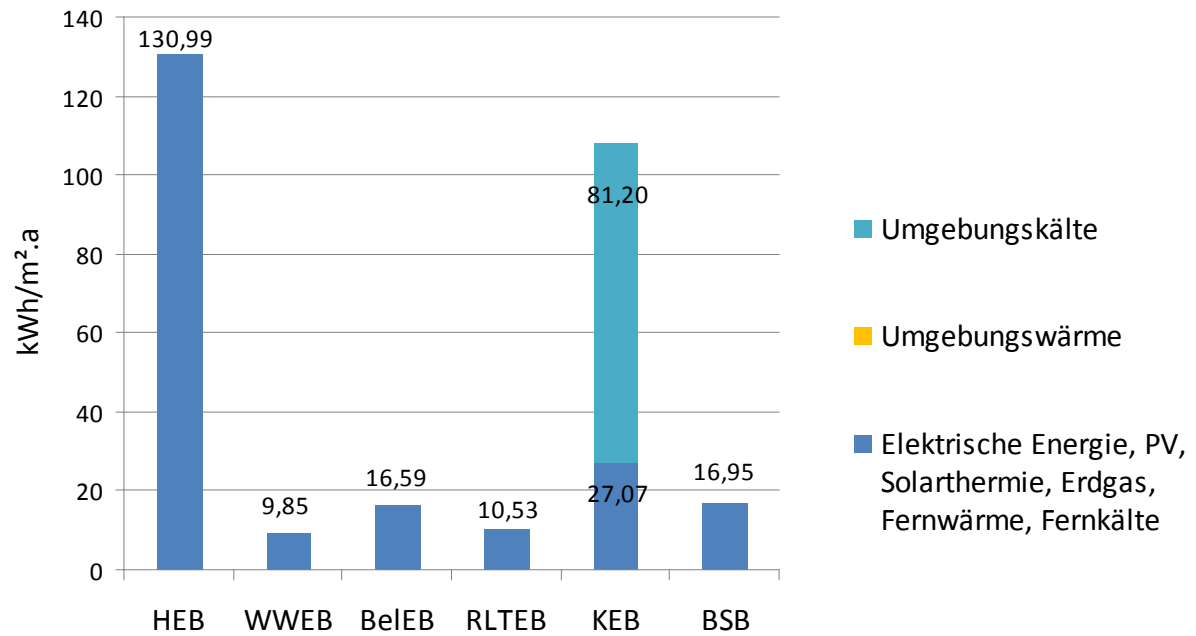
Lüftungsenergieverbrauch: 10,533 kWh/m².a

Kühlenergieverbrauch: 27,07 kWh/m².a

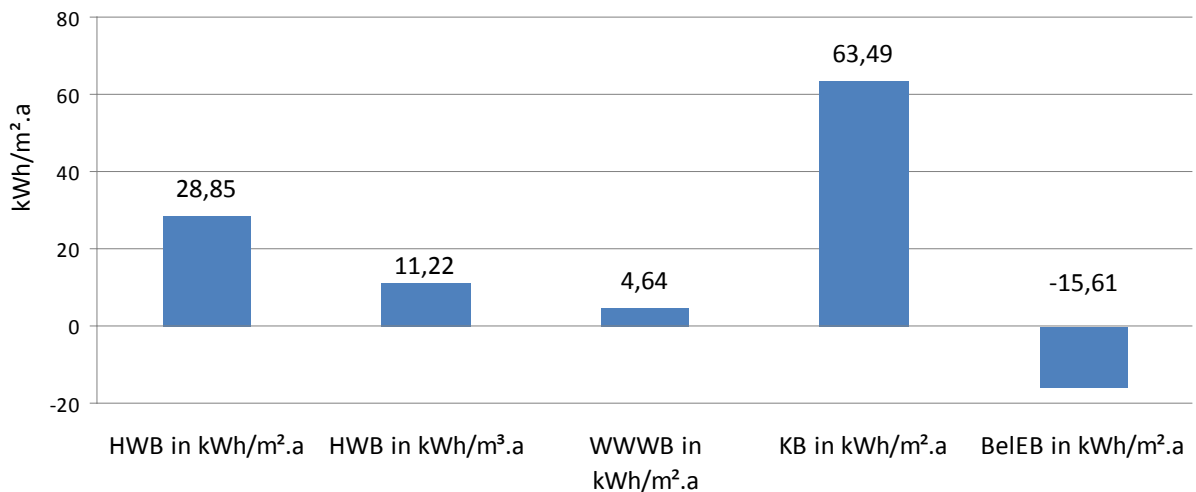
Betriebsstromverbrauch: 16,95 kWh/m².a



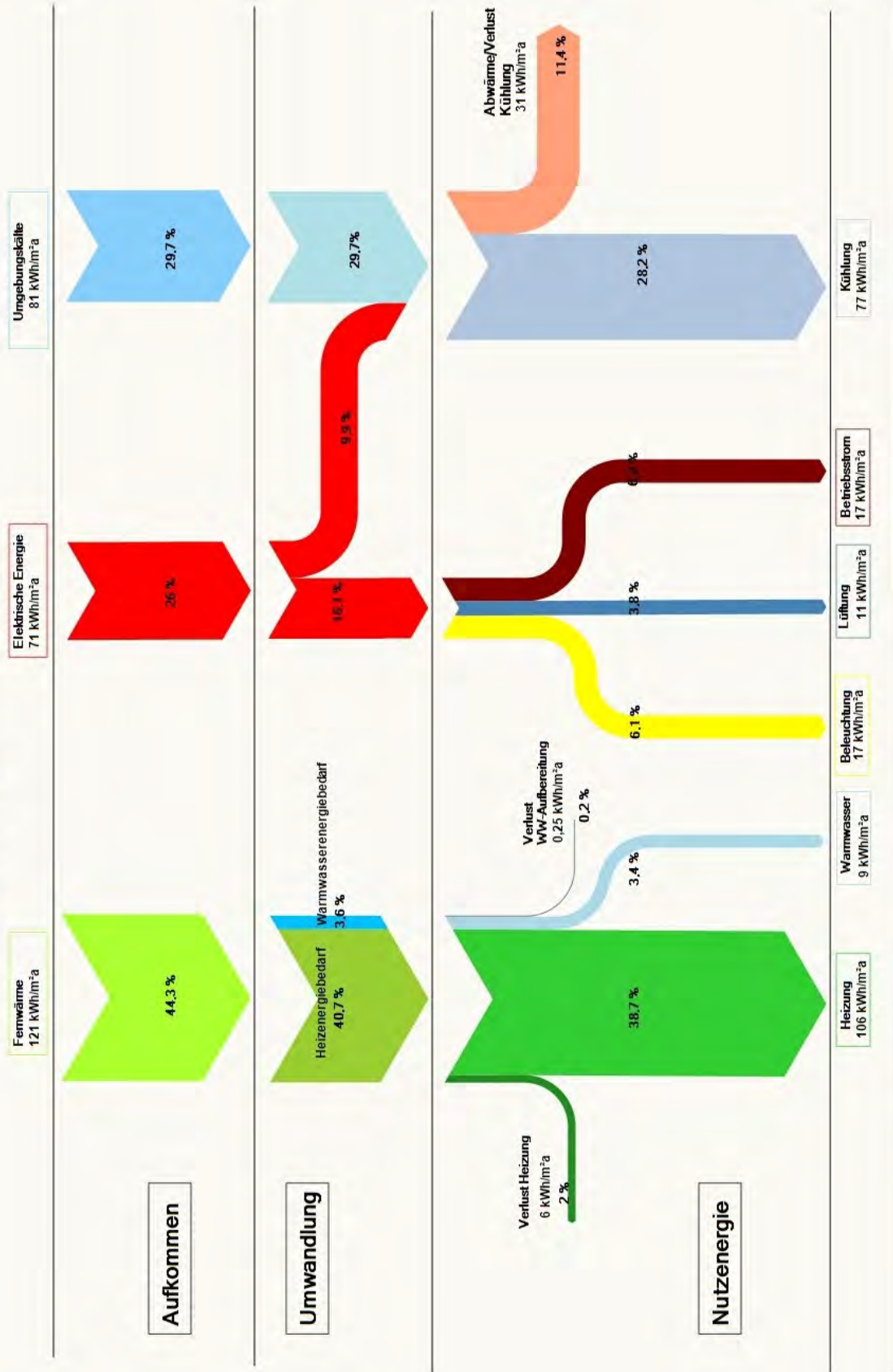
Ist-Energieverbrauch bei Gebäude K nach Nutzungsarten in kWh/m².a



Abweichungen der gemessenen Energieverbräuche mit den geplanten Verbrauchswerten lt. Energieausweis bei Gebäude K



Gebäude K



Bürogebäude L

Eckdaten

Bauperiode: 1990 - 1999

Größenklasse: > 10.000 m² BGF

Energieausweisdaten

Charakteristische Länge (l_c): 4,08

mittlerer U-Wert (U_m): 0,590

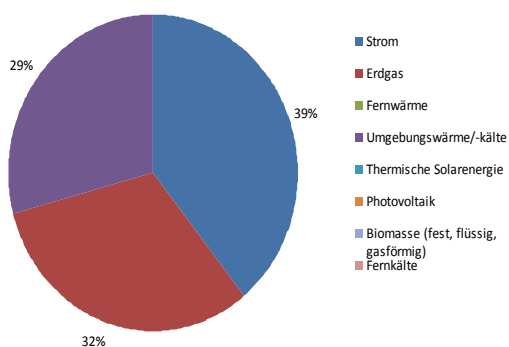
HWB Standortklima: 34,84

KB Standortklima: k.A.

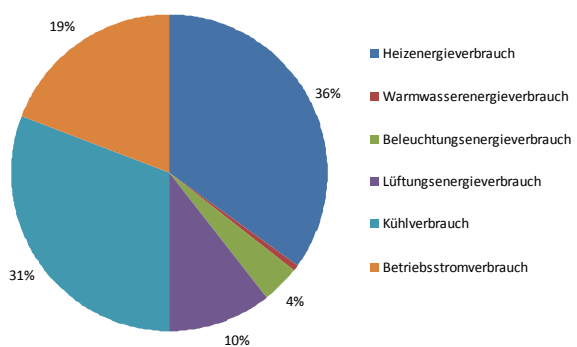
Ist-Energieaufkommen: Strom: 1.069.533 kWh/a
Erdgas: 867.640 kWh/a

Ist-Nutzenergie: Heizenergieverbrauch: 95,23 kWh/m².a
Warmwasserenergieverbrauch: 1,10 kWh/m².a
Beleuchtungsenergieverbrauch: 9,20 kWh/m².a
Lüftungsenergieverbrauch: 23,87 kWh/m².a
Kühlenergieverbrauch: 25,13 kWh/m².a
Betriebsstromverbrauch: 42,87 kWh/m².a

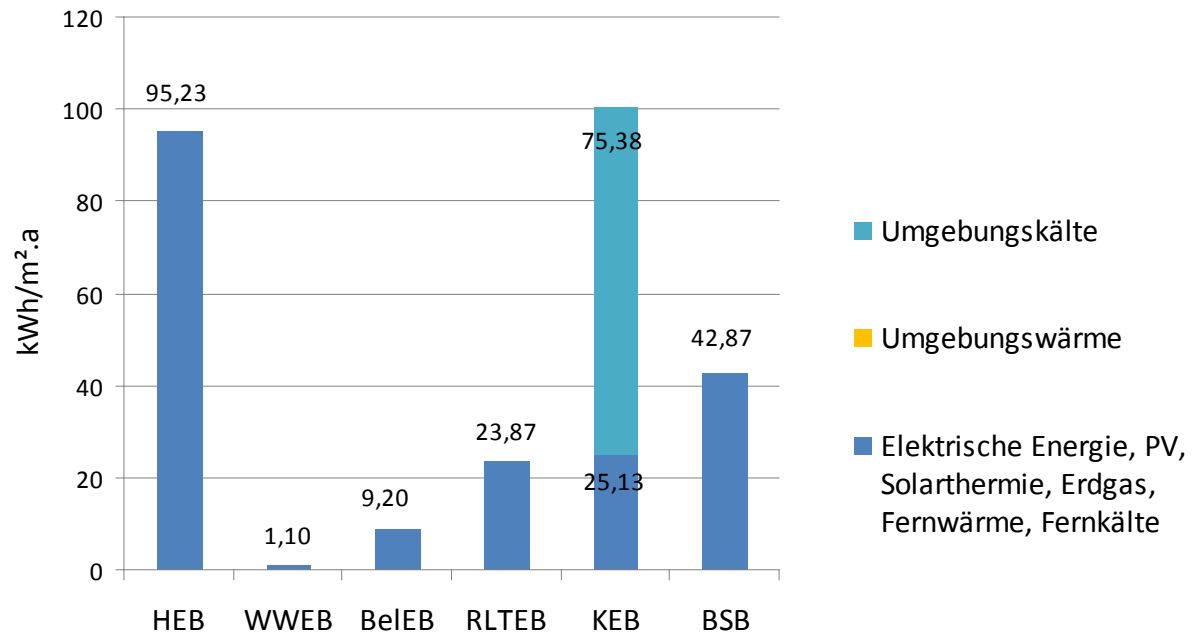
Energieinputströme bei Gebäude L in Prozent



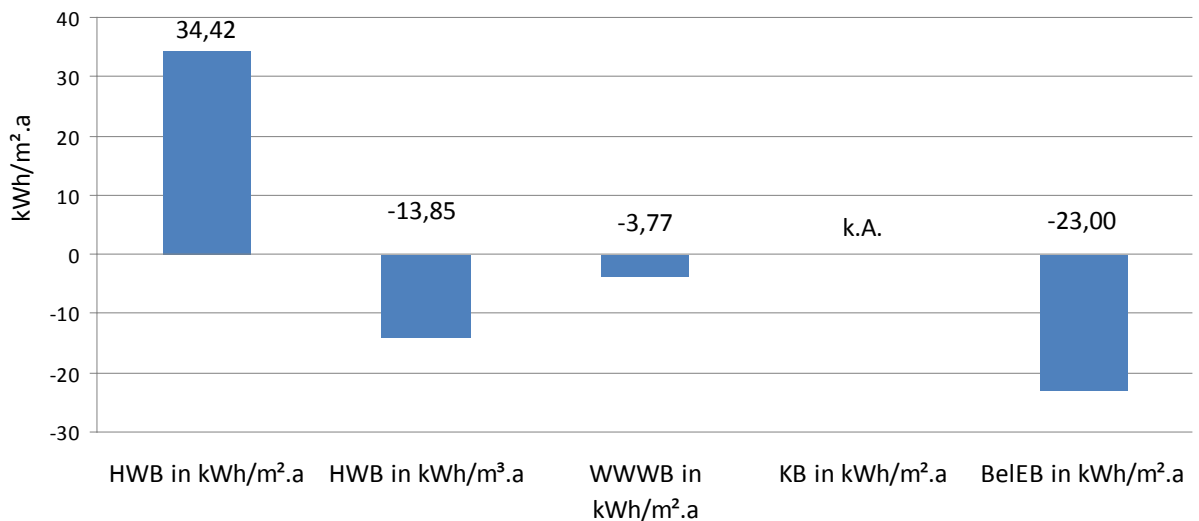
Nutzenergieverbrauch bei Gebäude L in Prozent



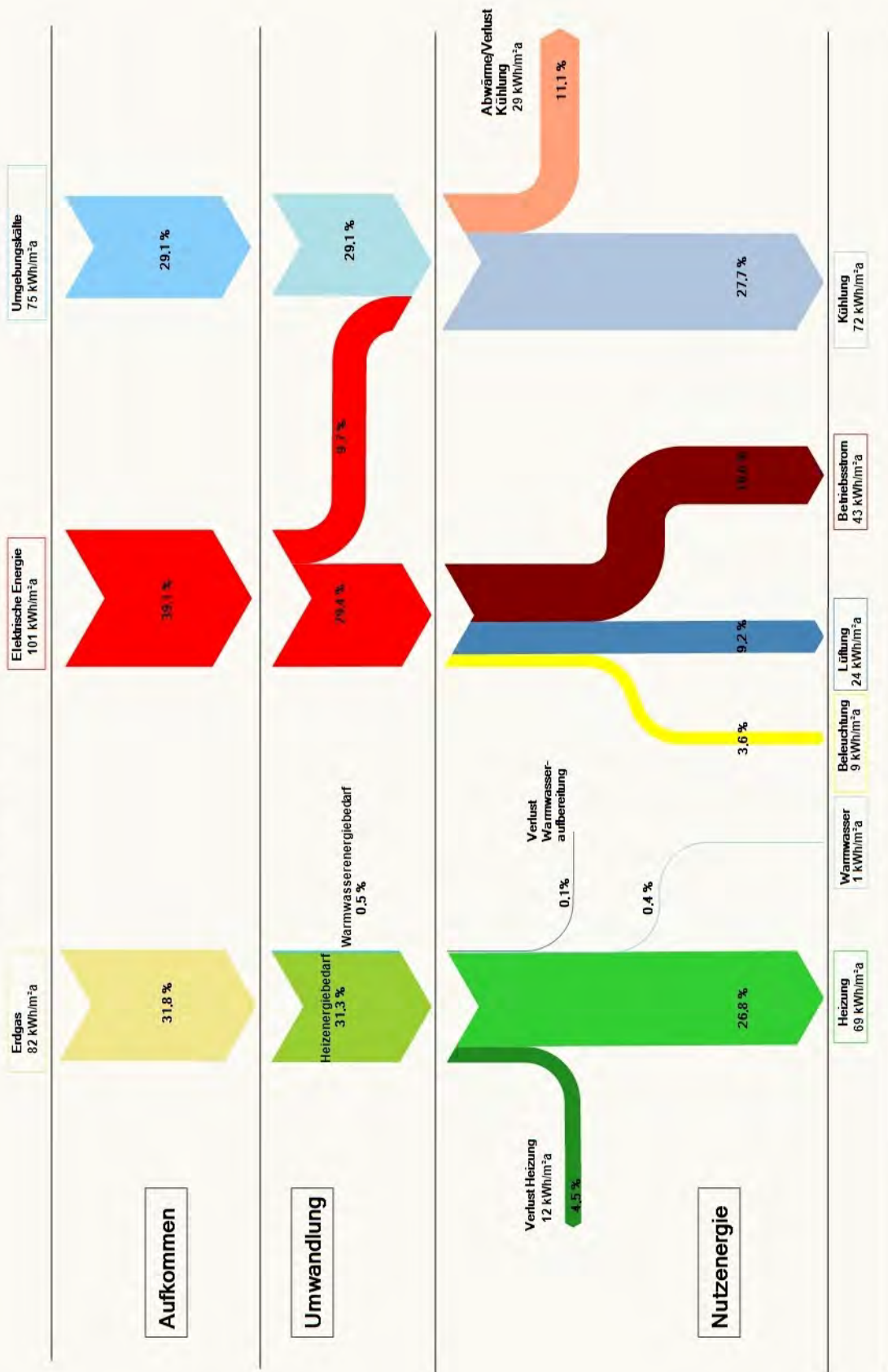
Ist-Energieverbrauch bei Gebäude L nach Nutzungsarten in kWh/m².a



Abweichungen der gemessenen Energieverbräuche mit den geplanten Verbrauchswerten lt. Energieausweis bei Gebäude L



Gebäude L



Bürogebäude M

Eckdaten

Bauperiode: 1990 - 1999

Größenklasse: > 10.000 m² BGF

Energieausweisdaten

Charakteristische Länge (l_c): 4,77

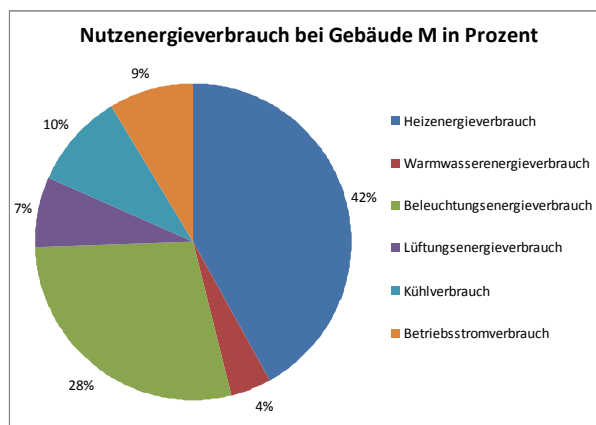
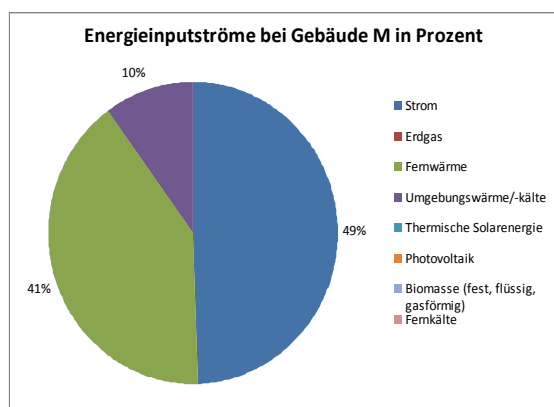
mittlerer U-Wert (U_m): 0,700

HWB Standortklima: 2,20

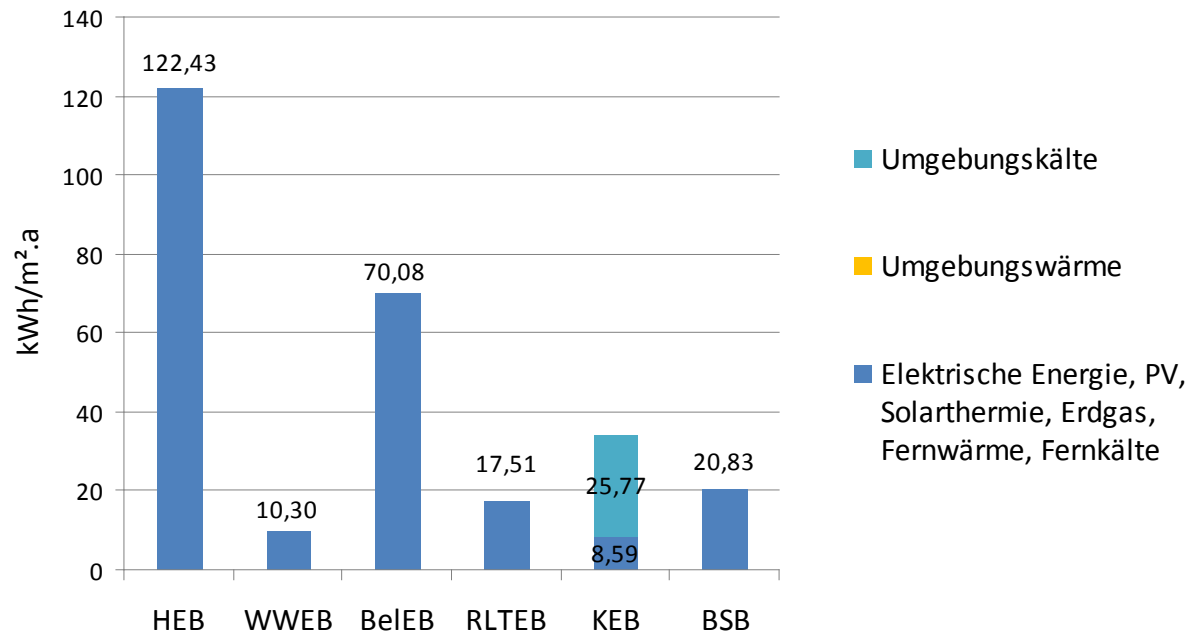
KB Standortklima: 47,4.

Ist-Energieaufkommen: Strom: 1.558.709 kWh/a
Fernwärme: 1.276.390 kWh/a

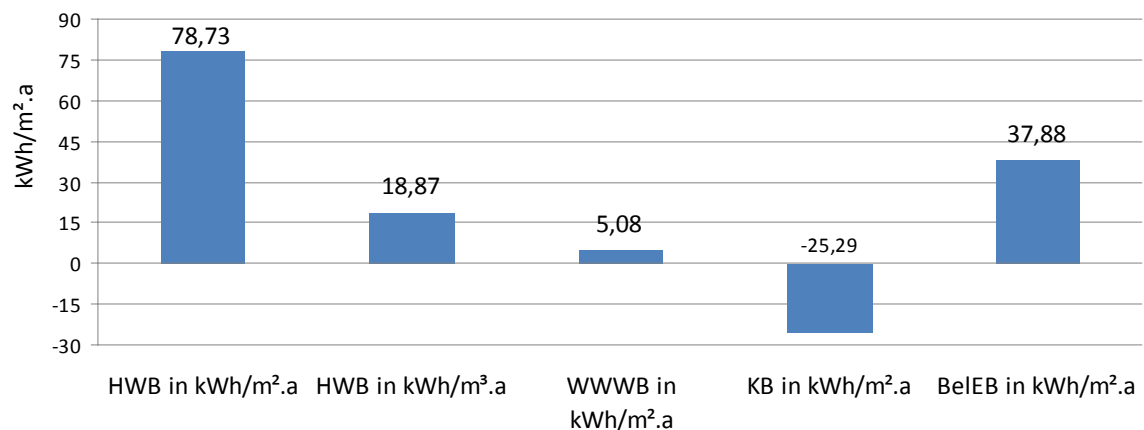
Ist-Nutzenergie: Heizenergieverbrauch: 122,43 kWh/m².a
Warmwasserenergieverbrauch: 10,30 kWh/m².a
Beleuchtungsenergieverbrauch: 70,08 kWh/m².a
Lüftungsenergieverbrauch: 17,51 kWh/m².a
Kühlenergieverbrauch: 8,59 kWh/m².a
Betriebsstromverbrauch: 20,83 kWh/m².a



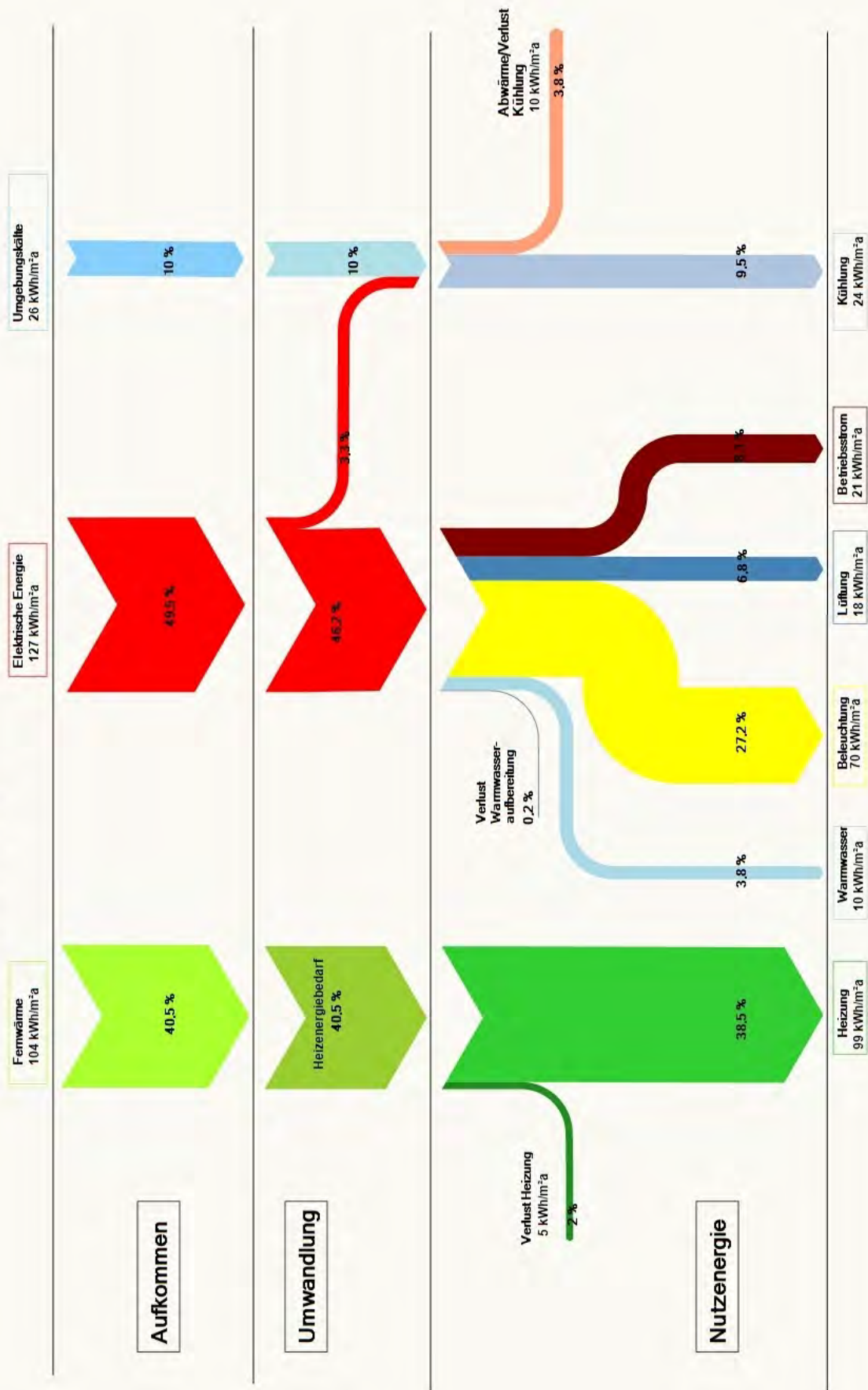
Ist-Energieverbrauch bei Gebäude M nach Nutzungsarten in kWh/m².a



Abweichungen der gemessenen Energieverbräuche mit den geplanten Verbrauchswerten lt. Energieausweis bei Gebäude M



Gebäude M



Bürogebäude N

Eckdaten

Bauperiode: 1990 - 1999

Größenklasse: > 10.000 m² BGF

Energieausweisdaten

Charakteristische Länge (l_c): 5,09

mittlerer U-Wert (U_m): 1,450

HWB Standortklima: 75,20

KB Standortklima: 24,33

Ist-Energieaufkommen: Strom: 1.686.483 kWh/a

Fernwärme: 1.941.420 kWh/a

Ist-Nutzenergie: Heizenergieverbrauch: 69,40 kWh/m².a

Warmwasserenergieverbrauch: 9,02 kWh/m².a

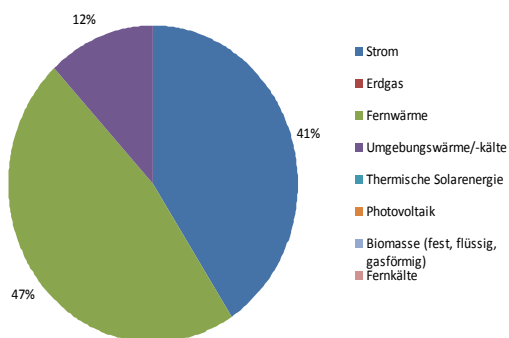
Beleuchtungsenergieverbrauch: 5,24 kWh/m².a

Lüftungsenergieverbrauch: 34,85 kWh/m².a

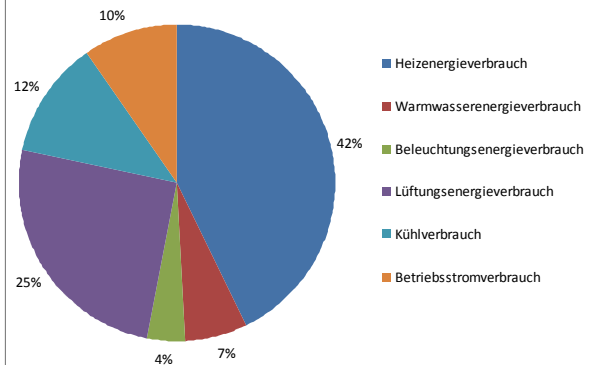
Kühlenergieverbrauch: 5,79 kWh/m².a

Betriebsstromverbrauch: 13,05 kWh/m².a

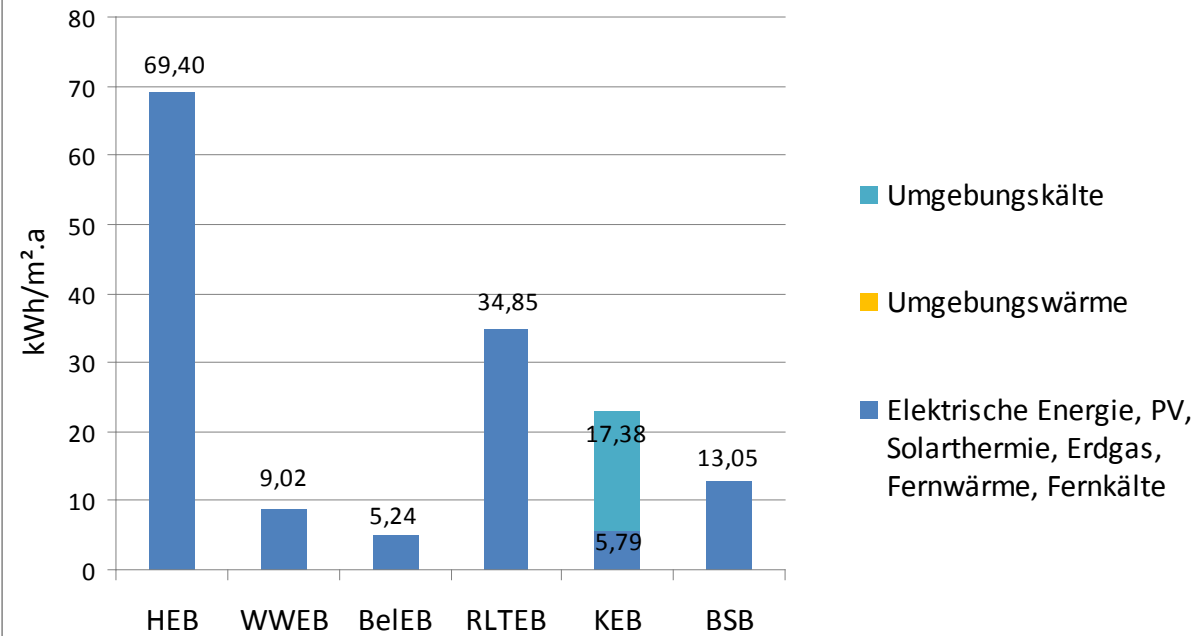
Energieinputströme bei Gebäude N in Prozent



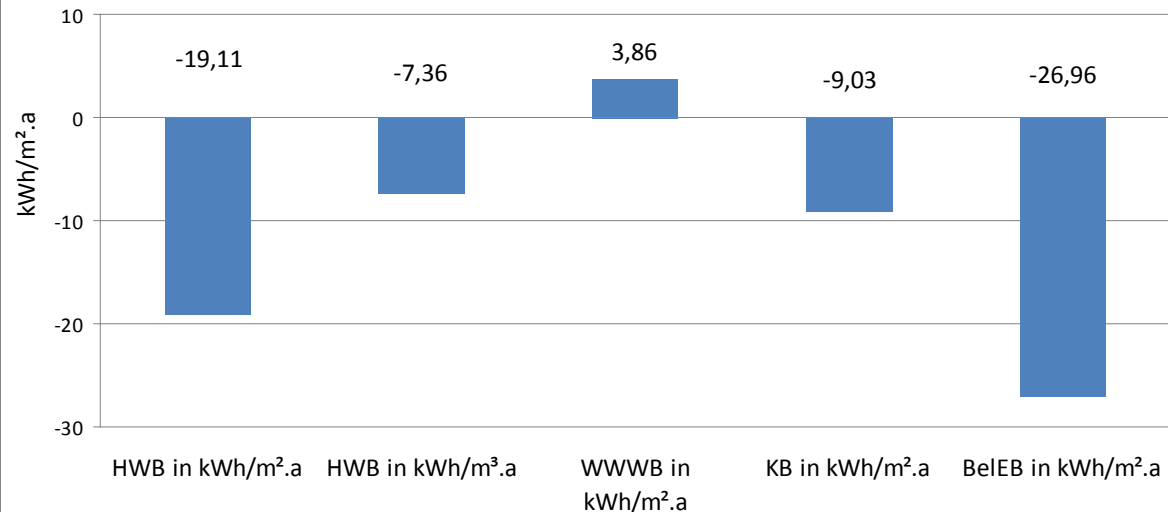
Nutzenergieverbrauch bei Gebäude N in Prozent



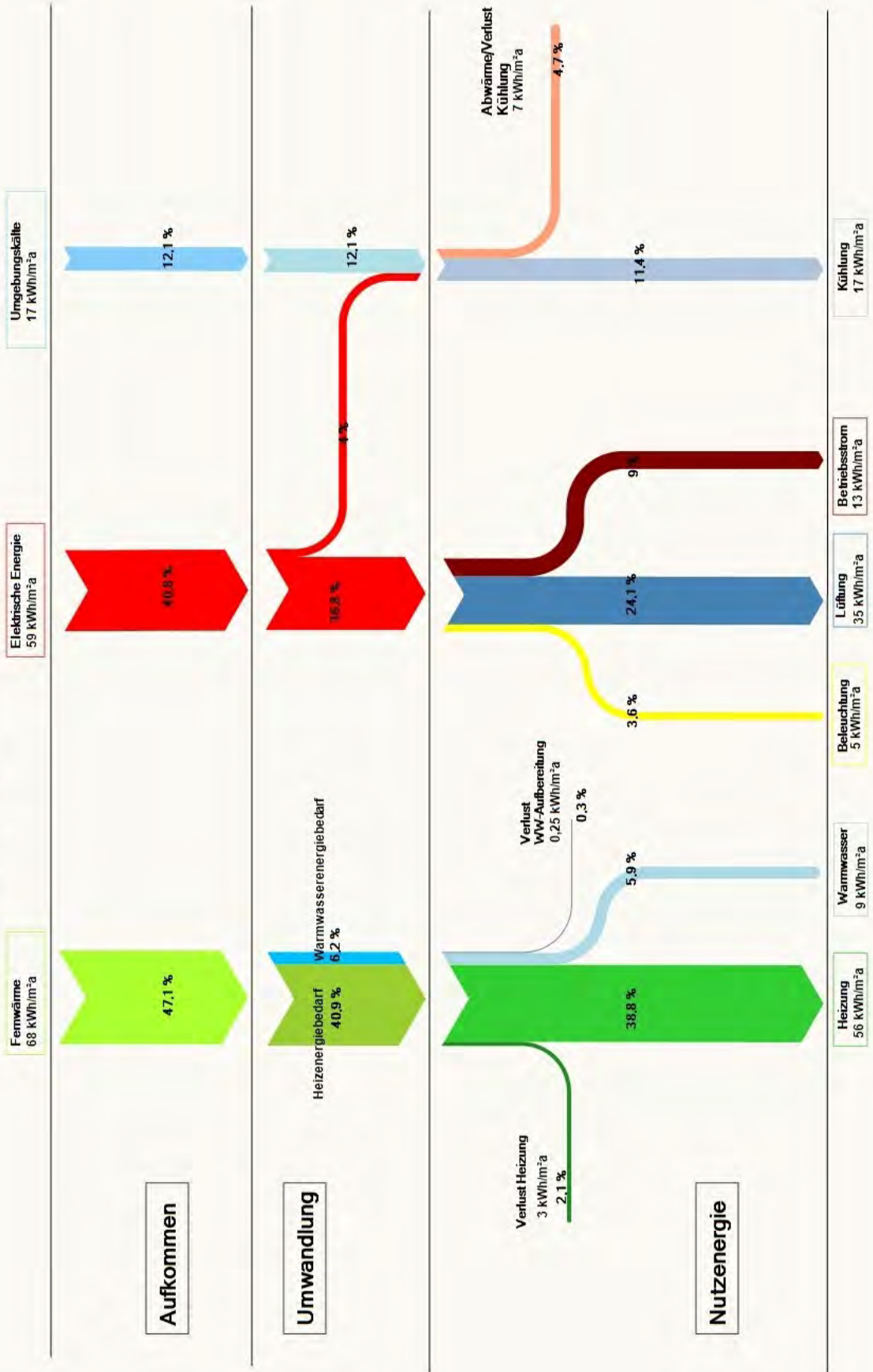
Ist-Energieverbrauch bei Gebäude N nach Nutzungsarten in kWh/m².a



Abweichungen der gemessenen Energieverbräuche mit den geplanten Verbrauchswerten lt. Energieausweis bei Gebäude N (absolut)



Gebäude N



Bürogebäude O

Eckdaten

Bauperiode: 2000 - 2009

Größenklasse: 1.000 – 10.000 m² BGF

Energieausweisdaten

Charakteristische Länge (l_c): 3,94

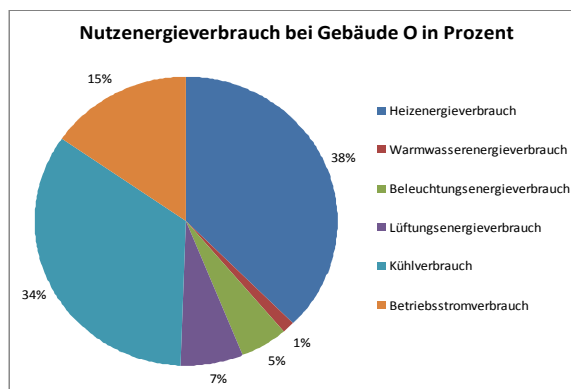
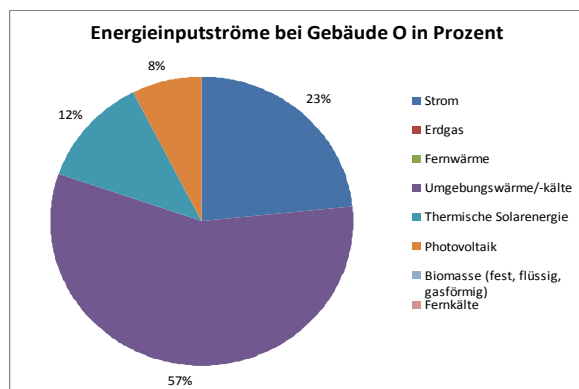
mittlerer U-Wert (U_m): 0,650

HWB Standortklima: 39,25

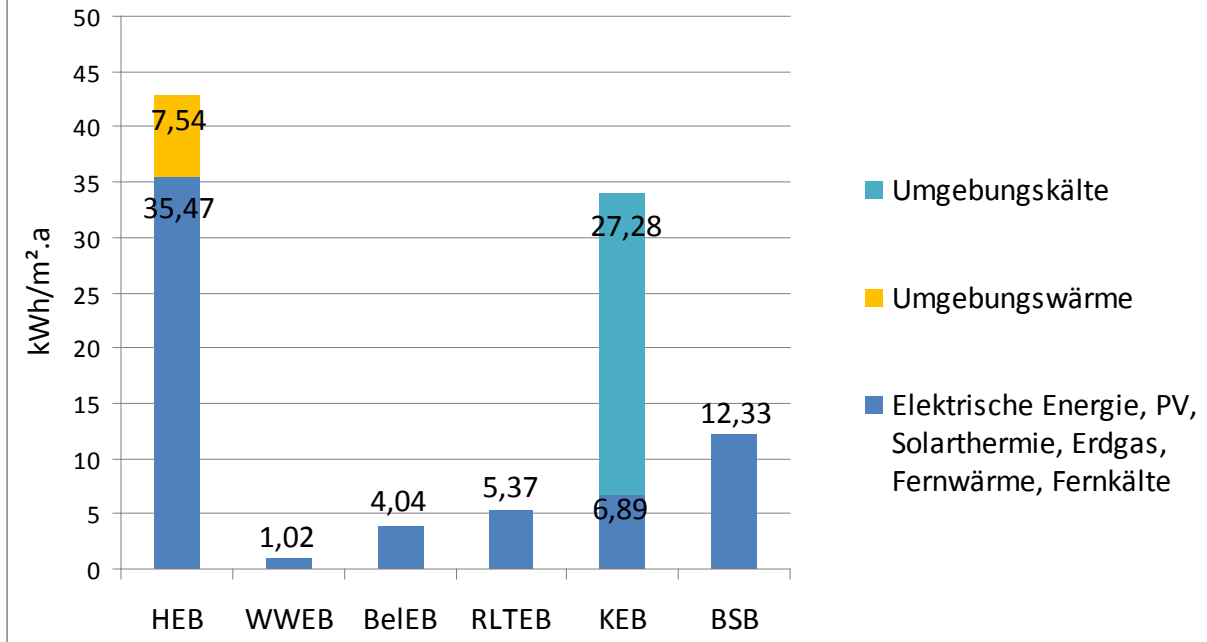
KB Standortklima: 28,76

Ist-Energieaufkommen: Strom: 141.086 kWh/a
 Umgebungswärme: 121.534 kWh/a
 Thermische Solarenergie: 74.234 kWh/a
 Photovoltaik: 45.609 kWh/a

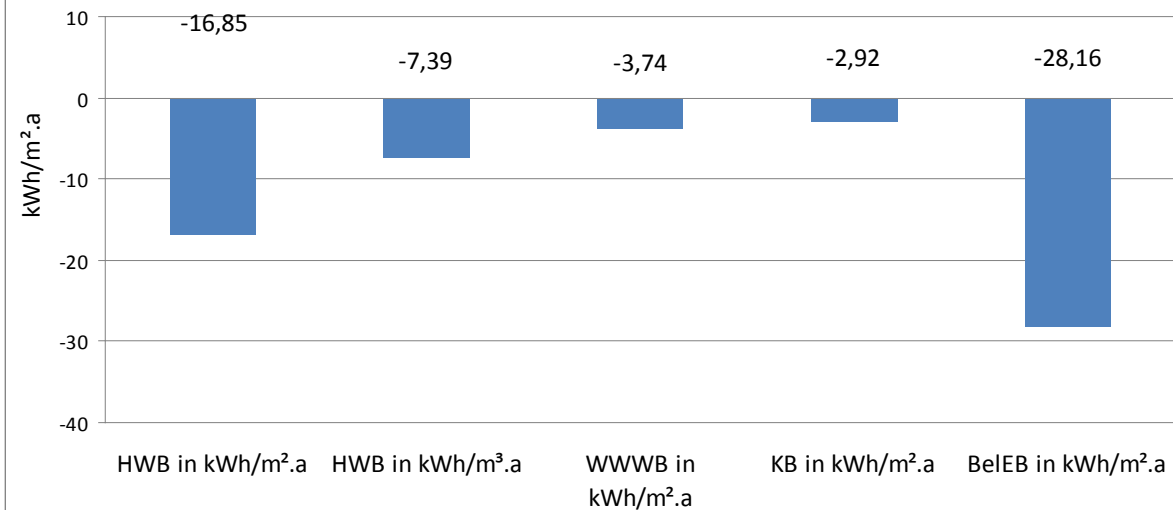
Ist-Nutzenergie: Heizenergieverbrauch: 35,47 kWh/m².a
 Warmwasserenergieverbrauch: 1,02 kWh/m².a
 Beleuchtungsenergieverbrauch: 4,04 kWh/m².a
 Lüftungsenergieverbrauch: 5,37 kWh/m².a
 Kühlenergieverbrauch: 6,89 kWh/m².a
 Betriebsstromverbrauch: 12,33 kWh/m².a



Ist-Energieverbrauch bei Gebäude O nach Nutzungsarten in kWh/m².a

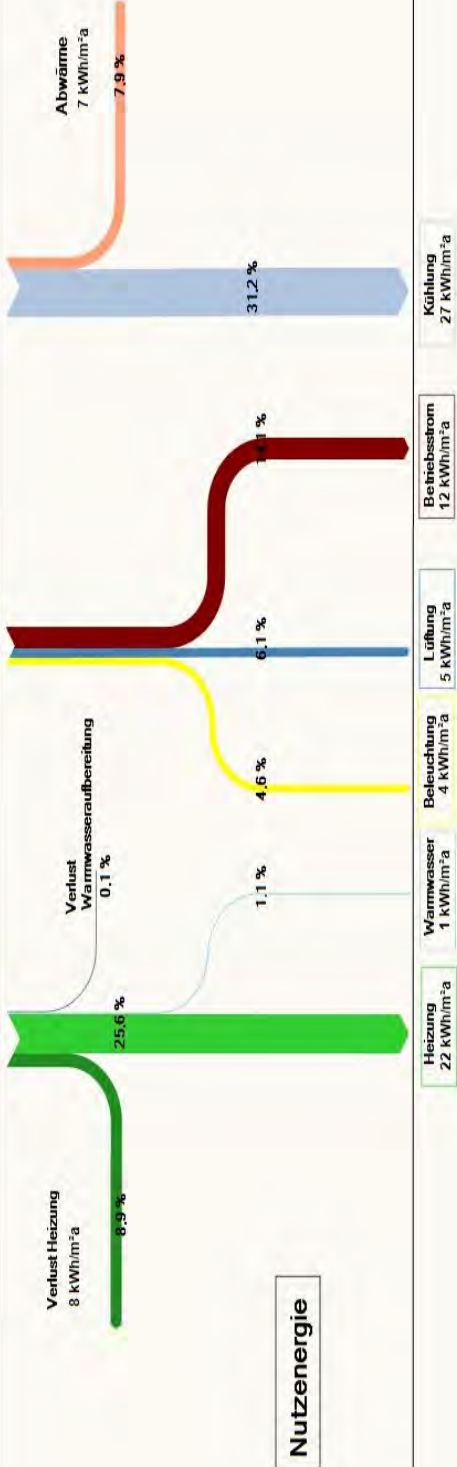
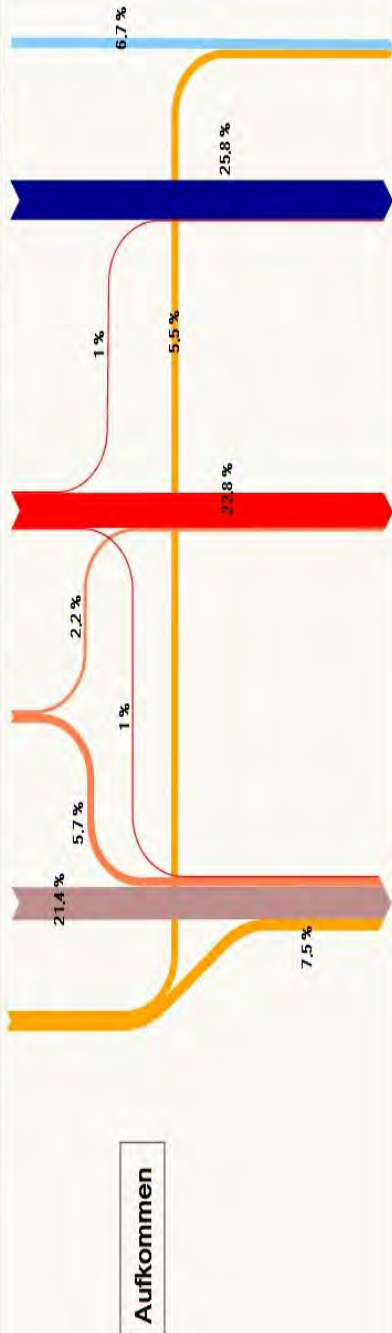


Abweichungen der gemessenen Energieverbräuche mit den geplanten Verbrauchswerten lt. Energieausweis bei Gebäude O



Gebäude O

therm. Solarenergie 11 kWh/m²a Umgebungswärme 19 kWh/m²a Photovoltaik 7 kWh/m²a Elektrische Energie 22 kWh/m²a Grundwasserwärme 23 kWh/m²a Kälte der Umgebungsluft 6 kWh/m²a



Bürogebäude P

Eckdaten

Bauperiode: 1990 - 1999

Größenklasse: > 10.000 m² BGF

Energieausweisdaten

Charakteristische Länge (l_c): 4,13

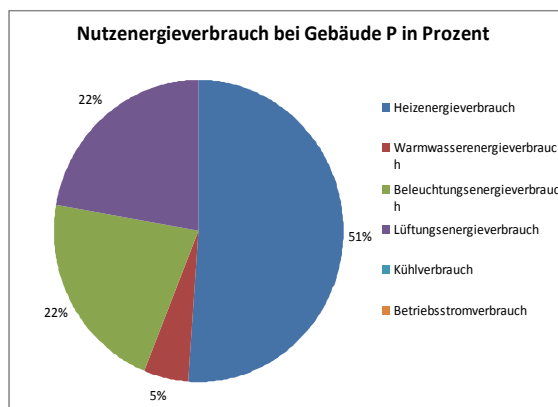
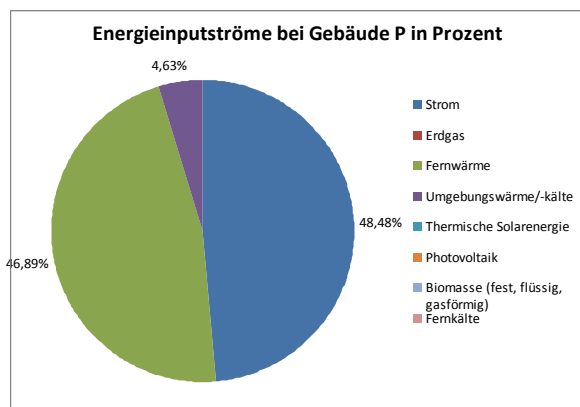
mittlerer U-Wert (U_m): 0,760

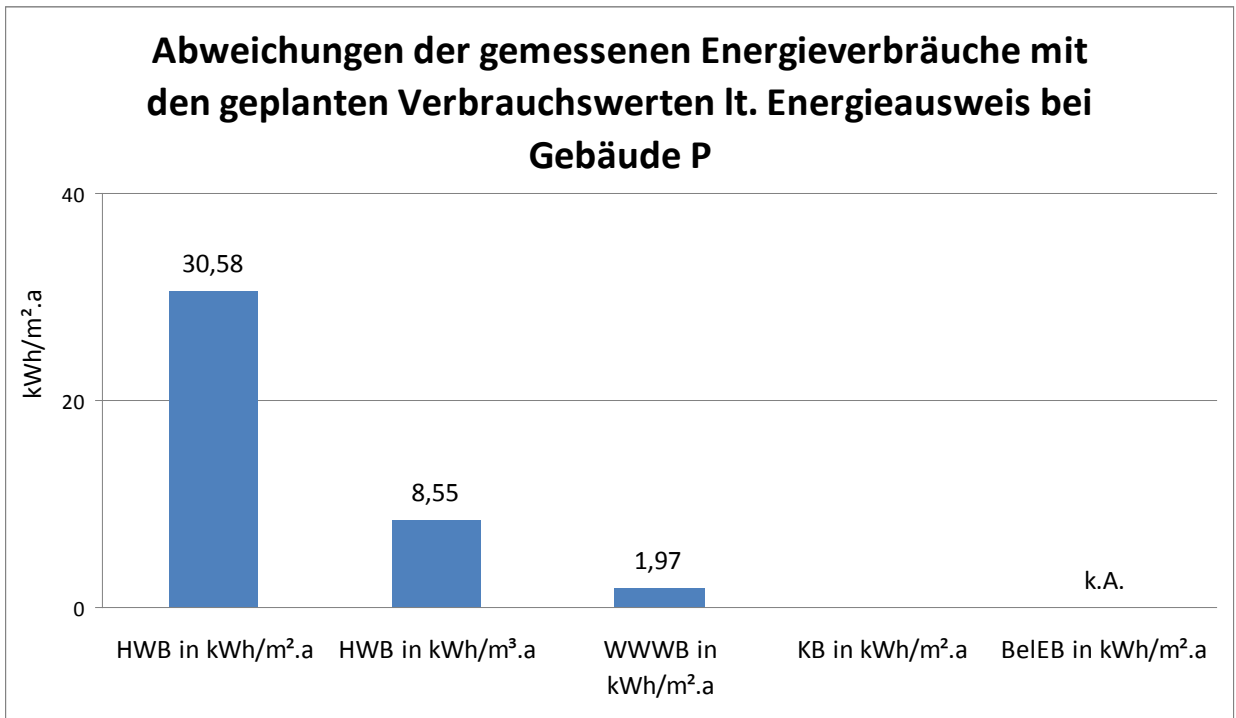
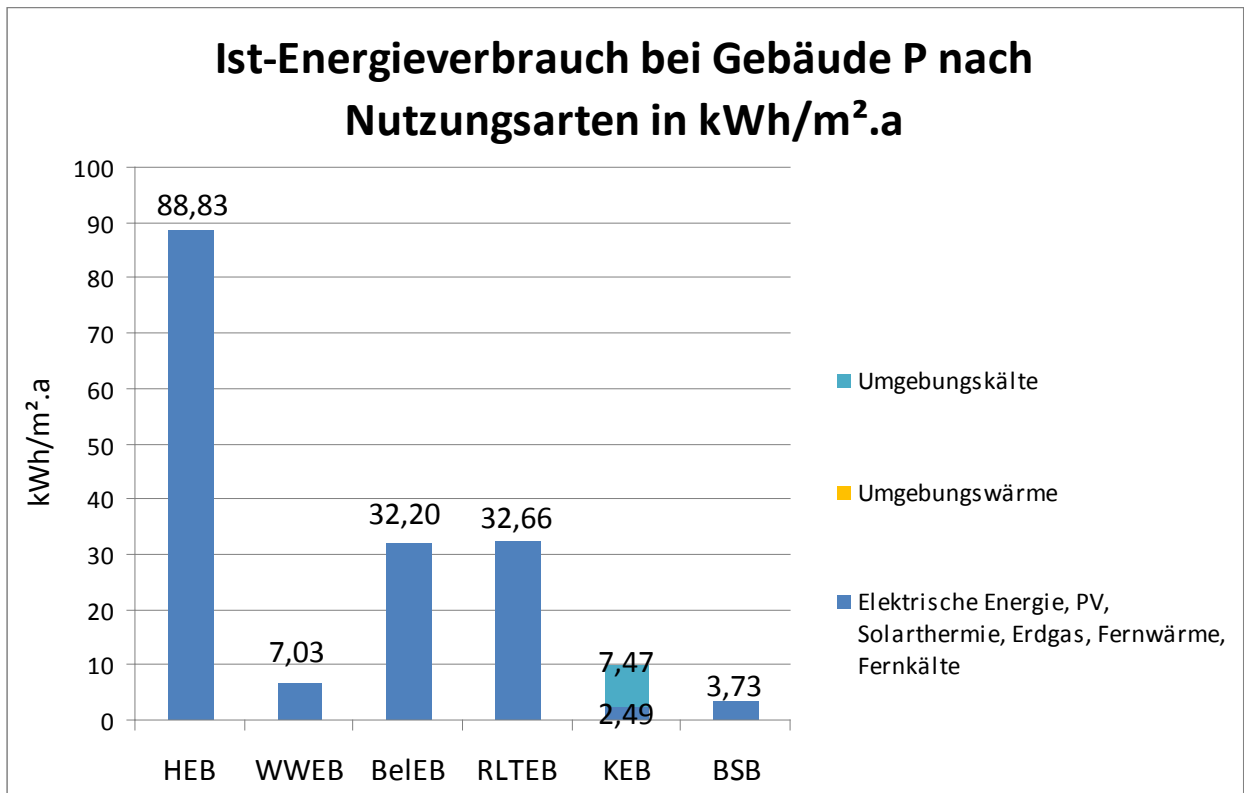
HWB Standortklima: 41,20

KB Standortklima: 46,30

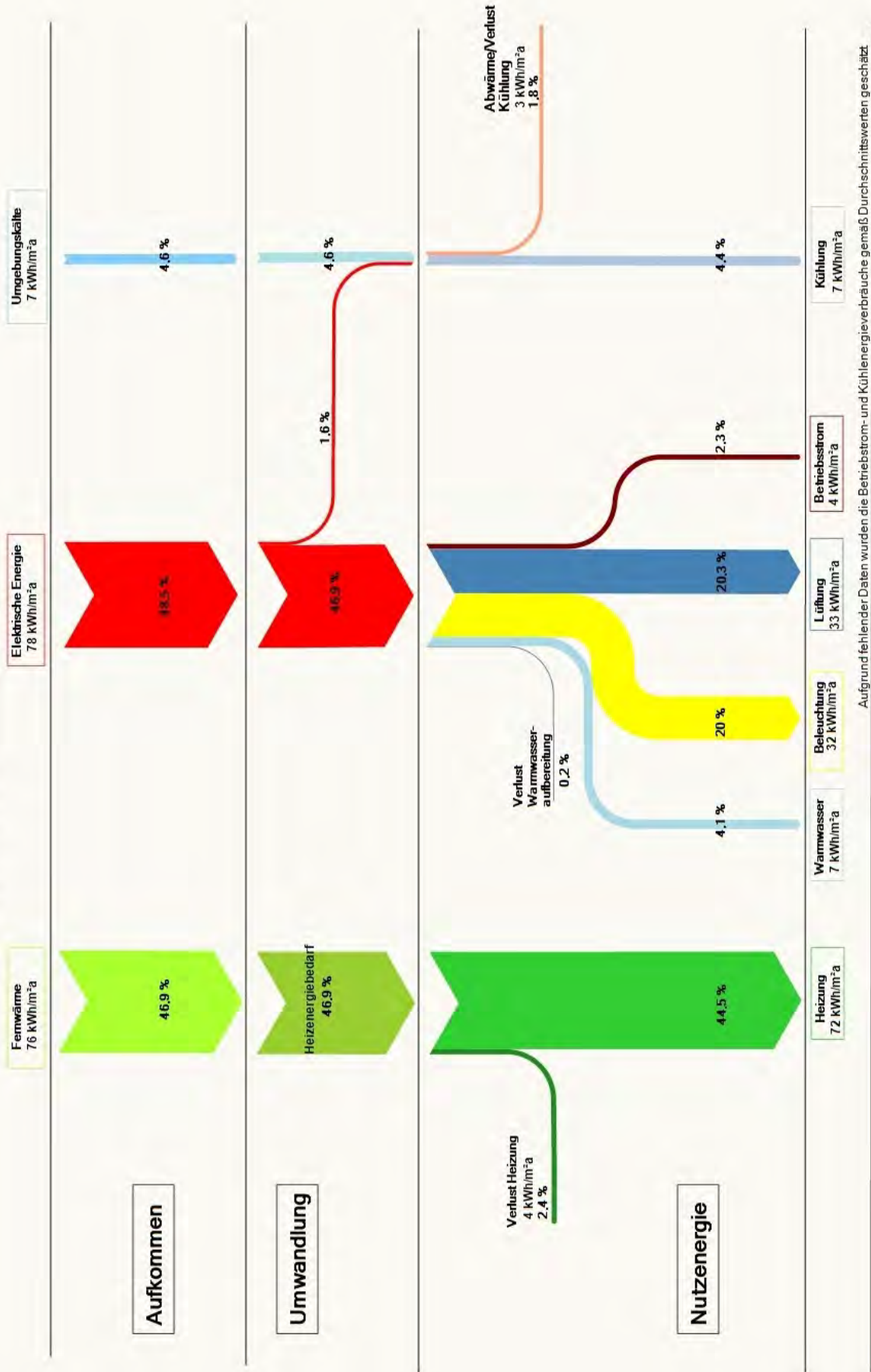
Ist-Energieaufkommen: Strom: 840.000 kWh/a
Fernwärme: 812.500 kWh/a

Ist-Nutzenergie: Heizenergieverbrauch: 88,83 kWh/m².a
Warmwasserenergieverbrauch: 7,03 kWh/m².a
Beleuchtungsenergieverbrauch: 32,2 kWh/m².a
Lüftungsenergieverbrauch: 32,66 kWh/m².a
Kühlenergieverbrauch: 2,49 kWh/m².a
Betriebsstromverbrauch: 3,73 kWh/m².a





Gebäude P



Bürogebäude Q

Eckdaten

Bauperiode: 2000 - 2009

Größenklasse: 1.000 - 10.000 m² BGF

Energieausweisdaten

Charakteristische Länge (l_c): 2,3

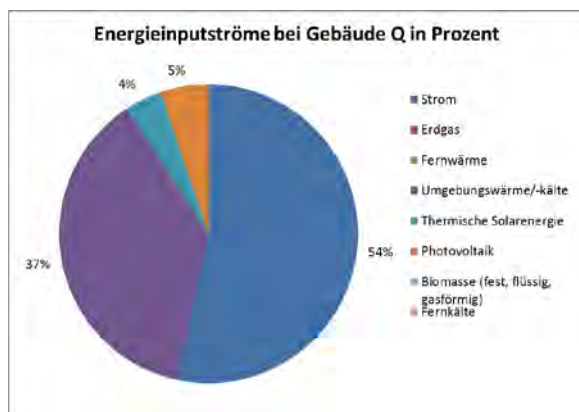
mittlerer U-Wert (U_m): 0,22

HWB Standortklima: 6,08

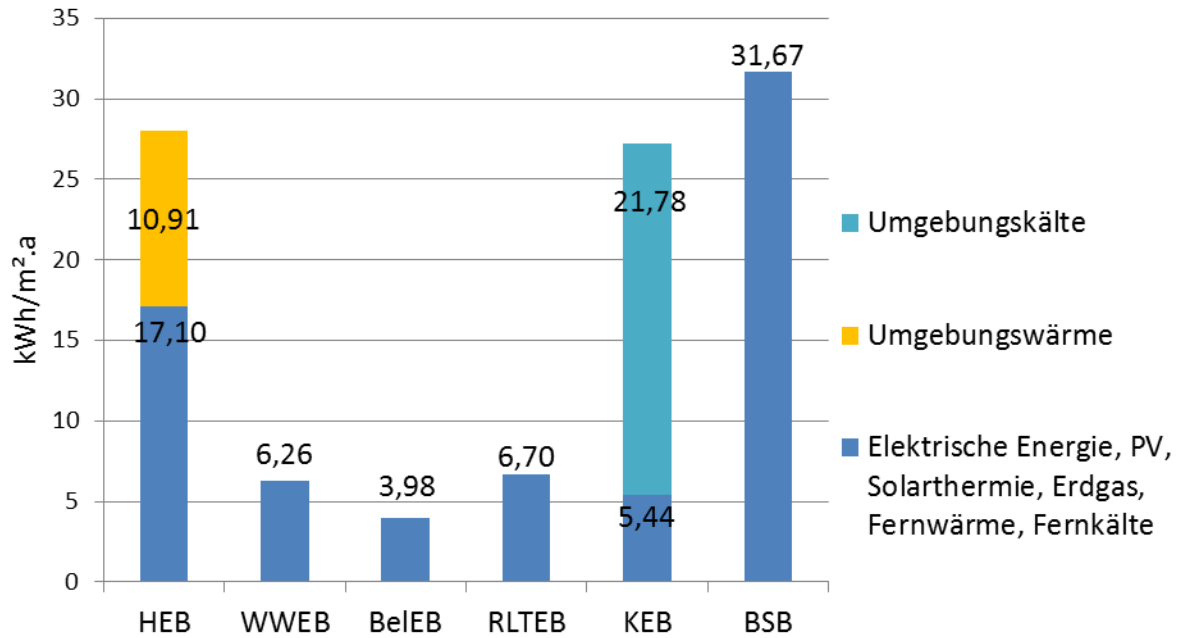
KB Standortklima: k.A.

Ist-Energieaufkommen: Strom: 168.263 kWh/a
 Umgebungswärme: 46.400 kWh/a
 Thermische Solarenergie: 12.600 kWh/a
 Photovoltaik: 16.409 kWh/a

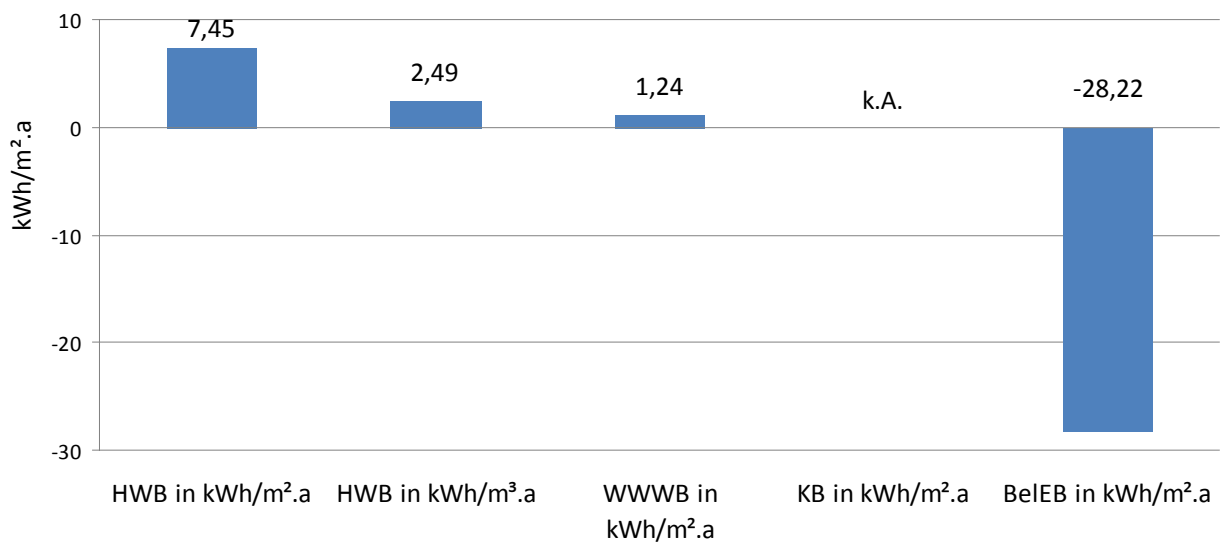
Ist-Nutzenergie: Heizenergieverbrauch: 17,10 kWh/m².a
 Warmwasserenergieverbrauch: 6,26 kWh/m².a
 Beleuchtungsenergieverbrauch: 3,98 kWh/m².a
 Lüftungsenergieverbrauch: 6,70 kWh/m².a
 Kühlenergieverbrauch: 5,44 kWh/m².a
 Betriebsstromverbrauch: 31,67 kWh/m².a



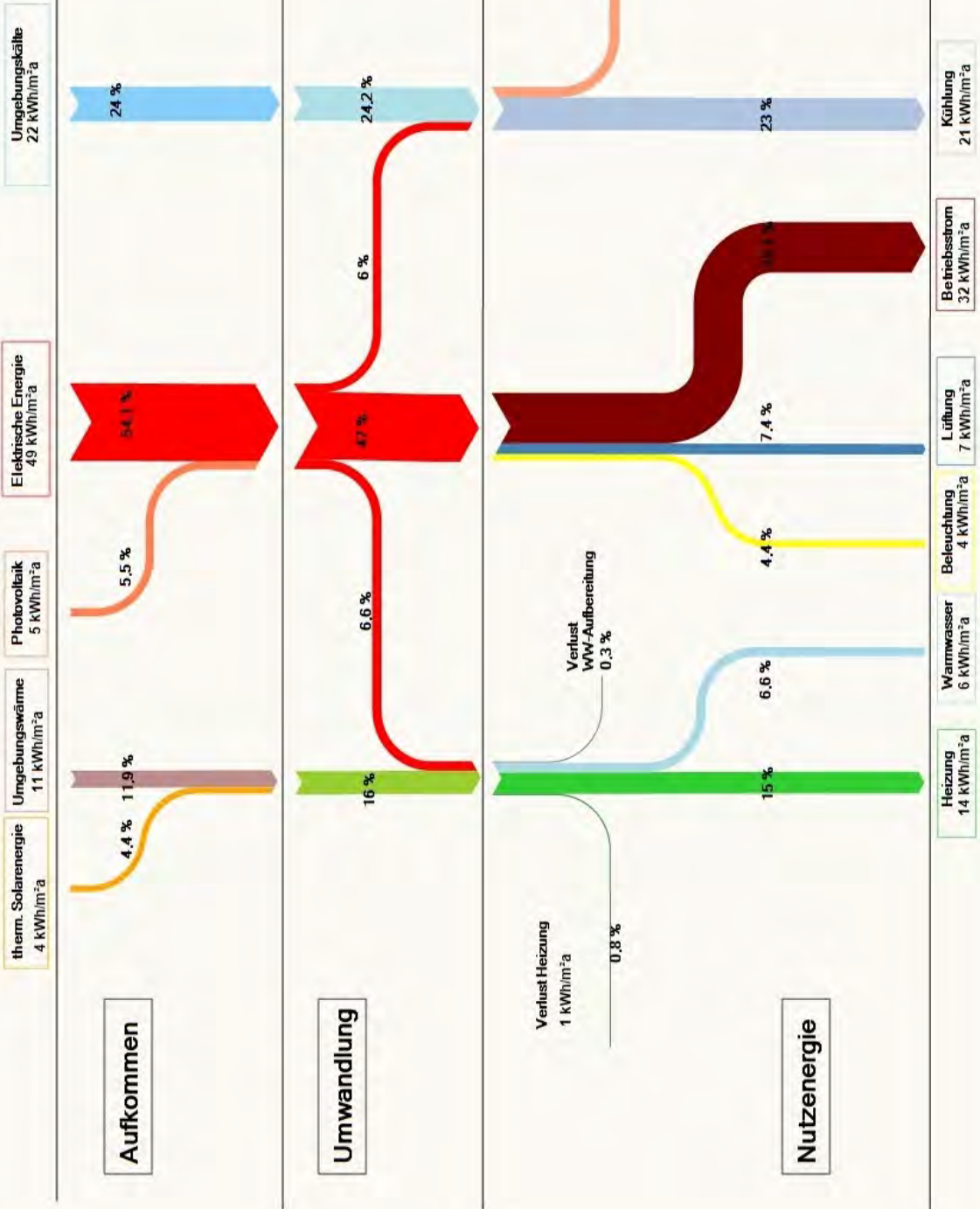
Ist-Energieverbrauch bei Gebäude Q nach Nutzungsarten in kWh/m².a



Abweichungen der gemessenen Energieverbräuche mit den geplanten Verbrauchswerten lt. Energieausweis bei Gebäude Q



Gebäude Q



Bürogebäude R

Eckdaten

Bauperiode: 2000 - 2009

Größenklasse: > 10.000 m² BGF

Energieausweisdaten

Charakteristische Länge (l_c): k.A.

mittlerer U-Wert (U_m): k.A.

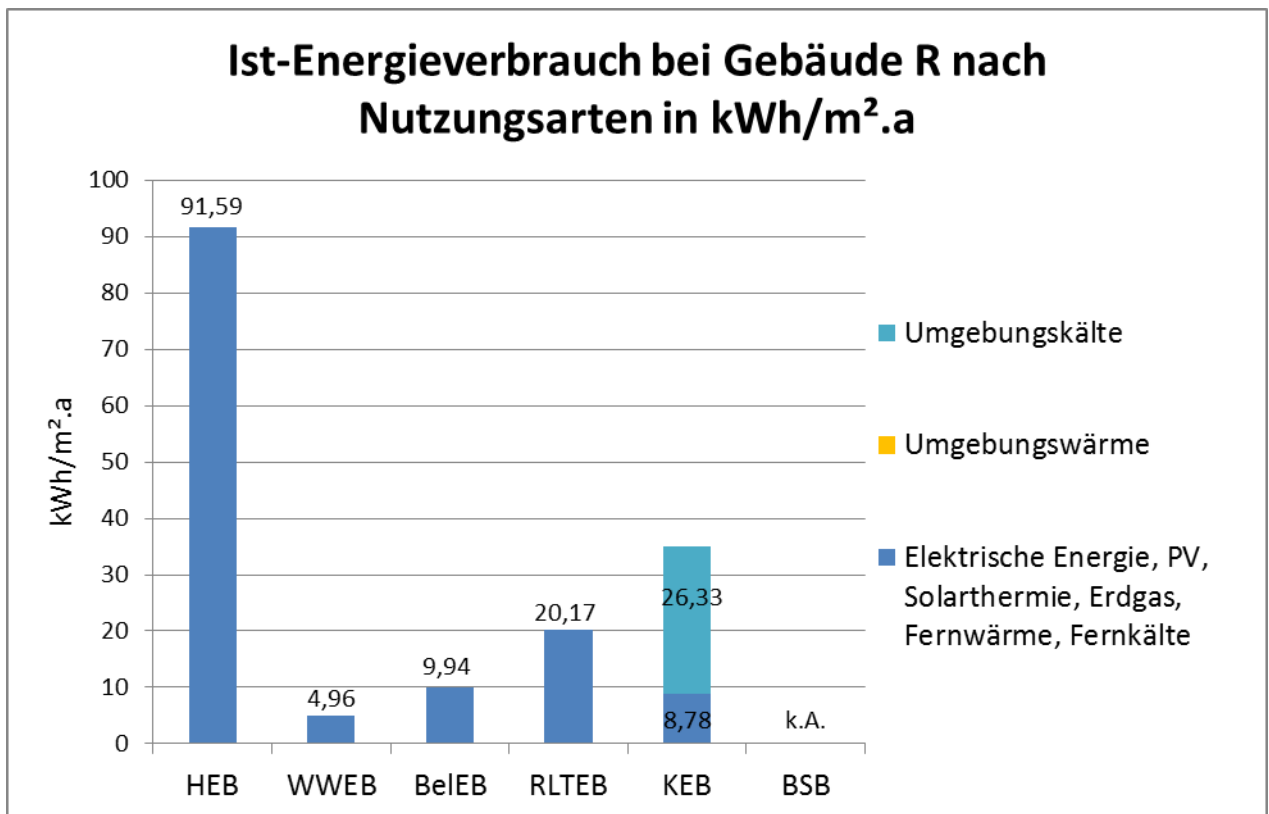
HWB Standortklima: k.A.

KB Standortklima: k.A.

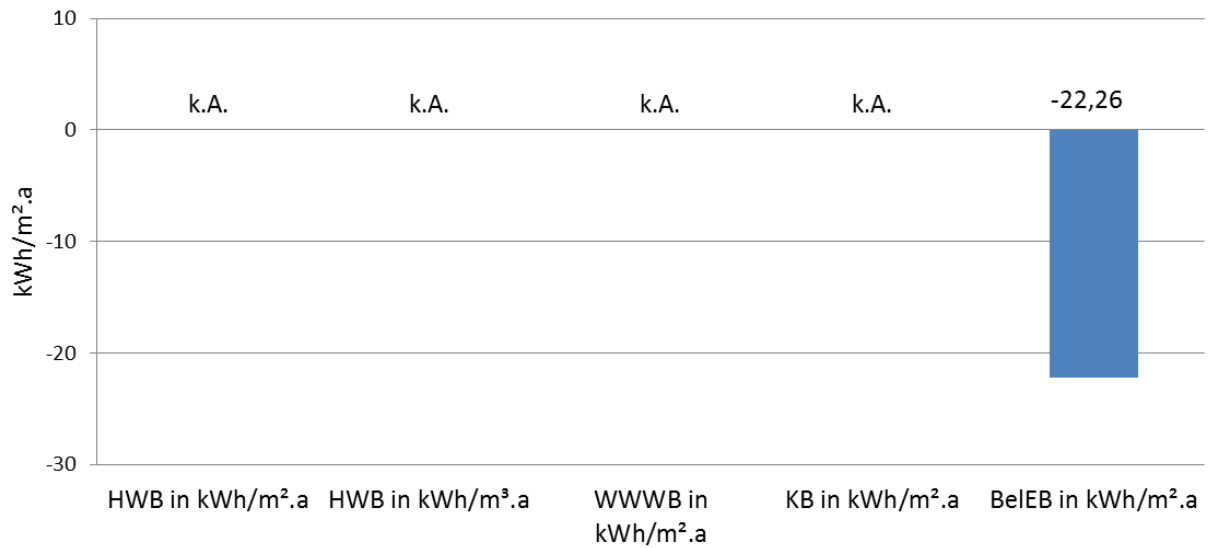
Ist-Energieaufkommen: Strom: 1.179.918 kWh/a
Fernwärme: 2.096.795 kWh/a

Ist-Nutzenergie:

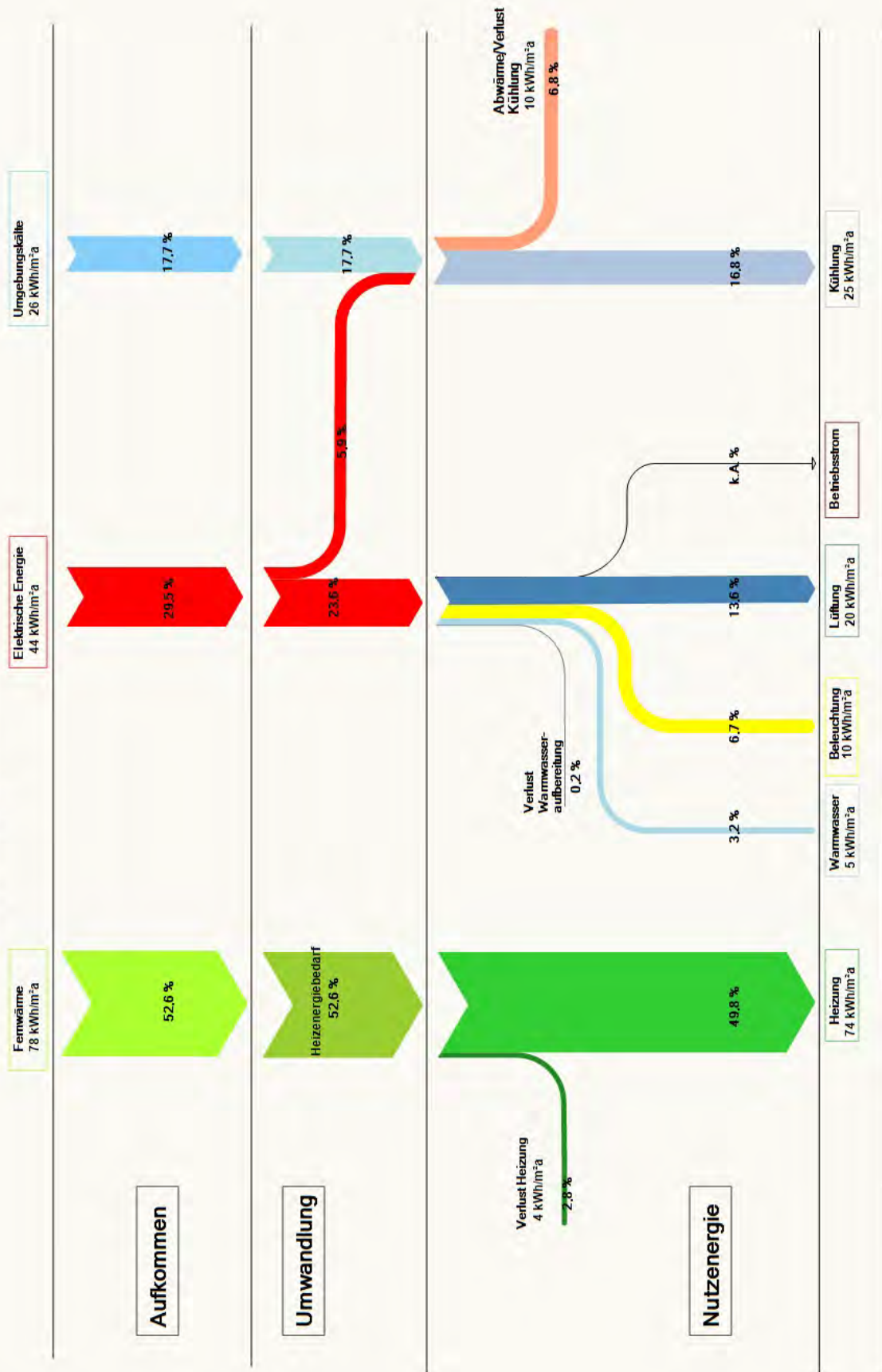
Heizenergieverbrauch:	91,59 kWh/m ² .a
Warmwasserenergieverbrauch:	4,96 kWh/m ² .a
Beleuchtungsenergieverbrauch:	9,94 kWh/m ² .a
Lüftungsenergieverbrauch:	20,17 kWh/m ² .a
Kühlenergieverbrauch:	8,77 kWh/m ² .a
Betriebsstromverbrauch:	k.A.



Abweichungen der gemessenen Energieverbräuche mit den geplanten Verbrauchswerten lt. Energieausweis bei Gebäude R



Gebäude R



Bürogebäude S

Eckdaten

Bauperiode: ab 2010

Größenklasse: 1.000 - 10.000 m² BGF

Energieausweisdaten

Charakteristische Länge (l_c): 4,42

mittlerer U-Wert (U_m): 0,423

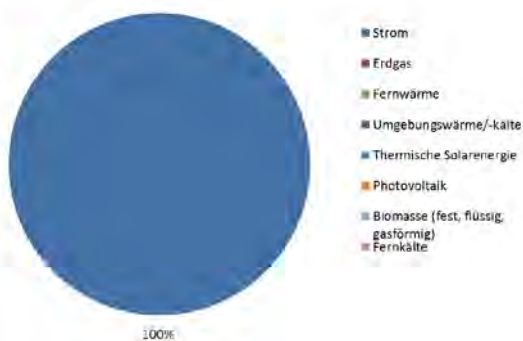
HWB Standortklima: 18,80

KB Standortklima: 21,90

Ist-Energieaufkommen: Strom: 275.023 kWh/a
Fernwärme: k.A.

Ist-Nutzenergie: Heizenergieverbrauch: k.A.
Warmwasserenergieverbrauch: k.A.
Beleuchtungsenergieverbrauch: 8,74 kWh/m².a
Lüftungsenergieverbrauch: 9,29 kWh/m².a
Kühlenergieverbrauch: k.A.
Betriebsstromverbrauch: 19,07

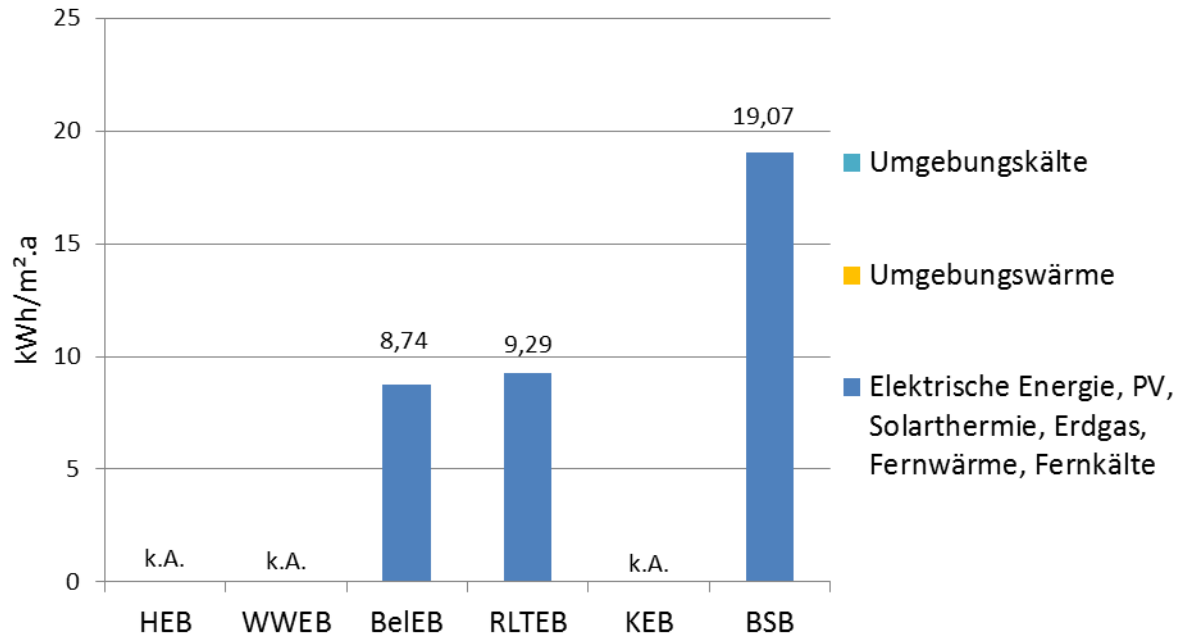
Energieinputströme bei Gebäude S in Prozent



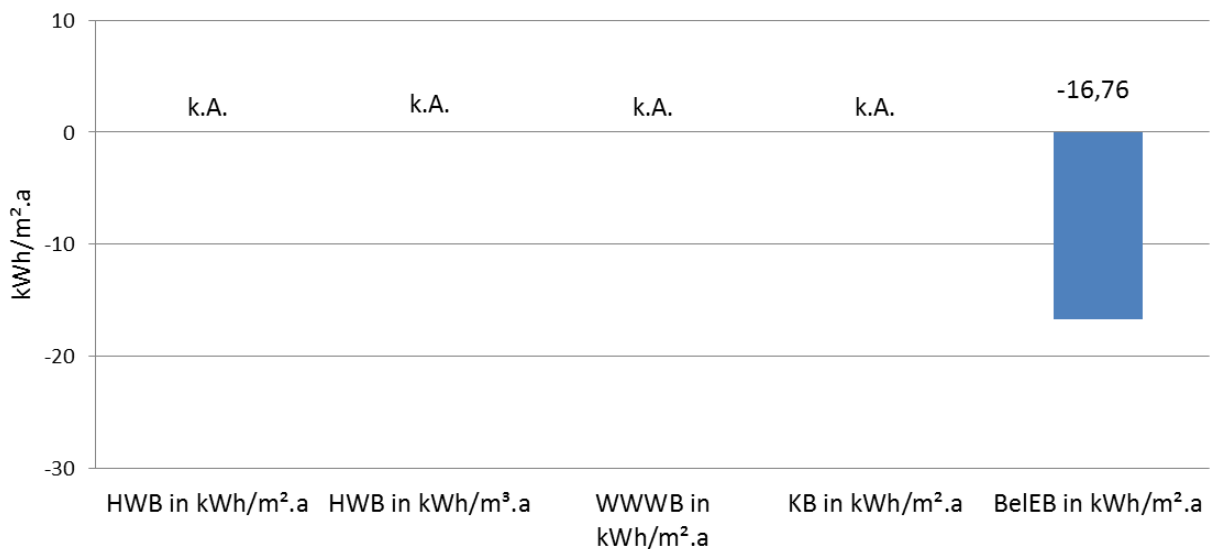
Nutzenergieverbrauch bei Gebäude S in Prozent



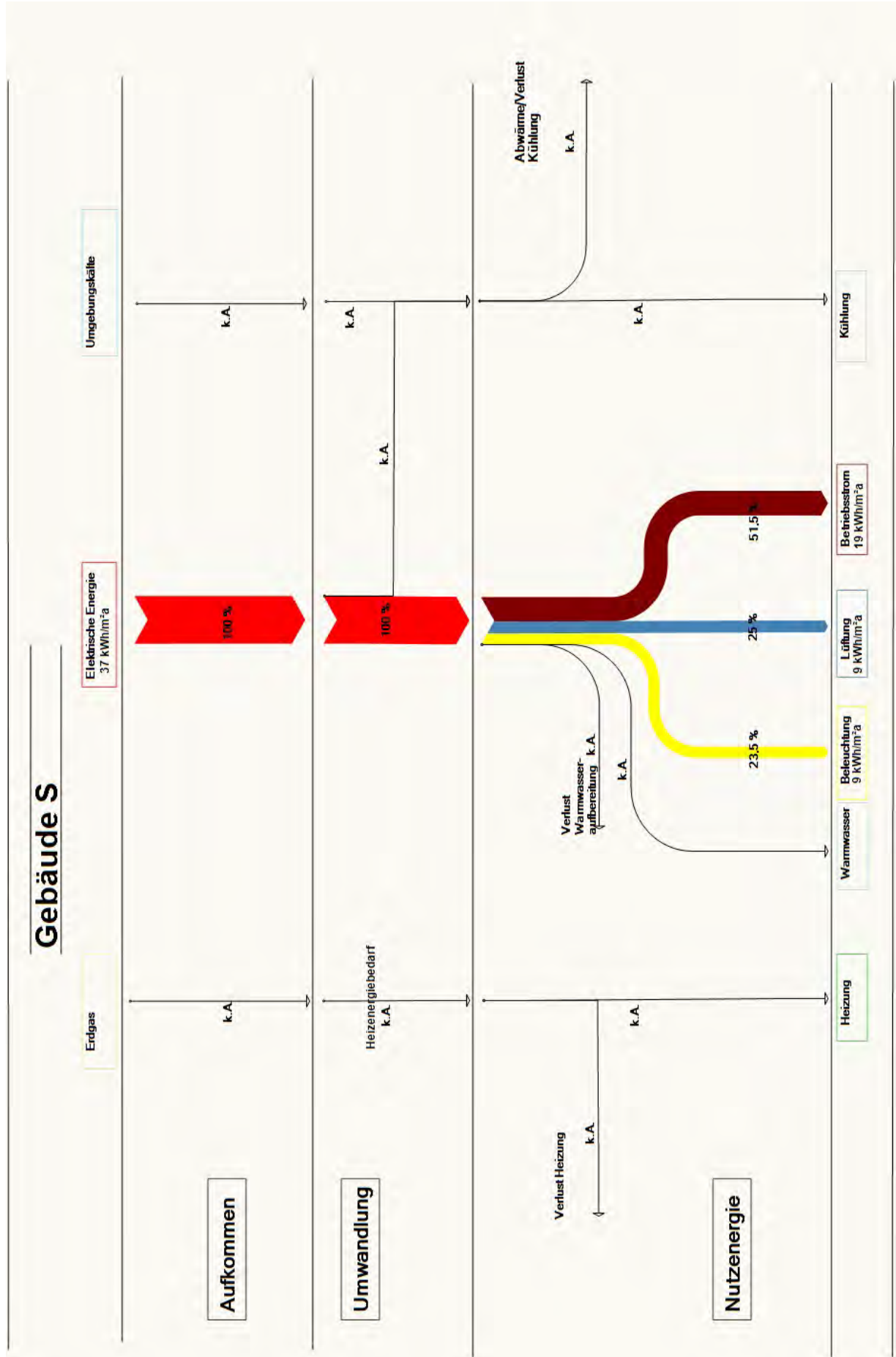
Ist-Energieverbrauch bei Gebäude S nach Nutzungsarten in kWh/m².a



Abweichungen der gemessenen Energieverbräuche mit den geplanten Verbrauchswerten lt. Energieausweis bei Gebäude S



Gebäude S



Bürogebäude T

Eckdaten

Bauperiode: < 1914

Größenklasse: < 1.000 m² BGF

Energieausweisdaten

Charakteristische Länge (l_c): k.A.

mittlerer U-Wert (U_m): k.A.

HWB Standortklima: k.A.

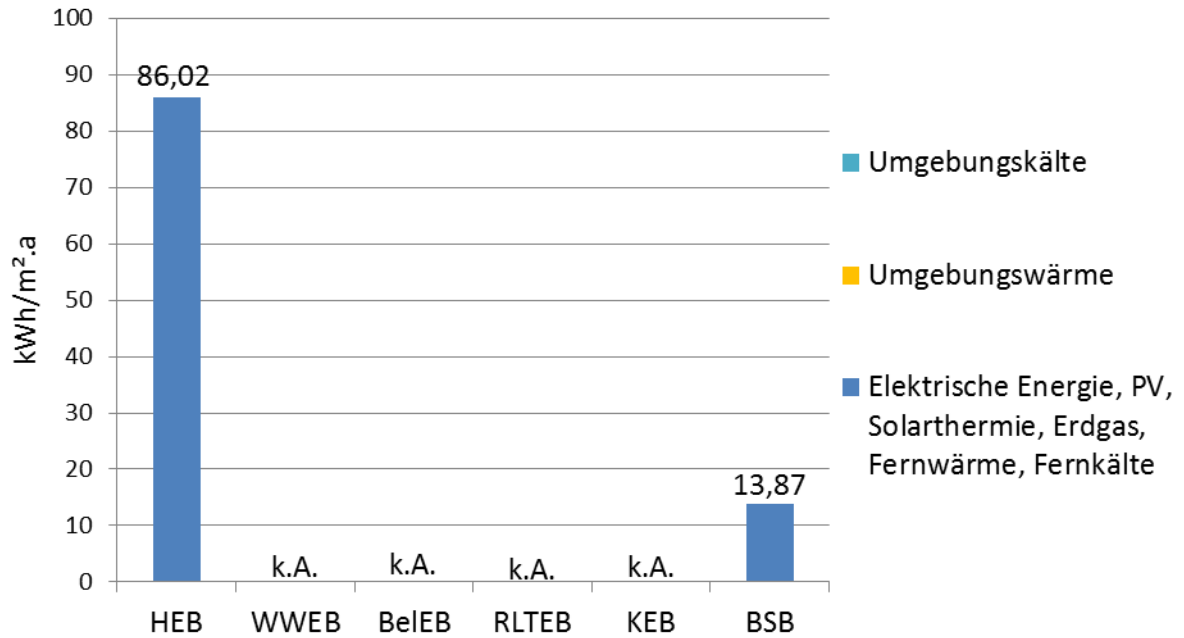
KB Standortklima: k.A.

Ist-Energieaufkommen: Strom: 53.363 kWh/a
Erdgas: 48.000 kWh/a

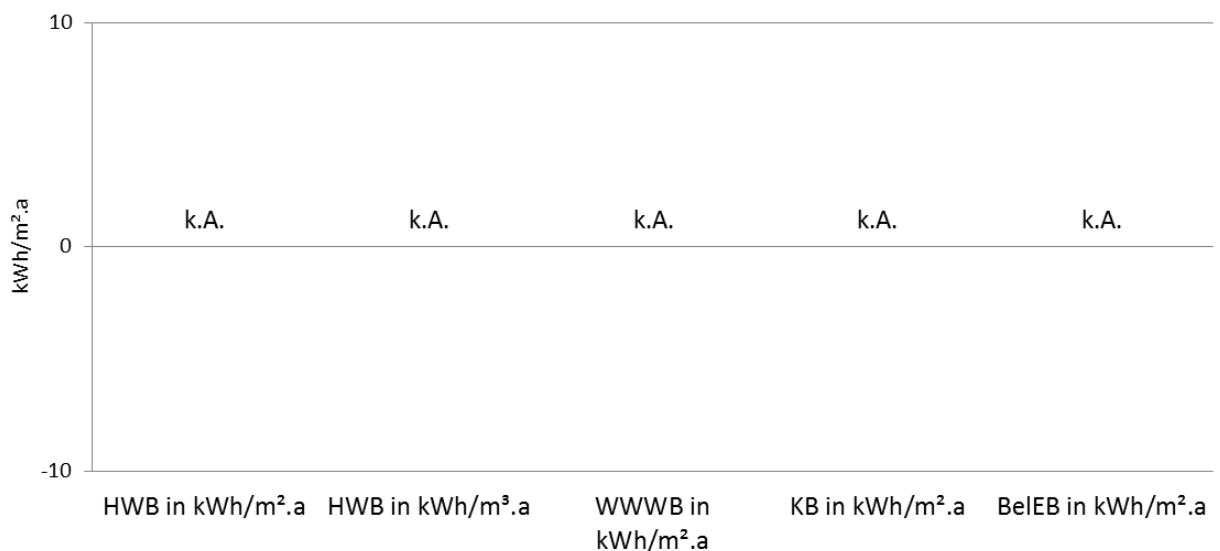
Ist-Nutzenergie: Heizenergieverbrauch: 86,02 kWh/m².a
Warmwasserenergieverbrauch: k.A.
Beleuchtungsenergieverbrauch: k.A.
Lüftungsenergieverbrauch: k.A.
Kühlenergieverbrauch: k.A.
Betriebsstromverbrauch: 13,87 kWh/m².a



Ist-Energieverbrauch bei Gebäude T nach Nutzungsarten in kWh/m².a



Abweichungen der gemessenen Energieverbräuche mit den geplanten Verbrauchswerten lt. Energieausweis bei Gebäude T



Gebäude T

