Endbericht

Statistische Untersuchung der Flächen- und Nutzstromanteile von Zonen in Nichtwohngebäuden

Forschende Stelle	Hochschule Magdeburg-Stendal Fachbereich Wasser, Umwelt, Bau und Sicherheit (WUBS) Breitscheidstraße 2 39114 Magdeburg
Projektleitung	Prof. Dr.-Ing. Kati Jagnow Anlagentechnik und Energiekonzepte kati.jagnow@h2.de
Projektbearbeitung	Steffen Henning, M. Eng. steffen.henning@h2.de (0391) 886 4707

Projektlaufzeit	01.01.2019 - 31.03.2020
Mitfinanzierung	Landesenergieagentur Sachsen-Anhalt GmbH (LENA) Olvenstedter Straße 4 39108 Magdeburg Verein zur Förderung der Normung des DIN-Normenausschusses Heiz- und Raumlufttechnik sowie deren Sicherheit (NHRS) (VF NHRS) e.V. Marienburger Straße 15 50968 Köln Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert. (Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7-18.29) Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt bei den Autoren.
Datum des Berichtes	28.03.2020

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung 5

2 Ausgangslage und Forschungsbedarf 6

2.1 Grundlagen der energetischen Bilanzierung von Nichtwohngebäuden 6

2.2 Gesamtstrombedarf von Nichtwohngebäuden 6

2.3 Elektrischer Strom: Bilanzumfang der DIN V 18599 6

2.4 Zonenbezogene Zusammensetzung von Nichtwohngebäuden 7

2.5 Forschungsbedarf und abgeleitete Forschungsfragen 7

3 Zielsetzung 8

3.1 Statistische Auswertung der Zonenflächenanteile in Nichtwohngebäuden 8

3.1.1 Aussagen zur Nutzungszusammensetzung in häufigen Nichtwohnnutzungen 8

3.1.2 Vorarbeiten für die Betrachtung der Stromkennwerte 8

3.2 Spezifische zonenbezogene Jahreskennwerte für den Nutzerstrombedarf 8

3.2.1 Zonenbezogene Jahreskennwerte für den Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf 8

3.2.2 Gesamtstrombedarfs von Nichtwohngebäuden, PV- Eigenstromnutzung 8

3.2.3 Fortschreibung der Projektergebnisse 8

4 Forschungsmethodik 9

4.1 Allgemeine Beschreibung der Methodik 9

4.2 Methodik der Flächenauswertung 9

4.3 Methodik zur Erhebung von Bedarfskennwerten des Nutzerstrombedarfs 9

5 Durchführung 12

5.1 Erhebung von Zonenflächenanteilen 12

5.1.1 Vorplanung zur Durchführung 12

5.1.2 Kontaktaufnahme, Aufbau von Kooperationen 12

5.1.3 Datenbereitstellung und Datenerhebung 12

5.1.4 Erstellung einer Auswertungsdatei, Dateneingabe 13

5.1.5 Zuordnung von Räumen zu Nutzungsprofilen nach DIN V 18599-10 14

5.1.6 Einteilung und Definition von Geschossnutzungstypen 18

5.1.7 Übergabe der Einzelergebnisse in eine Gesamtauswertungsdatei 19

5.1.8 Zeitaufwand in der Flächendatenerfassung und Einzelauswertung 20

5.2 Erhebung von zonenbezogenen Jahreskennwerten für den Nutzerstrombedarf 21

5.2.1 Kontaktherstellung und Gebäudeauswahl 21

5.2.2 Formale Voraussetzungen im Vorfeld der Datenaufnahme 21

5.2.3 Beschaffung und Qualität von Stromverbrauchsdaten 21

5.2.4 Dokumentation der erhobenen Daten 22

5.2.5 Durchführung der Datenaufnahme 23

5.2.6 Zeitaufwand und Umfang der Datenaufnahme 24

5.2.7 Recherche von Leistungsangaben 24

5.2.8 Recherche von Betriebszeiten, Nutzerbefragungen 34

5.3 Methodik der Auswertungsdateien 36

5.3.1 Erstellte und benötigte Dateien 36

5.3.2 Vorüberlegungen und technische Umsetzung 36

5.3.3 Detaillierte Berechnungssystematik – Gesamtflächenauswertung 37

5.3.4 Detaillierte Berechnungssystematik – Modellierung Gesamtstrombedarf 39

5.3.5 Vorgehen bei der Modellierung 45

5.3.6 Zeitaufwand der Modellierung 45

6 Ergebnisse 46
6.1 Statistische Zonenflächenanteile *46*
6.1.1 Gebäudedatenherkunft und –verteilung der Gesamtstichprobe 46
6.1.2 Gebäudedatenherkunft und –verteilung nach Nutzungskategorien 46
6.1.3 Allgemeine Hinweise zur Ergebnisinterpretation 48
6.1.4 Detailauswertung „Büro und Verwaltungsgebäude“ 51
6.1.5 Detailauswertung „Schulen“ 57
6.1.6 Detailauswertung „Kindertagesstätten“ 63
6.1.7 Detailauswertung „Handel/Lebensmittel“ 68
6.1.8 Detailauswertung „Hotel mit Restaurant“ 70
6.1.9 Detailauswertung „Museen“ 72
6.1.10 Detailauswertung „Theater und Schaupielhäuser“ 74
6.2 Jahreskennwerte für den Nutzerstrombedarf – detaillierte Angaben *76*
6.2.1 Allgemeine Angaben, Umfang der erhobenen Kennwerte 76
6.2.2 Methodik der Kennwerterhebung, Interpretation der Ergebnisse 76
6.2.3 Nutzungsprofil Nr. 01 – Einzelbüro 77
6.2.4 Nutzungsprofil Nr. 02 – Gruppenbüro (2-6 Arbeitsplätze) 80
6.2.5 Nutzungsprofil Nr. 04 – Besprechung, Sitzung, Seminar 83
6.2.6 Nutzungsprofil Nr. 08 – Klassenzimmer (Schule), Gruppenraum (Kindertagesstätten) 85
6.2.7 Nutzungsprofil Nr. 15 – Küche – Vorbereitung, Lager 87
6.2.8 Nutzungsprofil Nr. 16 – WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden 89
6.2.9 Nutzungsprofil Nr. 17 – Sonstige Aufenthaltsräume 91
6.2.10 Nutzungsprofil Nr. 18 – Nebenflächen (ohne Aufenthaltsflächen) 93
6.2.11 Nutzungsprofil Nr. 19 – Verkehrsflächen 95
6.2.12 Nutzungsprofil Nr. 20 – Lager, Technik, Archiv 97
6.3 Jahreskennwerte für den Nutzerstrombedarf – genäherte Angaben *99*
6.3.1 Allgemeine Hinweise, Umfang der erhobenen Daten 99
6.3.2 Nutzungsprofil Nr. 09 – Hörsaal, Auditorium 99
6.3.3 Nutzungsprofil Nr. 12 – Kantine 100
6.4 Aussagen zu weiteren elektrischen Verbrauchern in Nichtwohngebäuden *101*
6.4.1 Einordnung, Definitionen, Beispiele 101
6.4.2 Einfluss von lokaler Abwärme auf die Energiebilanzierung 101
6.4.3 Zentrale Dienste in Nichtwohngebäuden 102
6.4.4 Diverse Technik in Nichtwohngebäuden 104
6.4.5 Außenbeleuchtung von Nichtwohngebäuden 105
6.5 Ergebnisse der Gebäudemodellierung *107*
6.5.1 Allgemeines 107
6.5.2 Modellierung Büro- und Verwaltungsgebäude 107
6.5.3 Modellierung Schulen 110
6.5.4 Modellierung Kindertagesstätte 114
6.5.5 Einflussgrößen in der Modellierung, Fehlerquellen 115
6.6 Bandbreitenuntersuchung weiterer Gebäude – Validierung *116*
6.6.1 Datengrundlage und Zielsetzung 116
6.6.2 Berechnungsgrundlagen 116
6.6.3 Berechnungsergebnisse 118
6.6.4 Fazit der Berechnungen und Validierungen 121

7 Ergebnisverwertung 122
7.1.1 Nutzung in der Planung und Vergleichbarkeit von Gebäuden 122

7.1.2 Vervollständigung der Normenreihe DIN V 18599 122
7.1.3 Erweiterung der Bilanzierungsmöglichkeiten 122
7.1.4 Fachartikel und Fachveröffentlichung 123
7.1.5 Weiterverwendung in einem laufendem Promotionsverfahren 123
8 Ausblick 123
9 Abbildungsverzeichnis 124
10 Tabellenverzeichnis 128
11 Quellenverzeichnis 131
12 Anhang 133
12.1 Statistische Verteilung der Zonenflächenanteile *133*
12.1.1 Büro- und Verwaltungsgebäude 133
12.1.2 Schulen 135
12.1.3 Kindertagesstätten 137
12.1.4 Handel/Lebensmittel 138
12.1.5 Hotel mit Restaurant 139
12.1.6 Museen 140
12.1.7 Theater und Schauspielhäuser 141
12.2 Durchschnittlicher Jahresstrombedarf je Arbeitshilfe – Gesamtlisten *142*

1 Zusammenfassung

Aus dem durchgeführten Forschungsvorhaben gehen statistische Angaben zu Flächen- und Nutzstromanteilen in Nichtwohngebäuden hervor. Der vorliegende Bericht beschreibt ausführlich die Herangehensweise, die Durchführung und die erarbeiteten Ergebnisse des Forschungsprojektes.

Für eine Stichprobe von 200 Nichtwohngebäuden lagen im Vorfeld der Untersuchungen detaillierte Angaben über die vorhandenen Raumbezeichnungen und zugehörigen Nettogrundflächen vor. Auf dieser Basis konnte eine Zonierung der Raumflächen nach DIN V 18599 und eine statistische Auswertung der Zonenflächenanteile durchgeführt werden. Der Bericht umfasst statistische Ergebnisse zum jeweiligen Vorhandensein von Zonen, deren Anteil an der Nettogrundfläche und die vorgefundene Bandbreite der Werteverteilung für verschiedene Gebäudenutzungen (Büro- und Verwaltungsgebäude, Schulen, Kindertagesstätten, Handel/Lebensmittel, Museen, Hotel mit Restaurant, Theater und Schauspielhäuser).

Für die Erhebung von zonenbezogenen Jahreskennwerten für den Nutzerstrombedarf wurden 18 Gebäude (7 Büro- und Verwaltungsgebäude, 10 Schulen, 1 Kindertagesstätte) detailliert untersucht. Nach vollständiger Begehung der Objekte und Dokumentation aller elektrischen Geräte und Anlagen folgten eine Recherche von Leistungsangaben, Nutzungs- und Betriebszeiten, stichprobenhafte Leistungsmessungen sowie eine gebäudeweise Modellierung des Gesamtstrombedarfes auf Grundlage einer erstellen Auswertungsdatei. Der vorliegende Gesamtstromverbrauch konnte bei allen Gebäuden sehr gut angenähert werden. Zusätzlich erfolgte eine Dokumentation von Einflussgrößen, Fehlerquellen und Herausforderungen in der Modellierung.

Aus der Rückrechnung der Teilbedarfe auf die Nutzungszonen und die Separierung des Nutzerstrombedarfs konnten spezifische zonenbezogene Jahreskennwerte für den Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf für 12 Nutzungsprofile erarbeitet werden (Tabelle 1):

Tabelle 1 - Spezifische Jahreskennwerte für den Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf - Zusammenfassung

Nr.	Nutzungsprofil (Nutzungszone) nach DIN V 18599-10	Kennwert-Umfang	spezif. Nutzerstrombedarf [kWh/(m²a)]		
			gering	mittel	hoch
01	Einzelbüro	detailliert	4,5	6,4	13
02	Gruppenbüro (2 bis 6 Arbeitsplätze)	detailliert	7,5	12	23
04	Besprechung, Sitzung, Seminar	detailliert	0,46	0,88	2,3
08	Klassenzimmer, Gruppenraum	detailliert	0,29	3,0	6,5
09	Hörsaal, Auditorium	genähert	0	0,05	0,30
12	Kantine	genähert	0	0,50	4,2
15	Küche – Vorbereitung, Lager	detailliert	30	75	250
16	WC und Sanitärräume in NWG	detailliert	0	0	0 (6,2)[a]
17	Sonstige Aufenthaltsräume	detailliert	0	0,53	4,8
18	Nebenflächen (ohne Aufenthalt)	detailliert	0	0,83	40
19	Verkehrsflächen	detailliert	0	0	1,1 (11)[a]
20	Lager, Technik, Archiv	detailliert	0	0	3,3 (7,0)[a]

[a] Die in Klammern angegebenen Werte beziehen sich allein auf Raumflächen mit Arbeitshilfen bzw. Nutzergeräten

Aus den dokumentierten Angaben gehen Erkenntnisse über die Ausstattung und Nutzungsintensität von Nutzergeräten sowie zu weiteren elektrischen Verbrauchern und Verbrauchergruppen (Zentrale Dienste, Diverse Technik, Außenbeleuchtung) hervor. In einer abschließenden Modellrechnung von weiteren Gebäuden, für die jeweils ein Gesamtstromverbrauchswert vorliegt, wurde die Bandbreite unterschiedlicher Nutzungsintensitäten und ihr Einfluss auf dem Gesamtstrombedarf untersucht.

2 Ausgangslage und Forschungsbedarf

2.1 Grundlagen der energetischen Bilanzierung von Nichtwohngebäuden

Für die öffentlich-rechtliche Nachweisführung zur Berechnung des Primär- und Endenergiebedarfs nach Energieeinsparverordnung (EnEV) wird für Nichtwohngebäude das Berechnungsverfahren nach DIN V 18599 herangezogen. Der Bilanzumfang der Normenreihe umfasst normativ erforderliche Energieaufwendungen für die Gebäudekonditionierung (Beleuchtung, Heizung, Kühlung, Luftförderung, Warmwasserbereitung). Die Berechnung bilanziert dabei die vorhandenen Wärmequellen und Wärmesenken auf Basis der vorhandenen Flächennutzungsbereiche (sogenannte Zonen) und weist den erforderlichen Endenergie- bzw. Primärenergiebedarf aus.

Die normativen Nutzungsrandbedingungen als Grundlage der Berechnung sind dazu detailliert in 42 unterschiedlichen Nichtwohn-Nutzungsprofilen und 1 Wohn-Nutzungsprofil festgeschrieben.

2.2 Gesamtstrombedarf von Nichtwohngebäuden

Der Gesamtstrombedarf eines Nichtwohngebäudes setzt sich aus nutzerabhängigen und weitgehend nutzerunabhängigen Teilen zusammen, wie Tabelle 2 verdeutlicht. Für die Zuordnung der Gesamtheit an elektrischen Verbrauchern in dieser Arbeit sind jeweils häufige Beispiele angegeben.

Tabelle 2 - Bestandteile des Gesamtstrombedarfs von Nichtwohngebäuden

Bestandteile	Aufwendungen für	Beispiele zugehöriger elektrischer Verbraucher
nutzerabhängige Geräte und Anlagen	Arbeitshilfen (AH)	PC, Monitore, Drucker, Beamer, Telefone, Kühlgeräte, Kaffeemaschinen, Wasserkocher, Küchengeräte, dekorative Beleuchtung, allgemeine Produktionsgeräte
	Zentrale Dienste (ZD)	Server, Switches, Telefonanlagen, Router, Repeater
nutzerunabhängige Geräte und Anlagen	Beleuchtung (BL)	fest installierte Beleuchtung
	Heizung (HE)	Wärmeerzeuger, Pumpen, Stellantriebe, Regelungen
	Luftförderung (LF)	Ventilatoren, Pumpen, Regelungen
	Warmwasser-bereitung (WW)	elektrische Kleinspeicher, Zirkulationspumpen, Durchlauferhitzer
	Kühlkälte (KK)	Kältemaschinen, Ventilatoren, Rückkühlwerke
	Diverse Technik (DT)	Aufzüge, Sicherheitseinrichtungen (Brandmelde- und Alarmanlagen), Sicherheitsbeleuchtung, Druckerhöhungsanlagen, Hebeanlagen
	Außenbeleuchtung (AB)	Außenbeleuchtung von Eingängen, Innenhöfen, Parkplätzen, Beleuchtung historischer Hausfassaden

2.3 Elektrischer Strom: Bilanzumfang der DIN V 18599

Das Berechnungsverfahren nach DIN V 18599 [4] berücksichtigt einen elektrischen Strombedarf in zwei unterschiedlichen Bilanzebenen:

- Strom als Endenergiebedarf (Q_f) für den Betrieb von Anlagen zur Raumkonditionierung (z.B. Kältemaschinen, Ventilatoren, Beleuchtung, Durchlauferhitzer) und
- Strom als Hilfsenergiebedarf (W_f) für notwendige Komponenten der Anlagentechnik (z.B. Heizkesselsteuerung, Heizungspumpen, Regelungseinrichtungen)

Die Bilanzierung berücksichtigt keinen Strombedarf für eine nutzerspezifische Geräteausstattung. Eine Berücksichtigung findet aktuell nur indirekt über die Bewertung der Abwärme als interne Wärmequelle oder -senke ($Q_{l,source,fac}$ bzw. $Q_{l,sink,fac}$) statt. Hierzu enthält jedes Norm-Nutzungsprofil Angaben in den Nutzungsintensitäten „gering“, „mittel“ und „hoch“, jedoch ohne nähere Ausführungen zur Gerätekonfiguration.

Darüber hinaus findet keine Berücksichtigung von Stromaufwendungen für weitere Haus- und Gebäudetechnik (Diverse Technik) statt. Durch den Bezug auf die Raum- und Gebäudekonditionierung werden gebäudezugehörige Aufwendungen außerhalb der Gebäudehülle (z.B. Außenbeleuchtung, Überwachungstechnik) ebenfalls nicht berücksichtigt.

2.4 Zonenbezogene Zusammensetzung von Nichtwohngebäuden

Es bestehen keine detaillierten, statistisch abgesicherten Angaben über die zonenbezogenen Flächenzusammensetzungen häufiger Nichtwohngebäudenutzungen (z.B. Bürogebäuden, Schulen, Handelsgebäude, Hotels). Eine Abschätzbarkeit des Gesamtstrombedarfs oder die objektive Vergleichbarkeit von Gebäuden untereinander hinsichtlich Zonenzusammensetzung und Nutzungsintensität durch Geräte wird dadurch erschwert.

2.5 Forschungsbedarf und abgeleitete Forschungsfragen

Mit der Fortschreibung der Normenreihe DIN V 18599 wurden für die Normausgabe 2016 erste Kennwerte für den Nutzerstrombedarf in Wohngebäuden erarbeitet, für die Bilanzierung des Anwenderstrombedarfs im Nichtwohnbau sind normativ bisher keine gesicherten Kennwerte verfügbar. Das hier bearbeitete Forschungsvorhaben soll dafür erste Kennwerte hervorbringen, die den Nutzereinfluss berücksichtigen.

Es ist keine umfassende Stichprobenerhebung und -auswertung von Nichtwohngebäuden statt, die eine weiterführende Analyse z.B. zum Auftreten unterschiedlicher Zonen, deren Flächenanteile sowie deren (Elektro-)Geräteausstattung und schließlich die Erhebung statistisch abgesicherter Kennwerte zulässt. Darüber hinaus fehlt eine belastbare Untersuchung und Auswertung vorhandener elektrischer Geräteausstattung zur Formulierung verallgemeinerter, zonenbezogener Ausstattungsprofile.

Anhand dieser Erkenntnisse kann die bestehende Gebäudebilanzierung und Gebäudeeffizienzbetrachtung erweitert und vervollständigt werden. In Bezug auf das Hauptziel des Forschungsvorhabens, der Formulierung nutzungsbezogener Jahreskennwerte für den Nutzer-/Anwenderstrombedarf, sehen die Obleute der relevanten Normenkreise eine Notwendigkeit in der Bearbeitung dieser Thematik.

Begleitend zur Bearbeitung des Forschungsprojektes wurden vier handlungsleitende Forschungsfragen formuliert, die ausschlaggebende Kriterien für die Zielsetzung einbeziehen.

- Welche statistische Nutzflächenzusammensetzung weisen häufige Nichtwohngebäude auf, welche Faktoren beeinflussen die Flächenanteile?
- Wie lassen sich Jahreskennwerte für den der Anwender-/Nutzerstrombedarf von Nichtwohngebäuden zonenweise und statistisch abgesichert bestimmen?
- Welche Bandbreiten bestehen in der Geräteausstattung und Nutzungsintensität, wie lassen sich diese sinnvoll kategorisieren?
- Wie lässt sich die Normenreihe anhand von Kennwerten zielführend ergänzen?

3 Zielsetzung

3.1 Statistische Auswertung der Zonenflächenanteile in Nichtwohngebäuden

3.1.1 Aussagen zur Nutzungszusammensetzung in häufigen Nichtwohnnutzungen

Aus der Analyse einer umfangreichen Gebäudestichprobe von Nichtwohngebäuden mit häufig auftretender Gesamtnutzung sollen Aussagen über das Vorhandensein typischer Nutzungszonen sowie deren statistischen Flächenanteile hervorgehen. Die Ergebnisse sollen die bestehenden Kenntnisse über die Nutzungszusammensetzung des Gebäudebestandes im Nichtwohnbau erweitern und eine bisher fehlende Zahlengrundlage für eine Vergleichbarkeit ähnlich genutzter Gebäude liefern. Anhand der erhobenen Nutzflächenanteile sollen erste Aussagen getroffen werden, welche Umstände das Vorhandensein und den Umfang einzelner Nutzungen beeinflussen. Eine weiterführende Analyse ist jedoch kein Bestandteil dieses Forschungsvorhabens.

3.1.2 Vorarbeiten für die Betrachtung der Stromkennwerte

Die erarbeiteten Ergebnisse bilden die Grundlage für die weiterführende Untersuchung. Zur detaillierten, nutzflächenbezogenen Analyse des Strombedarfs und der Ableitung von Kennwerten sind ausführliche Informationen über die Flächen- und Nutzungszusammensetzung von Einzelgebäuden erforderlich. Diese Kenntnisse ermöglichen eine konkrete Verknüpfung von elektrischen Geräten und Anlagen mit den vorhandenen Nutzungseinheiten der Gebäude.

3.2 Spezifische zonenbezogene Jahreskennwerte für den Nutzerstrombedarf

3.2.1 Zonenbezogene Jahreskennwerte für den Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf

Das Hauptziel des Forschungsprojektes liegt in der Formulierung von nutzungsbezogenen, zonenweisen Jahreskennwerten für den Nutzer- bzw. Anwenderstrombedarf. Hierbei wird die Bereitstellung von statistisch gesicherten Kennwerten in ca. 10-15 häufig vorkommenden Norm-Nutzungsprofilen der DIN V 18599-10 angestrebt, welche die realen Gegebenheiten im Durchschnitt abbilden sollen.

Durch eine Detailaufnahme der elektrischen Geräteausstattung besteht ebenfalls die Möglichkeit, unterschiedliche Nutzungsintensitäten (bzw. Bandbreiten) zu kategorisieren und zugehörige Ausstattungsprofile mit typischen Gerätemerkmalen zu formulieren. Dabei ist eine Einordnung der Ergebnisse in die Bereiche „gering“, „mittel“ und „hoch“ in Analogie der DIN V 18599-10 [7] vorgesehen. Die erarbeiteten Kennwerte sollen die bestehenden Nutzungsrandbedingungen der Norm-Nutzungsprofile in DIN V 18599-10 vervollständigen und eine bisherige Datenlücke in der normativen Basis schließen. Die bereits verfügbaren Kennwerte der „internen Wärmelasten“ werden überprüft.

3.2.2 Gesamtstrombedarfs von Nichtwohngebäuden, PV- Eigenstromnutzung

Mit den wachsenden Anforderungen an die Gesamteffizienz von Gebäuden mit Bezug auf die EU-Gebäuderichtlinie (2010/31/EU [16]) rückt die Betrachtung des vollständigen Gesamtstrombedarfs zunehmend in den Fokus. Damit wird ebenfalls eine Untersuchung des nutzerbezogenen Energiebedarfs notwendig. Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens fördern durch die Abbildung eines realen Durchschnitts in der Geräteausstattung eine wirklichkeitsnahe Prognose des Gesamtstrombedarfes von Nichtwohngebäuden zur Abschätzung einer z.B. regenerativen Eigenstromnutzung durch Photovoltaik.

3.2.3 Fortschreibung der Projektergebnisse

Die Ergebnisse dieses Forschungsvorhabens werden in einem laufenden Promotionsvorhaben weiterverwendet.

4 Forschungsmethodik

4.1 Allgemeine Beschreibung der Methodik

Die Methodik des Forschungsvorhabens liegt im Schwerpunkt auf der empirischen Untersuchung ausgewählter, real existierender Nichtwohngebäude. Die Untersuchungsmethodiken der statistischen Flächenauswertung und der Kennwertformulierung sind nachfolgend näher beschrieben.

4.2 Methodik der Flächenauswertung

Für die Bestimmung detaillierter Nutzflächenanteile von Nichtwohngebäuden wurde es mangels Daten in der geforderten Detailtiefe notwendig, im Vorfeld eine umfangreiche und möglichst repräsentative Gebäudestichprobe zu erheben. Die Vorarbeiten zum Forschungsvorhaben umfassten daher die statistisch-empirische Datenaufnahme und -auswertung von 200 Nichtwohngebäuden mit häufig auftretenden Gesamtnutzungen.

Die Untersuchung konzentrierte sich dabei auf Objekte, die sich den Gebäudekategorien „Büro“, „Handel“, „Schulen und Kitas“, „Hotel“ sowie „Veranstaltung“ eindeutig zuordnen ließen. Mit Blick auf die weiterführende Modellierung des Strombedarfs wurden keine Nichtwohngebäude untersucht, die zur Herstellung von Gütern dienen und aufgrund spezifischer Produktionsanlagen eine starke Streuung im Strombedarf der individuellen Geräteausstattung vermuten lassen.

Die bereitgestellten Gebäudedaten in Form von Grundrissen und ggf. Raumlisten wurden aufgearbeitet und digitalisiert. Für jedes Stichprobengebäude wurde danach eine systematisierte Einzelauswertungsdatei erstellt. In diese wurden die Nutzungsdaten raumweise mit Zuordnung der Etage, Raumnummer, Raumbezeichnung und Nettogrundfläche eingepflegt. Anschließend erhielt jeder Raum anhand seiner Bezeichnung eine Zuordnung zu einem Norm-Nutzungsprofil nach DIN V 18599-10. Die hinterlegte Programmierung addierte alle hinterlegten Flächenangaben anhand der Nutzungszuordnung auf Basis des Gesamtgebäudes sowie der vorhandenen Etagen auf, um die Zonenflächenanteile innerhalb des Gebäudes zu berechnen.

Die Daten aus allen Einzelauswertungen wurden schließlich systematisiert in eine Gesamtauswertungsdatei überführt, die eine individuelle Auswertung nach einzelnen oder kombinierten Kriterien (z.B. nach einer bestimmten Gebäudekategorie oder Gebäudenutzung) ermöglichte. Aus verschiedenen Berechnungsschritten gehen statistische Kennwerte zur Zonenflächenzusammensetzung hervor.

4.3 Methodik zur Erhebung von Bedarfskennwerten des Nutzerstrombedarfs

Das Forschungsvorhaben verfolgt den Ansatz einer statistisch-empirischen Stichprobenuntersuchung, um nutzerspezifische Einflüsse in der Ausstattung und der Anwendung elektrischer Verbraucher zu verallgemeinern und in zonenbezogenen Jahreskennwerten für den Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf für die Energiebilanzierung abzubilden.

Die Basis dafür bildet die im Vorfeld erarbeitete Flächendatenauswertung, aus der zahlreiche notwendige Informationen über das Auftreten von Nutzungszonen und deren statistische Anteile der Nettogrundflächen für jedes Einzelgebäude hervorgehen.

Für die Untersuchung wurden zwei Stufen mit unterschiedlicher Analysetiefe projektiert, die nachfolgend näher beschrieben werden:

1) Repräsentative Gebäudeauswahl: Detailuntersuchung (Schwerpunkt des Vorhabens)

Aus der Gesamtstichprobe erfolgte eine Auswahl von 18 repräsentativen Nichtwohngebäuden. Die Dokumentation der Ausstattung an elektrischen Geräten und Anlagen (Art, Anzahl, Bezeichnung) erfolgte detailliert in Begehungen vor Ort. Die zugehörigen Nutzungszeiten wurden anhand von Nutzerbefragungen erhoben und über Typologien vervollständigt. Parallel dazu wurden die Stromverbrauchsdaten der Gebäude beim Eigentümer bzw. Betreiber angefragt und für die Auswertung bereitgestellt. Im Anschluss wurden Leistungsangaben für die vorgefundenen Geräte sowie für die vorhandene Anlagentechnik recherchiert.

Die darauf aufbauende Berechnungsmethodik zur Auswertung der aufgenommenen Daten wird nachfolgend verdeutlicht. Die Berechnung lässt sich in die Bestandteile der Modellierung des Gesamtstrombedarfs („Vorwärtsrechnung“) sowie in die Kennwerterhebung und -validierung („Rückwärtsrechnung“) unterteilen (Abbildung 1).

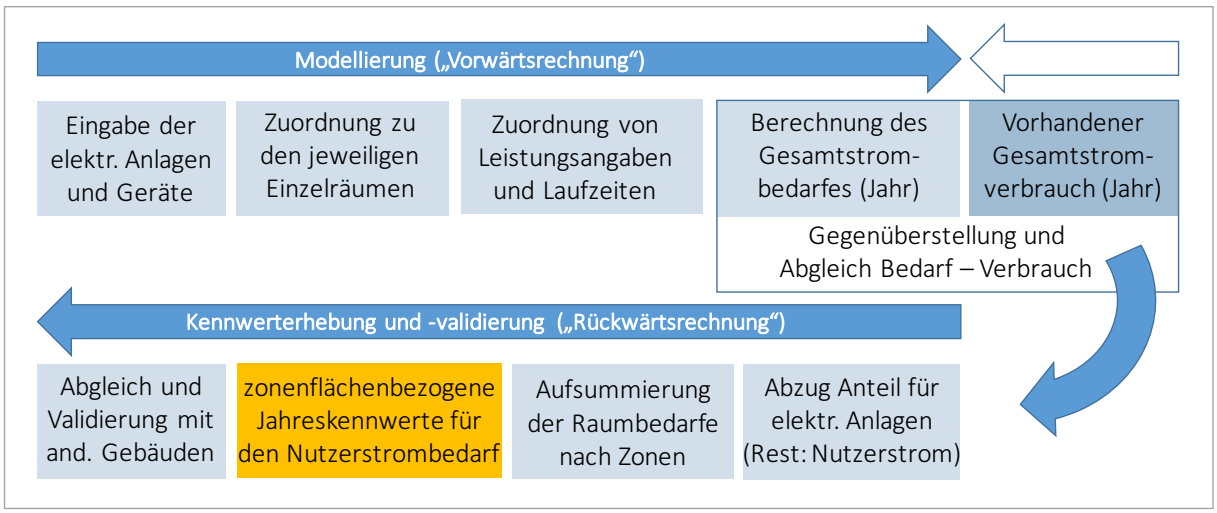

Abbildung 1 - Methodik zur Erhebung von Jahreskennwerten für den Nutzerstrombedarf

Nach Eingabe aller elektrischen Geräte und Anlagen eines Gebäudes wurden diese den zugehörigen Räumen zugeordnet. Die Verknüpfung hinterlegter Angaben zu den individuellen Leistungseigenschaften (an/standby/aus) jedes Verbrauchers mit den erhobenen/recherchierten Laufzeiten je Nutzungszustand im Bezugszeitraum von einem Jahr ermöglicht eine raum- und zonenweise Berechnung des Nutzerstrombedarfs. Mit Berücksichtigung der weiteren Anlagentechnik (Heizung, Beleuchtung etc.) ergibt sich in Summe aller Räume bzw. Zonen eine Modellierung des Gesamtstrombedarfs [kWh/a].

Es folgte ein Abgleich der Bedarfsberechnung mit dem realen Gesamtstromverbrauch [kWh/a] sowie ggf. notwendige Anpassungen. Angestrebt wurde eine maximale Abweichung der Bedarfsmodellierung von +/- 5% in Bezug auf den Verbrauchswert. Für die Untersuchung wurden je nach Verfügbarkeit die realen Jahresverbrauchswerte von 2017 oder 2018 verwendet, um den Zeitraum und mögliche Veränderungen zwischen dem entstandenen Stromverbrauch und der aktuellen Nutzungsintensität (verändertes Nutzungsverhalten) zu minimieren.

Nach Abzug des rechnerisch ermittelten Anteiles für den Anlagenstrombedarf (Heizung, Beleuchtung, etc.) vom Gesamtstrombedarf verbleibt als Rest der Nutzerstrombedarf des Gesamtgebäudes.

Im Anschluss werden die raumweise ermittelten Nutzerstrombedarfe zonenweise addiert und zur Ermittlung zonenbezogener Jahreskennwerte für den Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf durch die Gesamtfläche der Zone im Gebäude geteilt.

Aus den nutzungsspezifisch und raumweise aufgenommenen Geräteausstattungen werden Ausstattungsprofile abgeleitet, die in Kombination mit den jeweils berechneten Nutzerstrombedarfen eine Bandbreitenuntersuchung in der Nutzungsintensität auf der Ebene der Einzelräume ermöglicht. Falls die Statistik keine quantitativen Ergebnisse für einzelne Nutzungsprofile liefert, wird ein qualitatives Vorgehen zur Kennwertgewinnung beschrieben.

2) Übrige Stichprobengebäude: Statistische Untersuchung und Validierung

Die verbleibenden Nichtwohngebäude der Stichprobe dienen als Vergleichsgruppe zur Validierung der ermittelten Kennwerte aus der detaillierten Berechnung. Für möglichst viele dieser Gebäude werden im Anschluss – je nach Verfügbarkeit – reale Gesamtstromverbrauchsangaben in Erfahrung gebracht oder statistisch aus bestehenden Katalogen erhoben. Statistische Verbrauchsanteile für die Anlagentechnik werden anhand von Typologien abgeschätzt.

In einer Modellberechnung werden den bekannten Zonenflächen des Gebäudes die neu gefundenen Kennwerte für den Anwenderstrombedarf zugeordnet und flächengewichtet miteinander verrechnet. Das so erhaltene Ergebnis wird mit den abgeschätzten Verbrauchsanteilen für die Anlagentechnik verrechnet und – ohne Kenntnis über die konkrete technische Ausstattung – den verfügbaren Angaben über den Gesamtstromverbrauch gegenübergestellt.

5 Durchführung

5.1 Erhebung von Zonenflächenanteilen

5.1.1 Vorplanung zur Durchführung

Im Vorfeld der Untersuchung galt es, vorhandene und verfügbare Gebäudestichproben ausfindig zu machen, die in bisherigen Forschungsprojekten und Veröffentlichungen beschrieben wurden und die geforderte Flächendetaillierung zur weiteren Verwendung in diesem Projekt aufweisen. Neben der möglichen Verwendung bestehender Datensätze stand die Erhebung weiterer neuer Daten des Nichtwohgebäudebestands im Vordergrund, um den bisherigen Datenbestand ingesamt zu erweitern und lokale Projektpartner mit zugänglichen Objekte einzubinden.

Zahlreiche recherchierte Flächenauswertungen bezogenen sich auf wirtschaftlich verwendete Flächennutzungsdefinitionen (z.B. Hauptnutzflächen (HNF) statt Zonenflächen), auf eine statistisch hochgerechnete Anzahl von Gesamtgebäuden an sich und wiesen nicht den erforderlichen Detaillierungsgrad in der Flächenzusammensetzung konkreter Einzelgebäude auf.

Für die Flächenauswertung als relevant eingeordnet wurden die Datensätze der 93 untersuchten Nichtwohngebäude im Forschungsprojekt „Teilenergiekennwerte von Nichtwohngebäuden (TEK)“ des Institutes Wohnen und Umwelt in Darmstadt [10]. Zur Erhebung von Teilenergiekennwerten erfolgte in diesem Datensatz bereits eine Auswertung nach Nutzungszonen sowie eine erste Detailbetrachtung von 23 Büro- und Verwaltungsgebäuden mit ersten Angaben über das Auftreten von Einzelzonen und zugehörigen Zonenflächenanteilen. Eine Aussage über die Detailtiefe der Flächenauswertung fehlte jedoch.

5.1.2 Kontaktaufnahme, Aufbau von Kooperationen

Zur Unterstützung des Forschungsprojektes wurden im Vorfeld zahlreiche potenzielle Kooperationspartner bzw. Datengeber angefragt, die sich als Eigentümer, Betreiber oder Fachplaner im Besitz von Unterlagen zahlreicher Nichtwohngebäude befinden oder über eine verwendbare Gebäudestichprobe verfügen. Durch die geplante Untersuchung verschiedenster Objekte kamen so zahlreiche Institutionen, Immobilienverwaltungen und Ingenieurbüros in Frage.

Die Kontaktaufnahme, die persönliche Vorstellung des Forschungsprojektes sowie die gemeinsame Verständigung mit den Projektpartnern bzw. Datengebern über die mögliche Bereitstellung und Verwendung der Daten erforderten einen hohen organisatorischen Aufwand. In Summe unterstützten zahlreiche regionale und überregionale Kooperationspartner die Erhebung der geplanten Gebäudestichprobe durch die Bereitstellung von Unterlagen:

- das Institut Wohnen und Umwelt (IWU) Darmstadt,
- das Bau- und Liegenschaftsmanagement Sachsen-Anhalt (BLSA, Land Sachsen-Anhalt)
- das Kommunale Gebäudemanagement (KGm) der Landeshauptstadt Magdeburg,
- die Gemeine Barleben (Landkreis Börde, nördlich von Magdeburg),
- zahlreiche Ingenieurbüros aus Magdeburg, Braunschweig und Hannover

5.1.3 Datenbereitstellung und Datenerhebung

Die Beschaffung von Gebäudeinformationen gestaltete sich aufgrund verschiedener Instanzen in der Organisationsstruktur der Datengeber, große Unterschiede in der Qualität, Vollständigkeit und Verfügbarkeit sowie der Anzahl der Stichprobengebäude selbst als zeitaufwendiger und langwieriger Prozess.

Der Ablauf der Datenbereitstellung erforderte bei großen Institutionen zunächst die Zustimmung der Leitungsebene. Vor der Bereitstellung von Unterlagen fand danach auf der Ebene der Abteilungsleitung eine gemeinsame Auswahl geeigneter Gebäude aus dem Gesamtdatenbestand statt, die sich objektiv an der Nutzungszuordnung, der Verfügbarkeit von Unterlagen und internen Anforderungen an die Geheimhaltung (z.B. bei Polizeidienstgebäuden) orientierte. Im Anschluss folgte ein Verweis an die jeweiligen Personen des Objektmanagements, die einzelne oder mehrere ausgewählte Liegenschaften betreuen. Die Möglichkeiten zur Bereitstellung von Unterlagen wurden schließlich in persönlichen Gesprächen mit den Objektmanagern koordiniert. Bei Ingenieurbüros reduzierte sich der Ablauf und die Datenbereitstellung meist auf Verständigung mit der Leitungsebene bzw. der Geschäftsführung und einzelnen Mitarbeitern.

Bei der Datenbereitstellung bestanden im Allgemeinen zwei unterschiedliche Situationen, die den Zeitaufwand in der darauffolgenden Datenerhebung stark beeinflussten:

- Die Gebäudedaten wurden in Form von Planunterlagen (in Papierform oder digital) und ggf. verfügbaren Datenbankauszügen (Raumlisten, Reinigungspläne) für die weitere Verwendung durch die Ansprechpartner bereitgestellt, z.B. per Email oder Datenträger. Für die Auswertung sind detaillierte Flächennutzungsdaten somit zeitlich und räumlich ohne Limitierung verfügbar.

- Die Gebäudedaten sind aus verschiedenen Gründen (z.B. aufgrund einer Archivierung oder bestehender Rechte Dritter) nur vor Ort und zu einer bestimmten Zeit einsehbar. Mit den Datengebern wurden ein oder mehrere individuelle Termine zur Einsicht in den jeweiligen Räumlichkeiten vereinbart. Die notwendigen Grundriss- und Rauminformationen wurden während des Aufenthalts von bestehenden Unterlagen abgeschrieben bzw. abgezeichnet.

Im Vergleich beider Randbedingungen erforderte die Dateneinsicht je erhobenem Gebäude regulär einen höheren Zeitaufwand. Hierzu wurden 16 mehrstündige Einsichten in der Bauaktenkammer der Landeshauptstadt Magdeburg, mehrere Termine bei Ingenieurbüros in Braunschweig und Hannover sowie ein mehrtätiger Aufenthalt im IWU Darmstadt durchgeführt. Der vergleichsweise hohe Aufwand zur Erhebung wurde für den Wert von schwer zu erhebenden Gebäudedaten (z.B. für Hotels und Handelsgebäude) in der Stichprobe als gerechtfertigt eingestuft.

5.1.4 Erstellung einer Auswertungsdatei, Dateneingabe

Für eine systematische Dateneingabe und spätere Auswertung wurde eine Vorlagedatei als Excel®-Tabellenkalkulation erstellt, die in Kopie für jedes Einzelgebäude Verwendung fand. Die Bezeichnung der Gebäude wurde in eine anonymisierte Form überführt, die sich an der Bezeichnung der 93 Stichprobengebäude im TEK-Forschungsvorhaben orientiert. Zur Integration einzelner Gebäudedaten aus diesem Projekt erhielten die selbst erhobenen Gebäude darauf aufbauend die laufenden Bezeichnungen „G094“ bis „G268“, die durchgehend in diesem Projekt verwendet werden.

In der Mehrzahl der bereitgestellten Gebäudedaten lagen allein Grundrissunterlagen in digitaler Form vor, nur selten wurden diese durch eine Raumliste ergänzt. Die Erhebung von Raum und Flächendaten folgte daher überwiegend auf Grundlage der vorhandenen Informationen in den Planunterlagen. Alle bereitgestellten oder ausgeliehenen Papierunterlagen der Datengeber wurden vor der Auswertung digitalisiert. Für jedes Einzelgebäude wurden vollständig für alle Einzelräume folgende Daten erhoben:

- die Raumnummer (z.B. 0.01)
- die Raumbezeichnung (z.B. Einzelbüro)
- die Nettogrundfläche des Raumes in m^2 (z.B. 15,60 m^2)
- das zugehörige Geschoss bzw. die Etage, in dem sich der Raum befindet (1.Obergeschoss)

Je nach Größe des Objektes und der Qualität der Unterlagen nahm die Recherche der Angaben und die Eingabe in eine standardisierte Liste unterschiedlich viel Zeit in Anspruch. Die Anzahl der Räume jedes untersuchten Gebäudes reicht von ca. 35-50 bei Kindertagesstätten über ca. 150-250 bei einem Gymnasium bis zu ca. 350-500 bei einem großen Bürogebäude oder Hotel. Die Bereitstellung aktueller Raumlisten verringerte den Aufwand in der Dateneingabe am effektivsten. Zur Einschätzung des Zeitaufwandes bei der Erhebung ist in Abschnitt 5.1.8 eine tabellarische Übersicht vorhanden.

5.1.5 Zuordnung von Räumen zu Nutzungsprofilen nach DIN V 18599-10

Nach Eingabe der vollständigen Raum- und Geschossinformationen für die 200 Einzelgebäude folgte – maßgeblich auf Grundlage der Raumbezeichnung und der Nettogrundfläche – die individuelle Zuordnung jedes Raumes zu einem der 41 Nichtwohn-Nutzungsprofile bzw. Zonen nach DIN V 18599-10. Dabei traten im Laufe der Bearbeitung verschiedene Unsicherheiten und Fragestellungen auf, die in diesem Abschnitt näher thematisiert werden.

In der öffentlich-rechtlichen Nachweisführung der Energieeinsparverordnung 2014 (EnEV 2014 [8]) sind für die praktische Anwendung verschiedene Vereinfachungsregeln in der Zonierung gemäß Anlage 2 zulässig. Dies betrifft

- die rechnerische Zusammenfassung von Einzelnutzungen in der Bilanzierung (Abschnitt 2.2.1, z.B. die gemeinsame Berechnung der Nutzungen Nr. 01 (Einzelbüro) und Nr. 02 (Gruppenbüro) unter bestimmten Randbedingungen)
- die Zuordnung noch nicht feststehender Flächennutzungen zu Nutzung Nr. 17 (Abschnitt 2.2.2, Sonstige Aufenthaltsräume)
- oder die Anwendung eines „Vereinfachten Berechnungsverfahrens“ für das Gesamtgebäude, bei dem eine reduzierte Berechnung mit einer Zone anhand der sogenannten Hauptnutzung unter bestimmten Voraussetzungen erfolgen kann (Abschnitt 3, auch „Einzonenmodell“ genannt).

Die im „Vereinfachten Berechnungsverfahren“ zulässigen Nutzungsreduzierungen sind in nachfolgendem Auszug aus Tabelle 4, Anlage 2 der EnEV 2014 [8] dargestellt (Tabelle 3).

Tabelle 3 - Reduzierungen im „Vereinfachten Berechnungsverfahren“ (Auszug aus Tabelle 4, Anlage 2 der EnEV 2014)

Zeile	Gebäudetyp	Hauptnutzung(en)	Berechnungszone
1 – 1.2	**Büro und Verwaltung** Bürogebäude mit Verkaufseinrichtung oder Gewerbebetrieb bzw. mit Gaststätte	01 Einzelbüro 02 Gruppenbüro 03 Großraumbüro 04 Besprechung, Sitzung	01 Einzelbüro
2	**Handel** Gebäude des Groß- und Einzelhandels bis 1.000 m^2 NGF	06 Einzelhandel/Kaufhaus	06 Einzelhandel/ Kaufhaus
4	**Schulen u. Kindertagesstätten** Schulen, Kindergarten und -tagesstätte, ähnl. Einrichtungen	08 Klassenzimmer, Gruppenraum	08 Klassenzimmer, Gruppenraum
6	**Hotel und Beherbergung** Beherbergungsstätte ohne Sauna, Schwimmhalle oder Wellnessbereich	11 Hotelzimmer	11 Hotelzimmer
7	**Veranstaltung (Bibliothek)** Bibliothek	28 Bibliothek, Lesesaal 29 Bibliothek, Freihand	28 Bibliothek, Lesesaal

Ferner besteht die Möglichkeit, kleine Flächenanteile mit unterschiedlicher Nutzung und gleicher Konditionierung oder mit unterschiedlicher Nutzung und Konditionierung zu anderen Zonen zuzuordnen. Um jedoch eine möglichst detaillierte Aussage über die Nutzungsverteilung zu erhalten und Zusammenhänge einzelner Nutzungen zu prüfen, wurde in der durchgeführten Nutzungszuordnung der Einzelräume auf die Anwendung möglicher Vereinfachungen nach EnEV 2014/2016 verzichtet.

Die Bezeichnungen der Norm-Nutzungsprofile nach DIN V 18599-10 reichten im überwiegenden Anwendungsfall aus, um die Räume eines Gebäudes zielführend zuzuordnen. Während der Zonierung traten jedoch vielfach spezielle Raumbezeichnungen auf, die sich erst nach Recherche (EnEV-Anwendungsbücher, Internet, Datengeber), zweifelsfrei einem Nutzungsprofil zuordnen ließen. Die Normenreihe enthält hierzu keine beispielhaften Angaben. Aus dieser Thematik entwickelte sich der Ansatz, wiederkehrende Raumbezeichnungen in der eigenen Nutzungszuordnung zu dokumentieren. Um die Anwendungssicherheit in der Zonierung zu erhöhen, entstand aus den Erkenntnissen der Stichprobengebäude die folgende Musterzuordnungsliste (Tabelle 4). Diese enthält häufig aufgetretene Bezeichnungen von Räumen in den untersuchen Gebäudekategorien mit Hinweis auf die Verwendung.

Tabelle 4 - Musterzuordnung von Raumbezeichnungen zu Norm-Nutzungsprofilen der DIN V 18599-10

Nutzung nach DIN V 18599-10	Gebäude-kategorie	Typische bzw. häufige Raumbezeichnungen in Planunterlagen und Raumbüchern
01 Einzelbüro	Büro und Verwaltung	Büro (allg.), Einzelbüro, Einzelarbeitsplatz, 1AP, Hausmeister
	Handel	Hausleiter, Filialleiter, Kassenabrechnung, Kassenaufsicht, Kassenbüro, Marktleiter, WBL (Büro Warenbereichsleiter), WE (Büro Wareneingangsleiter)
	Schulen/Kitas	Koordinator/-in, Sekretariat (Einzel), Schulleiter/-in, Hausmeister
	Hotel und Beherbergung	Back-Office, (Hotel-)Direktor, Hausdame, Hausleitung, Verwaltung
	Veranstaltung	Direktor/-in, Intendant/-in, Inspizient/-in, Kurator/-in,
02 Gruppenbüro	Büro und Verwaltung	Büro (allg.), Doppelbüro, Gruppenbüro, 2AP bis 6AP
	Handel	Center-Management, Detektiv, Verwaltung (allg.)
	Schulen/Kitas	Koordinatoren, Sekretariat (Doppel), Sozialarbeiter
	Hotel und Beherbergung	Arbeitsräume Verwaltung, Gruppenbüro
	Veranstaltung	Verwaltung (allg.)
03 Großraumbüro	Büro und Verwaltung	Großraumbüro, Büro 7AP (oder mehr), Arbeitsbereich (mit entsprechender Fläche)
04 Besprechung, Sitzung, Seminar	Büro und Verwaltung	Besprechung, Beratung, Konferenz, Seminar, Sitzung, Schulung, Tagung, Versammlung
	Hotel	Konferenz, Saal (allg.), Tagung
05 Schalterhalle	Büro und Verwaltung	Schalterbereiche in Banken, Bürgerbüros, Krankenkassen, Postfilialen, Versicherungen, Zulassungsstellen
06 Einzelhandel/ Kaufhaus	Handel	div. Warenbezeichnungen (z.B. Blumen, Elektronik, Lotto), Gartencenter, Kassenzone, Konzessionär, Laden, Marktfläche, Shop, Verkaufsfläche, Verkaufsraum, Vorkassenzone
	Hotel und Beherbergung	div. Warenbezeichnungen (Beispiele siehe oben) oder Dienstleistungen (z.B. Friseur, Florist, Kiosk)

07 Einzelhandel/ Kaufhaus mit Kühlprodukten	Handel (Lebensmittel)	Kühltheke, Frischetheke, Fisch-/Fleisch-/Käsetheke, Molkereiprodukte, Verkaufsfläche gekühlt (mit Kühlgeräten wie z.B. Gefriertruhen)
08 Klassenzimmer, Gruppenraum	Schulen/Kitas	AUR (allg. Unterrichtsraum), div. Unterrichtsfächer (z.B. Musik, Kunst, Physik, Rhythmik), Entspannung, FUR (Fachunterrichtsraum), Gruppenraum, Klassenzimmer, Kreativraum, Matschraum, Schlafraum, Snoezelraum
09 Hörsaal, Auditorium	Schulen/Kitas	Aula, Mehrzweckraum (bei hauptsächlicher Nutzung zur Versammlung), Versammlungsraum
	Hotel und Beherbergung	Festsaal, Konferenzsaal
	Veranstaltung	Auditorium, Ballsaal, Ballettsaal, Probensaal, Probebühne (Theater)
11 Hotelzimmer	Hotel und Beherbergung	Doppelzimmer (DZ), Dreibettzimmer (3BZ), Einzelzimmer (EZ), Penthouse, Suite
12 Kantine	Büro und Verwaltung	Kantine, Speiseraum, Speisesaal
	Schulen/Kitas	Cafeteria, Kantine, Mehrzweckraum (überwiegende Nutzung als Kantine), Mensa, Speisesaal
	Veranstaltung	Imbiss, Café
13 Restaurant	allgemein	Gastronomie, Restaurant
	Hotel und Beherbergung	Bar/Theke, Gasträume (Restaurant)
14 Küchen in Nichtwohngebäuden	allgemein	Küche, Spülküche, Spülraum
15 Küche – Vorbereitung, Lager	allgemein	Essensausgabe, Essensrückgabe, Essensvorbereitung, Lager Küchengeräte
16 WC- und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden	allgemein	Behinderten-WC (BWC), Dusche, Pissoir, Sanitärflächen, Sanitärräume, Toilette, Vorraum WC, Waschbecken, Waschraum, WC (Damen/Herren)
17 Sonstige Aufenthaltsräume	Büro und Verwaltung	Aufenthaltsraum, Besucherraum, Wartefläche, Warten, Wartezone
	Schulen/Kitas	Lehrerzimmer, Personal, Personalaufenthalt Vorbereitungsräume, Vorbereitung/Sammlung (V/S)
	Handel	Aufenthaltsraum, Personal, Ruheraum, Sozialraum
	Veranstaltung	Erste-Hilfe-Raum, Konversationszimmer, Noteninspizierung, Personalaufenthalt, Sozialraum
18 Nebenflächen (ohne Aufenthaltsräume)	allgemein	Drucker(raum), Garderobe, Kopier(raum), Kinderwagen (Kita), Künstlergarderobe, Maske (Theater), Nebenflächen, Schließfächer, Teeküche, Umkleide
19 Verkehrsflächen	allgemein	Aufzug, Ausgang, Eingang, Empfang, Fluchttreppe, Flur, Gang, Lift, Schleuse, Treppe, Treppenhaus (TH/TRH), Verkehrsfläche, Wendeltreppe, Weg, Windfang, Zugang
	Schulen/Kitas	Foyer, Pausenbereich, Pausenzone
	Hotel und Beherbergung	Empfangshalle, Hotelflur, Hotelhalle, Lobby, Lounge

20 Lager, Technik, Archiv	allgemein	Lager/Archiv: Abstellkammer, Abstellraum, Archiv, Asservaten, Dachboden, Dunkelkammer, Keller, Lager, Putzmittel (PuMi, PM), Reinigung, Speicher, Unsauber Technik: Batterie, Betriebstechnik, Druckerhöhung, Elektro, ELT, Fernwärme, Gasanschluss, Hausanschlussraum (HAR), Hauswasseranschluss (HWA), Haustechnik, Heizung, Heizungszentrale, Installationsschacht, Kältemaschine, Klimazentrale, Maschinenraum, Öllager, Technik, Übergabestation, Unterverteilung (UV), Zählerraum, Lüftungszentrale, ZBV
	Handel	Aktenraum, Alarmanlage (AA), Batterie, Brandmeldezentrale (BMZ), Drankraum (Müllpresse), Geldautomat (GAA), Leergutlager, Müllentsorgung, Nachtanlieferung (NAA), Notstrom, Pfandlager, Sprinklerzentrale, Trafostation, Warenvorbereitung, Warenlager
	Schulen/Kitas	Hausmeisterwerkstatt, Lehrmittelraum, Lehrmittelsammlung (LMS),
	Veranstaltung	Werkstätten, Fundus, Kontergewichte, Kulissen, Regie (Kamera, Tontechnik), Requisite, Stuhllager, Thyristorraum, Untermaschinerie der Bühne
21 Rechenzentrum	allgemein	Server, Serverraum, EDV-Zentrale, EDV
23 Zuschauer	Veranstaltung (Theater)	Loge, Parkett, Publikum, Rang, Saal, Sitzplätze, Tribüne, Zuschauerbereich, Zuschauerrang
24 Theaterfoyer	Veranstaltung (Theater)	Foyer, Kassenhalle, Pausenbar, Wandelgang
25 Theaterbühne	Veranstaltung (Theater)	Bühne (allg.), Hinterbühne, Orchestergraben, Seitenbühne
27 Ausstellungsräume und Museum	Veranstaltung	Ausstellung, Ausstellungshalle, Galerie, Schaulager
28 Bibliothek – Lesesaal	Veranstaltung (Bibliothek)	Lesesaal, Einsicht, Präsenzexemplare
29 Bibliothek – Freihandbereich	Veranstaltung (Bibliothek)	Bücherei, Freihandbereich
30 Bibliothek – Magazin/Depot	Veranstaltung (Bibliothek)	Bucharchiv, Magazin, Depot
31 Turnhalle (ohne Zuschauerbereich)	Schulen/Kitas	Bewegungshalle, Sporthalle, Turnhalle
32 Parkhaus (für Büro- und Privatnutzung)	Büro und Verwaltung	Parkhaus, Tiefgarage
34 Saunabereich	Hotel und Beherbergung	Badhaus, Sauna, Wellness
35 Fitnessraum	allgemein	Fitnessraum, Sportraum, Kraftsport
36 Labor	Büro und Verwaltung	Kriminaltechnische Untersuchung (KTU), Messfeld, Messlabor, Prüflabor, Prüffeld

Die Übersicht erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und dient zur Orientierung bei der Zuordnung von Räumen zu Norm-Nutzungsprofilen. Die tatsächliche Zuordnung zu einem Nutzungsprofil kann im Rahmen der Nachweisführung aufgrund von z.B. Vereinfachungen oder individueller Konditionierung abweichen.

5.1.6 Einteilung und Definition von Geschossnutzungstypen

Trotz einer Zuordnung der Räume zu Norm-Nutzungsprofilen besitzt jedes Gebäude eine unterschiedliche geometrische Konfiguration und Anzahl von Geschossen bzw. Etagen sowie eine individuelle Nutzungsintensität der vorhandenen Gebäudeflächen. Dadurch wird eine objektive Vergleichbarkeit der Nutzflächenanteile gleich genutzter Gebäude erschwert.

Mit dem Ziel, die Konfiguration und die Nutzungsintensität vergleichbar zu machen, wurde auf eine Systematik der „Geschossnutzungstypen" entwickelt, die die Etagen jedes Gebäudes anhand der vorhandenen Nutzung in eine von drei Typen einordnet (Tabelle 5). Diese Methodik ermöglicht die Vergleichbarkeit ähnlich genutzter Gebäudebereiche unabhängig von der tatsächlichen Gebäudekonfiguration. Die Zuordnung von Einzeletagen zu Geschossnutzungstypen geschah nach objektiven Kriterien:

Tabelle 5 - Definitionen von Geschossnutzungstypen

Geschossnutzungstyp	Definition/Kriterien der Zuordnung
Kellergeschoss (KG)	Das Geschoss bzw. die Etage befindet sich geometrisch **unterhalb** der regulären Aufenthaltsebenen (meist unterirdisch, selten oberirdisch). Es sind keine oder nur einzelne Räume vorhanden, die sich den typischen Hauptnutzungsprofilen des Gebäudes zuordnen lassen.
Regelgeschoss (RG)	Das Geschoss bzw. die Etage befindet sich geometrisch oberirdisch, bildet die reguläre Aufenthaltsebene und ist für den eigentlichen Nutzungszweck des Gebäudes konzipiert. Es sind in umfangreichem Maße Räume vorhanden, die sich den typischen Hauptnutzungsprofile zuordnen lassen (>=30%). Jedes Nichtwohngebäude besitzt mindestens ein Regelgeschoss.
Dachgeschoss (DG)	Das Geschoss bzw. die Etage befindet sich geometrisch **oberhalb** der regulären Aufenthaltsebenen. Es sind keine oder nur einzelne Räume vorhanden, die sich typischen Hauptnutzungsprofilen des Gebäudes zuordnen lassen.

Als Hauptnutzungsprofile werden je nach Nutzungszweck des Gebäudes ein oder mehrere Nutzungsprofile verstanden, denen die regulären Arbeits- bzw. Nutzungsräume zugeordet werden können. Im Rahmen der Auswertung werden dazu folgende Zuordnungen getroffen (Tabelle 6):

Tabelle 6 - Zuordnung von Hauptnutzungsprofilen zu Gebäudenutzungen

Gebäudenutzung	Hauptnutzungsprofil(e)
Büro- und Verwaltungsgebäude	Nr. 01 (Einzelbüro), Nr. 02 (Gruppenbüro), Nr. 03 (Großraumbüro), Nr. 04 (Sitzung), Nr. 05 (Schalterhallen)
Handelsgebäude	Nr. 06 (Einzelhandel, Kaufhaus), Nr. 07 (Einzelhandel, Kaufhaus mit Kühlprodukten)
Schulen und Kitas	Nr. 08 (Klassenzimmer, Gruppenraum), Nr. 09 (Hörsaal, Auditorium)
Hotelgebäude	Nr. 11 (Hotelzimmer)
Theater, Stadthallen	Nr. 23 (Zuschauer), Nr. 24 (Theaterfoyer), Nr. 25 (Theaterbühne)
Museum, Ausstellung	Nr. 27 (Ausstellungsräume und Museum)
Bibliothek, Bücherei	Nr. 28 (Bibliothek – Lesesaal), Nr. 29 (Bibliothek – Freihandbereich) Nr. 30 (Bibliothek – Magazin/Depot)

Zum besseren Verständnis der angewendeteten Systematik soll diese anhand eines Beispiels näher erläutert werden. In Abbildung 2 sind drei unterschiedliche Bürogebäude schematisch in einer Schnittansicht dargestellt.

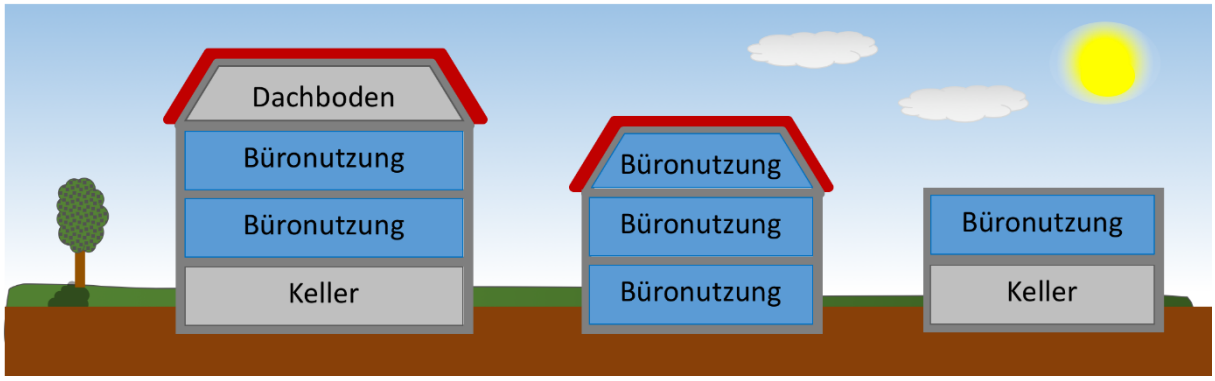

Abbildung 2 - Schematische Darstellung von Geschossnutzungstypen in einem Bürogebäude

Das links dargestellte Bürogebäude besitzt vier Geschosse bzw. Etagen. In der unteren Etage befindet sich neben Lagerräumen und Verkehrsflächen allein z.B. das Büro des Hausmeisters, es findet dort sonst keine reguläre Büronutzung statt. Da sich das Geschoss unterhalb der regulär genutzten Etagen befindet, wird es dem Typ „Kellergeschoss“ zugeordnet. Die zwei mittleren Etagen umfassen den regulären Nutzungszweck der Büronutzung (z.B. in Form von Gruppenbüros), sie werden dem Geschossnutzungstyp „Regelgeschoss“ zugeordnet. Der Dachboden wird nicht für Büroflächen genutzt und liegt oberhalb der regulären Nutzungsebenen, weshalb er eine Einordnung als „Dachgeschoss“ erhält. In Summe besitzt das links gezeigte Gebäude nach Nutzungstypen ein Kellergeschoss, zwei Regelgeschosse und ein Dachgeschoss.

Das mittig dargestellte Bürogebäude enthält eine umfassende Büronutzung in allen drei Ebenen. Es besitzt nach obiger Definition drei Etagen des Geschossnutzungstyps „Regelgeschoss“ und kein Dach- oder Kellergeschoss. Bei der Einordnung nach Geschossnutzungstypen überwiegt die Nutzungsintensität bzw. das umfangreiche Vorhandensein der Hauptnutzung(en) im Vergleich zur allein geometrischen Einordnung.

Das rechts dargestellte Bürogebäude umfasst schließlich eine Etage des Geschossnutzungstyps „Regelgeschoss“ und eine Etage des Nutzungstyps „Kellergeschoss“.

Innerhalb der Stichprobenuntersuchung wurden alle Etagen jedes Einzelgebäudes anhand dieser Systematik bzw. dieser Kriterien ein Geschossnutzungstyp zugeordnet.

Die Einteilung nach Keller-, Regel- und Dachgeschossen berücksichtigt die maximale mögliche Nutzungintensität aller vorhandenen Flächen bzw. Etagen in einem Gebäude. Ob z.B. Keller- oder Dachgeschosse Bestandteile einer Bilanzierung nach DIN V 18599 sein können, ist abhängig von deren tatsächlicher Konditionierung im individuell betrachteten Gebäude.

5.1.7 Übergabe der Einzelergebnisse in eine Gesamtauswertungsdatei

In 200 Einzeldateien liegen jeweils die vollständigen Raum- und Nutzungsdaten jedes Gebäudes in Listenform vor. Diese wurde jeweils automatisiert innerhalb einer Datei nach Etagen, Nutzungszonen und Flächenanteilen ausgelesen und ausgewertet.

Um die Zonenzusammensetzung mit den zugehörigen Flächenanteilen jedes Einzelgebäudes in einer gebäudeübergreifenden Gesamtauswertung zu verwenden (z.B. zur gleichzeitigen Auswertung aller Gebäude einer Nutzung), mussten die Einzelergebnisse jeder Datei in ein Zeilenformat überführt werden.

Zur Bereitstellung von Ergebniszeilen für eine Gesamtdatenbank besitzt jede Einzeldatei einen speziellen Bereich, der die Berechnungsergebnisse für die weitere Verwendung umformt. Je Geschoss und vorhandener Nutzung wird ein Zeileneintrag generiert, der alle relevanten Informationen enthält.

Beispieleintrag für die Datenbankverwendung:

G129_1	1	35,20	02 Gruppenbüro	Büro und Verwaltung	Verwaltungsgebäude	RG	622,20

„**G129_1**“: 1.Etage in Gebäude 129 (laufende Nummerierung _2, _3 etc.),
„**1**“: 1. vorhandene Zone in der Etage (laufende Nummerierung 2, 3 etc.),
„**35,20**“: Nettogrundfläche der 1. Zone in m^2,
„**02 Gruppenbüro**“: zugehöriges Nutzungsprofil nach DIN V 18599-10,
„**Büro und Verwaltung**“: Gebäudekategorie,
„**Ämter/Verwaltungsgebäude**“: Gebäudenutzung,
„**RG**“: Abkürzung Geschossnutzungstyp (RG = Regelgeschoss, KG = Kellergeschoss, DG = Dachgeschoss)
„622,20“: Gesamtnettogrundfläche der Etage in m^2

Die Summe aller Zeileneinträge bildet die Auswertungsgrundlage der Gesamtauswertungsdatei, die im Blatt „Datenbank“ eingepflegt wurden. Die ausführliche Beschreibung zur Methodik der Gesamtauswertung wird in Abschnitt 4.2 beschrieben.

5.1.8 Zeitaufwand in der Flächendatenerfassung und Einzelauswertung

Der Bearbeitungsaufwand zur Beschaffung, Erhebung und Einzelauswertung der Flächendaten eines Nichtwohngebäudes ist von vielen Faktoren abhängig und für jedes Gebäude individuell. Die nachfolgende Tabelle 7 enthält eine Übersicht über die typische Ausprägung der Arbeitsbestandteile.

Tabelle 7 - Einschätzung des Zeitaufwandes in der Flächendatenerfassung und -auswertung

Bearbeitungs-aufwand	sehr gering	gering	durch-schnittlich	hoch	sehr hoch
Organisation im Vorfeld	Kontakt per Email & Telefon	Kontakt per Email & div. Rückfragen	Kontakt per Email & pers. Gespräche	wdh. Kommunikation, tlw. Genehmigungen	wie vorher mit ggf. zusätzlichen Reisen
Übergabe v. Unterlagen	Ja, alle in digitaler Form	Ja, teils in digitaler Form	Ja, alle in Papierform bzw. analog	Nein, ortsnahe Einsicht von Unterlagen	Nein, ferne Einsicht von Unterlagen
Erfassung der Räume und Flächen	aus digitalem Raumbuch	allgemein aus digitalen Unterlagen	per Hand aus Raumstempeln (Pläne)	per Hand aus Listen und Planteilen	durch digitale Messung von Teilbereichen
Erfassung der Geometrie	durch vollständige Planangaben	anhand digitaler Maßangaben	Scan + digitales Messen von Plänen	Skizzieren der Abmessungen per Hand	Skizzieren per Hand sowie digital
Anteil an der Stichprobe	*12 (6,0%)*	*39 (19,5%)*	*93 (46,5%)*	*40 (20,0%)*	*16 (8,0%)*
Zeitaufwand je Gebäude	*1,5 – 2,5 h*	*2,5 – 4,0 h*	*4,5 – 6,0 h*	*6,5 – 8,5 h*	*9,0 – 10,5 h*

Für die Zonierung jedes Gebäudedatensatzes ist in Abhängigkeit der Raumanzahl zusätzlich ein Zeitaufwand von 0,5 – 1 h zu veranschlagen.

5.2 Erhebung von zonenbezogenen Jahreskennwerten für den Nutzerstrombedarf

5.2.1 Kontaktherstellung und Gebäudeauswahl

Nach Auswertung der Zonenflächenanteile folgte eine erneute Kontaktaufnahme zu den bisherigen Datengebern, um die weiteren geplanten Schritte zur Erhebung von energetischen Kennwerten anzusprechen. Aufgrund der lokalen Nähe und der großen Anzahl der Gebäudedatensätze wurden hierfür aufgenommene Objekte der Landeshauptstadt Magdeburg (Datengeber KGm) und des Landes Sachsen-Anhalt (Datengeber BLSA) im Raum Magdeburg favorisiert. In gemeinsamen Gesprächen mit den Datengebern fand schließlich eine Erläuterung der Durchführung und eine Auswahl von repräsentativen Gebäuden der Stichprobe statt, um deren Ausstattung mit strombetriebenen Anwendergeräten und haustechnischen Anlagen detailliert in Begehungen vor Ort zu erfassen.

5.2.2 Formale Voraussetzungen im Vorfeld der Datenaufnahme

Vor der tatsächlichen Durchführung von Begehungen waren verschiedene Kriterien hinsichtlich der Gebäudeauswahl zu beachten und alle Beteiligten über den Ablauf des Vorhabens aufzuklären.

Die Gebäudeauswahl erfolgte anhand folgender individueller Einflussfaktoren:

- repräsentativer Charakter des Gebäudes (Größe, Aufbau, homogene Nutzung)
- Zugänglichkeit (keine Sicherheitsbedenken der Nutzer oder Störung des Betriebsablaufes)
- Größe des Objektes (eher vergleichsweise kleine bis mittelgroße Objekte)
- geringer Umfang der Haustechnik (keine (Teil-)Klimatisierung)
- Verfügbarkeit und Bereitstellung von Stromverbrauchsdaten der Jahre 2017 und/oder 2018

Nach der konkreten Auswahl von Objekten folgte die Benennung, Kommunikation und Terminvereinbarung mit den involvierten Personen der Einzelgebäude. Zur Information der Gebäudeverantwortlichen und der Nutzer wurde ein Informationsblatt mit allen relevanten Informationen (Dauer, Umfang und Zweck der Begehung, Kontaktdaten) erarbeitet und zur Verfügung gestellt. In Einzelfällen wurden Vorgespräche mit den Nutzern vor Ort vereinbart. Die Abstimmung mit allen Verantwortlichen erforderte einen größeren Zeitumfang als ursprünglich eingeschätzt, da Absprachen häufig in mehreren Instanzen mit zusätzlichen Terminvereinbarungen notwendig waren. Am Beispiel einer bereits erfassten Schule soll diese Situation näher verdeutlicht werden. Involviert in die Abstimmung waren

- die Leitungsebene des Datengebers (Genehmigung der Durchführung, einmalig)
- die Abteilungsleitung des Datengebers (Auswahl Objekte, Übergabe Verbrauchsdaten, einmalig)
- das Objektmanagement des Datengebers (Benennung der Ansprechpartner der Schule)
- der Betreiber der Schule als Partner des Datengebers (Information an den Hausmeister)
- die Schulleitung der ausgewählten Schule (Abstimmung)
- der Hausmeister der ausgewählten Schule (Termin zur Begehung, Absprachen vor Ort)
- die Nutzer der Schule (Lehrpersonal und Sekretariat)

Die Instanz der Betreiber entfiel, wenn die Eigentümer gleichzeitig auch das Objekt selbst betrieben. In diesen Fällen übernahm das Objektmanagement die Information des zuständigen Hausmeisters vor Ort.

5.2.3 Beschaffung und Qualität von Stromverbrauchsdaten

Für die Untersuchung werden Angaben zur Gesamtstromverbrauch von möglichst vielen der Stichprobengebäude benötigt. Diese sind erforderlich, um die Modellierung des Gesamtstrombedarfs ausgewählter Objekte mit den gemessenen Angaben zu abzugleichen und um später eine Validierung der verbleibenden Stichprobengebäude – wenn Verbrauchswerte verfügbar sind – anhand der erhobenen Kennwerte vorzunehmen.

Um einen möglichst nahen Zeitbezug zur aktuellen Ausstattung und Nutzung zu schaffen, wurden im Forschungsprojekt für möglichst viele Gebäude die Gesamtstromverbräuche für die Jahre 2017 und 2018 als Referenzgrößen angefragt und von den Datengebern bereitgestellt. Je nach Gesamtverbrauch, Messmethode und Unterverteilung in jedem Gebäude zeigten sich dabei unterschiedliche Qualitäten der verfügbaren Daten. Für Objekte mit einem hohen Stromverbrauch (>100.000 kWh/a) und entsprechendem Zähler mit digitaler Leistungsmessung liegen 15-Minuten-Leistungsmittelwerte für jeweils 1 Jahr vor, für alle weiteren Gebäude wurden jeweils monatliche bzw. jährliche Verbrauchswerte zur Verfügung gestellt. Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurden für die Auswertung und Validierung Jahresverbrauchswerte betrachtet.

Bei der Auswertung der Verbrauchsdaten und Zuordnung zu den erhobenen Stichprobengebäuden ist für Liegenschaften, in denen das untersuchte Gebäude nur einen Teil des Gesamtverbrauchers ausmacht, folgendes festzustellen:

- Zahlreiche Gebäude besitzen (teils mehrere) Haupt- und Unterzähler, deren Vorhandensein, Verknüpfung und Messumfang allein aus der Zuordnung des Gesamtverbrauchswertes nicht hervorging. Hierzu waren Rückfragen zum jeweiligen Betreiber und/oder Hausmeister erforderlich, um Unklarheiten auszuräumen oder Teilverbräuche von nicht erhobenen Gebäudeteilen (z.B. Sporthallen bei Schulen) vom Gesamtverbrauchswert abzuziehen.

- Im Gegensatz dazu: Aus Gründen der Zweckmäßigkeit (Abrechnung des Energieversorgers) besitzt eine Liegenschaft aus mehreren Gebäuden nur einen Hauptzähler, nicht alle Einzelgebäude (darunter auch das betrachtete Gebäude) haben einen Unterzähler oder bestehende Unterzähler werden nicht regelmäßig abgelesen (bzw. deren Messumfang ist nicht vollständig geklärt). In diesen Fällen lässt sich der Stromverbrauch des zu untersuchenden Gebäudes nur durch Differenzrechnung oder Kurzzeitbetrachtung des Unterzählers auf ein Jahr schätzungsweise hochrechnen.

- In zwei besonderen Fällen repräsentierte der Messwert einer Liegenschaft den Verbrauch des betrachteten Einzelgebäudes, da die jeweils weiteren Gebäude der Liegenschaft leer standen.

- Führte keine der genannten Möglichkeiten zur Erhebung von Gesamtverbrauchswerten, fanden an der Strom-Hauptverteilung einzelner Stichprobengebäudes Kurzzeitmessungen statt. Mit Hilfe einer indirekten Stromstärkemessung über einen kurzen Zeitraum (1-2 Wochen) konnten letztlich Informationen zum geschätzten Stromverbrauch erhoben werden.

Für fast alle Büro- und Verwaltungsgebäude des BLSA sowie für alle untersuchten Schulen der Landeshauptstadt Magdeburg liegen Gesamtstromverbrauchswerte für mindestens ein vollständiges Jahr vor. Darüber hinaus wurden Einzelangaben für verschiedene Veranstaltungsgebäude bereitgestellt.

5.2.4 Dokumentation der erhobenen Daten

Für die Aufnahme der Daten musste eine Verfahrensweise entwickelt werden, um die bei Begehungen erhobenen Informationen (Raumbezeichnung, Art, Anzahl und Bezeichnung der Geräte) effizient zu dokumentieren. Hierfür kamen zwei Optionen in Frage: Die digitale Aufnahme auf einem Tablet oder die analoge Papierdokumentation. Die Vor- und Nachteile beider Varianten sind nachfolgend zusammengefasst (Tabelle 8).

Tabelle 8 - Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile bei der Datenaufnahme mit einem Tablet oder einem Papierbogen

Variante	Datenaufnahme mit einem Tablet	Datenaufnahme mit Papierbögen
Vorteile	• digitale Aufnahme/Verfügbarkeit • individuelle Dokumentation • bessere Gliederung/Skizzierung • ein kompaktes Gerät	• leicht und technisch unabhängig • schnelle Durchführung/Beschriftung • kombinierbar mit Planunterlagen • individuelle Dokumentation
Nachteile	• Verfügbarkeit eines Gerätes • Ladestand des Akkus • dauerhaftes Tragegewicht • Koordination mit Planunterlagen	• nachträgliche Digitalisierung • Handhabung vieler Einzelseiten • Verbrauch großer Papiermengen • kein automatisiertes Ausfüllen

Durch die fehlende Verfügbarkeit eines geeigneten Gerätes, die gemeinsame Handhabung mit Planunterlagen (Gewicht, Koordination) und die technische Unabhängigkeit (Vermeidung von Datenverlust, Bedienung) fiel die Wahl letztendlich auf eine universelle Papiervorlage. Bei unklaren Geräten oder Geräten mit besonderen Informationen (z.B. Anlageneinstellungen, Typenschilder) wurden ergänzende Fotos aufgenommen und zugeordnet. Die beschrifteten Blätter wurden im Anschluss an die Dokumentation zusätzlich digitalisiert.

5.2.5 Durchführung der Datenaufnahme

Der Termin vor Ort berücksichtigte individuelle Gegebenheiten wie Nutzungs-, Schließ-, Reinigungs- und Ferienzeiten, um den regulären Betriebsablauf nicht zu stören oder Zugang zum Gebäude zu erhalten. Vor Ort erfolgte eine kurze Erklärung zum Vorhaben und zum Ablauf der Begehung. Die Aufnahme der Anwendergeräte und der Haustechnik folgte einer regelmäßigen Systematik, die sich als effektiv erwiesen hat:

1. Gemeinsam mit dem Hausmeister werden anhand der Pläne relevante Technikräume benannt, es werden Fragen zur Art und Anzahl haustechnischer Anlagen sowie allgemeinen Informationen gestellt (z.B. Gibt es Lüftungsanlagen? Gibt es alarmgesicherte Räume? Wo ist keine Begehung möglich?).
2. In Räumen mit eingeschränkter Zugänglichkeit (z.B. Haustechnik) folgt eine kurze Besichtigung von Teilen der Haustechnik gemeinsam mit dem Hausmeister.
3. Danach findet die Begehung allein statt: Je nach Nutzung folgt die Leihgabe eines Generalschlüssels (Schulen) zur Begehung außerhalb der Nutzungszeit oder die Möglichkeit, die vorhandenen Arbeitsräume im Betrieb zu begehen (Bürogebäude).
4. Nacheinander wird jeder Raum begangen. Die vorhandenen Geräte und Anlagen werden mit der Raumnummer dokumentiert: Art, Anzahl, Modellbezeichnung (soweit erkennbar) und ggf. Betriebszustand. Zur Erhebung werden Geräte vereinzelt bewegt, umgedreht oder berührt, um die Modellbezeichnung oder das Typenschild zu finden bzw. zu dokumentieren. Besitzt der Verbraucher keine oder zu komplexe Modellangaben durften Fotos angefertigt werden. Je nach Möglichkeit wurden einzelne Nutzer über die Betriebszeiten der Geräte befragt.
5. Nach Fertigstellung folgt die Rückgabe des Schlüssels (Schulen) und die Abmeldung bei der verantwortlichen Person. Bei Bedarf werden weitere Fragen zur Nutzungsintensität geklärt.
6. Die Aufnahmebögen (ca. 3-15 je Objekt) werden für die weitere Bearbeitung digitalisiert.

Mit der zunehmenden Zahl an durchgeführten Gebäudeaufnahmen und gesammelten Erfahrungen entwickelte sich eine Routine, die den Ablauf beschleunigte und Fehler verringerte.

5.2.6 Zeitaufwand und Umfang der Datenaufnahme

Eine Datenaufnahme kann eine Teil- oder Gesamtaufnahme des Objektes umfassen (Tabelle 9).

Tabelle 9 - Unterschiede zwischen der Teilaufnahme und der Gesamtaufnahme eines Gebäudes

Art der Begehung	Umfang der Begehung und Dokumentation
Teilaufnahme	• Aufnahme der gesamten Anlagentechnik (Heizung, Kühlung, Warmwasserbereitung, Luftförderung) sowie Zentrale Dienste, Diverse Technik und Außenbeleuchtung • Aufnahme der Geräteausstattung repräsentativer Räume aller vorhandenen Nutzungen (Serverraum, 3-5 Einzelräume je Nutzung)
Gesamtaufnahme	• Aufnahme wie vorher, jedoch Begehung und Dokumentation aller Räume (bzw. aller elektrischen Geräte und Anlagen) eines Gebäudes

Im Rahmen des Forschungsprojektes erfolgten ausschließlich Gesamtaufnahmen, um die real vorhandene Gerätevielfalt aller vorhandenen Nutzungen abzubilden und die Unsicherheiten bei der Modellierung des Gesamtstrombedarfs (sowie bei der Kennwerterhebung) verringern. Diese Detaillierung wurde als Notwendigkeit für den Anspruch an die Qualität der Modellierung angesehen.

Der Zeitumfang der Datenaufnahme unterliegt vielen Einflussfaktoren. Die durchgeführten Gesamtaufnahmen umfassten je Objekt einen Zeitumfang von

- *1-1,5 Stunden bei Kindergärten und kleinen Grundschulen (bis ca. 2.000 m^2 NGF)*
- *2-4 Stunden bei Grundschulen und kleinen Bürogebäuden (ca. 2.000-5.000 m^2 NGF)*
- *5-8 Stunden bei Gesamtschulen, Gymnasien, mittlere Bürogebäude (ca. 5.000-10.000 m^2 NGF)*
- *8-12 Stunden bei besonders großen Schulen und Bürogebäuden (> 10.000 m^2 NGF)*

Die Aufnahmen erfolgten überwiegend in einem Termin (bis 4 Stunden), bei größeren Objekten in zwei oder mehr Terminen aufgrund der sinkenden Konzentration und individuellen Zugangsmöglichkeit. Die Aufnahmedauer eines gewöhnlichen Raumes (Identifikation der Geräte, Dokumentation) umfasse im Schnitt 2-5 Minuten, die Aufnahme eines Technikraums (Pumpen, Server, Lüftung) ca. 5-10 Minuten.

Im Anschluss daran folgte die manuelle Übertragung der raumweise erhobenen Daten (Raumnummer, Art, Anzahl und Bezeichnung der erhobenen Geräte, ggf. Betriebseigenschaften) in eine Vorlagedatei. Das Einpflegen der Daten nahm zusätzlich etwa 50% der jeweiligen Begehungsdauer in Anspruch.

5.2.7 Recherche von Leistungsangaben

Bereits vor dem Zeitpunkt der Gerätedokumentation zeigte sich, dass im Rahmen der Begehung die vollständige Dokumentation von Leistungsangaben aufgrund z.B. fehlender Angaben auf Typenschildern oder des begrenzten Zeitrahmens nicht möglich ist. Die Recherche von Leistungsangaben folgte im Anschluss an die Eingabe aller aufgenommenen Einzelgeräte und -anlagen. Alle recherchierten Dokumente wurden gesammelt und liegen dem Projektbearbeiter vor. Aufgrund des Umfangs der genutzten Unterlagen werden diese nicht gesondert aufgeführt.

5.2.7.1 Anspruch an die Detaillierung der Gerätedokumentation

Um bestehende Bandbreiten in den Leistungseigenschaften von Gerätegruppen (z.B. Monitore) zu untersuchen, Abweichungen in der Modellierung einzelner Gebäude zu verringern und möglichst sicherere Kennwerte zu erheben, lag das Ziel in einer möglichst genauen Differenzierung der erhobenen Anwenderhilfen. Der damit verbundene Arbeitsaufwand wurde als notwendig für eine möglichst genaue Betrachtung angesehen. Ohne die Aufnahme detaillierter Herstellerbezeichnungen bestand einerseits die Annahme, die Nachprüfbarkeit der Modellierung zu erschweren, andererseits die Leistungseigenschaften der realen Anwenderhilfen bei Verwendung von Durchschnittswerten in Summe stark zu über- oder unterschätzen. Darüber hinaus wurden konkrete Modellangaben erforderlich, um daraus einzelne weitere Geräte ohne Typenangaben in ihren Leistungseigenschaften vergleichend abzuschätzen.

5.2.7.2 Praktische Umsetzung der Geräteaufnahme

Bei der Geräteaufnahme vor Ort lag der Fokus auf der Erfassung der jeweiligen Typen- und Modellangaben. Die wichtigsten Erkenntnisse sind zusammengefasst:

- Die Typenbezeichnungen und/oder Typenschilder sind geräte- und herstellerspezifisch angebracht. Gewöhnliche Orte dafür sind Geräterückseiten, Gehäuserahmen und Anschlusspunkte von Netzkabeln. Die Dokumentation ist so in der Mehrzahl der Fälle umsetzbar.
- Teilweise auf dem Boden oder der Rückseite angebrachte Angaben sind in einer Begehung nur bedingt dokumentierbar, da hierfür die Geräte verschoben oder gedreht werden müssen. Bei schweren oder eingebauten Geräten ist dies kaum möglich – hier muss eine zum Teil aufwendige Recherche anhand von Bildern erfolgen.
- Die vorhandenen Angaben auf Typenschildern beinhalten keine oder unvollständige Angaben zu den elektrischen Leistungseigenschaften oder Betriebszuständen. Die häufig vorhandene Einzelleistungsangabe bezieht sich regulär auf die Maximalleistung des Gerätes, die allein für die Dimensionierung der Elektroinstallation (Kabelquerschnitt) und der Absicherung des Stromkreises dient. In VDE 0100 sind Planungsangaben zur Dimensionierung von Stromkreisen auf Grundlage der Gleichzeitigkeit und Maximalleistung ortsveränderlicher Geräte angegeben.

Zusammenfassend lassen sich in den meisten Fällen Herstellername und Modellnummer der Geräte anhand der angebrachten Typenbezeichnung dokumentieren, zum Teil auch der Wert der maximalen Leistungsaufnahme. Relevante Angaben über weitere Betriebszustände waren nicht erkennbar.

5.2.7.3 Erhebung der Leistungsangaben

Nach Dokumentation aller Geräte und elektrischen Verbraucher wurden alle gesammelten Geräteangaben in einer gemeinsamen, gebäudeübergreifenden Geräteliste zusammengefasst. Das anschließende Ziel lag in der Recherche von Leistungsangaben für die Betriebszustände „Maximal“, „Durchschnitt“, „Standby“ und „Aus“ für jeden aufgenommenen Einzelverbraucher. In Summe wurden 1.654 unterschiedliche Typenbezeichnungen dokumentiert.

Durch eine Online-Recherche konnten für fast alle vorhandenen elektrischen Verbraucher Leistungsangaben in Erfahrung gebracht werden. Die Angaben des jeweiligen Herstellers bildeten die Basis der Dokumentation. Die allgemeine Verfügbarkeit von Unterlagen ist jedoch von unterschiedlichen Faktoren abhängig. Als relevant zeigten sich folgende Einflussgrößen:

- **die Maximalleistung des Gerätes** (relevant bei der Anschlussdimensionierung von Verbrauchern mit größerer elektrischer Leistungsaufnahme)
- **die Pflicht zur Angabe von Jahresbedarfswerten** (z.B. Kühl- und Gefriergeräte, „weiße Ware“)
- **der Anspruch der Hersteller an eine Information** (Transparenz gegenüber dem Kunden)
- **der Anspruch der Hersteller an das Umweltbewusstsein** („Vorreiterrolle“ für effiziente Geräte)
- **das Alter des Geräts** (keine Unterlagen verfügbar oder Strombedarf früher nicht ausgewiesen)
- **die Existenz des Herstellers** (nach Insolvenz sind Unterlagen kaum/nicht mehr verfügbar)

Unter diesen Voraussetzungen konnten je nach Art, Hersteller und Alter des Verbrauchers zahlreiche Leistungsangaben gesammelt werden. Eine Hilfestellung bieten dabei zahlreiche im Internet frei verfügbare Möglichkeiten zur Recherche. Zur Zusammenstellung von Leistungsangaben wurden verwendet:

- **Typenschilder und Angaben** auf dem Gerät
- **Bedienungsanleitungen** (engl. „manuals“), **Handbücher**
- **Technischen Datenblätter** der Hersteller (engl. „datasheet“)
- Angaben auf den **Hersteller-Websites**
- **Verkaufsanzeigen** (Online-Verkaufsplattformen, hauptsächlich Fotos von Typenschildern)
- **Testberichte** einschlägiger Websites (hauptsächlich Beamer, EDV-Technik)

Die Unterlagen zahlreicher Verbraucher sind überwiegend englischsprachig verfügbar. Als hilfreich haben sich zahlreiche spezifische Begriffe erwiesen, die in Tabelle 10 nach Relevanz geordnet sind.

Tabelle 10 - Englischsprachige Suchbegriffe zur Recherche von Leistungsangaben

Suchbegriff	Übersetzung, Aussagen zu elektrischen Leistungsangaben
„power consumption“	(dt. Stromverbrauch), Angaben zum Stromverbrauch allgemein oder aufgeschlüsselt nach typischen Betriebszuständen des Verbrauchers
„specifications“, „specs“	(dt. Spezifikationen), detaillierte technische Angaben des Gerätes, entweder in einem separaten Dokument oder Teil der Bedienungsanleitung
„manual“	(dt. Bedienungsanleitung), Bedienungsanleitungen, Handbücher
„datasheet“	(dt. Datenblatt), meist eine Kurzzusammenfassung wichtiger Angaben
„white paper“	(dt. weißes Papier), Angaben zum Strombedarf, insb. EDV-Technik
„environmental“	(dt. umweltbezogen), Verbrauch von Umweltressourcen im Betrieb

5.2.7.4 Interpretation der Leistungsangaben, Betriebszustände von Geräten

Bei der Interpretation und der korrekten Zuordnung festgestellter Leistungsangaben sind zwei zentrale Faktoren ausschlaggebend, die in diesem Abschnitt zum tieferen Verständnis erläutert werden. Dies umfasst

- die **physikalische Einheit**, in der eine elektrische Leistung angegeben ist und
- welche **Betriebszustände** das jeweilige Geräte einnehmen kann.

Bis auf wenige Ausnahmen werden alle untersuchten elektrischen Verbraucher mit Wechselstrom aus dem öffentlichen Stromnetz (Netzspannung 230±23 Volt, Netzfrequenz 50±0,2 Hz [3]) betrieben. Die Betrachtung konzentriert sich hier deshalb auf Verbraucher mit einem Betrieb im Einphasen- oder Dreiphasen-Wechselstromnetz.

Die elektrische Leistung berechnet sich allgemein aus dem Produkt von Spannung (Formelzeichen U, Einheit Volt [V]) und Stromstärke (Formelzeichen I, Einheit Ampere [A]). Bei Wechselstrom sind die Beträge der Spannung (u) und der Stromstärke (i) aufgrund der Änderung des Magnetfeldes zeitabhängig.

Hierbei werden die Begriffe Scheinleistung, Wirkleistung und Blindleistung relevant. Die Scheinleistung bildet die Summe aus Wirk- und Blindleistung [1].

- **Scheinleistung**: Je Phase/Leiter laufen idealisiert Spannung und Stromstärke als sinusförmige Wechselgröße zeitgleich ab, das Produkt der Effektivwerte bzw. das Integral der Momentanwerte wird als Scheinleistung (S) mit der Einheit Voltampere [VA] bezeichnet.

- **Wirkleistung:** Die elektronische Betriebsweise eines Gerätes (als induktiver oder kapazitiver Verbraucher) führt dazu, dass sich eine Phasenverschiebung zwischen der Stromstärke und der Spannung einstellt. Das verbleibende Flächenintegral wird als Wirkleistung (P) mit der Einheit Watt [W] bezeichnet. Die Wirkleistung entspricht der tatsächlich nutzbaren Energie zum Gerätebetrieb.

- **Blindleistung:** Die Energie, die aufgrund von z.B. elektromagnetischen Umwandlungsprozessen nicht verwendet werden kann, wird als Blindleistung (Q) mit der Einheit Var [var] bezeichnet. Sie umfasst das durch Verschiebung von Spannung und Stromstärke entstandene Flächenintegral und geht als Verlustgröße nicht nutzbar verloren.

Die Abrechnung des Energieversorgers (bzw. die Angabe des Stromzählers) basiert auf der Wirkleistung je Zeiteinheit. Der überwiegende Teil hier untersuchten Gerätedokumentationen enthält ebenfalls Angaben auf Basis der Wirkleistung (Einheit Watt [W]), die direkt für die spätere Modellierung verwendet werden können. Für alle weiteren Geräte und Verbraucher enthielten die Dokumentationen Angaben auf Basis der Scheinleistung (Einheit Voltampere [VA]), die aufgrund der beinhalteten, teils hohen Blindleistung nicht mit einer Wirkleistung gleichgesetzt werden können. Für die entsprechenden Geräte wurden typische Leistungsfaktoren (Verhältnis aus Wirkleistung und Scheinleistung, typische Werte liegen zwischen 0,5 und 0,99) recherchiert oder in ausgewählten Messungen erhoben.

Jedes elektrische Gerät bzw. jeder Verbraucher kann mehrere Betriebszustände mit unterschiedlicher Leistungsaufnahme einnehmen. Je nach Komplexität der Regelbarkeit können zwei oder mehr Zustände im gewöhnlichen Betrieb vorkommen. Tabelle 11 soll zum besseren Verständnis beitragen.

Tabelle 11 - Allgemeine Betriebszustände von elektrischen Verbrauchern

Betriebszustand	Betriebsweise des Gerätes
Maximalleistung	Das Gerät nimmt den Zustand der maximalen Leistungsaufnahme (Angabe laut Typenschild) ein.
Durchschnittliche Leistung	Das Gerät befindet sich in einem gewöhnlichen Betriebsmodus, der in der Regel unter der maximal möglichen Leistungsaufnahme liegt. Die Leistungsaufnahme kann innerhalb dieses Zustandes variieren, zur Berechnung wird ein gemittelter Durchschnittswert verwendet.
Standby	Das Gerät befindet sich in einem energiesparenden Zustand, nicht alle Funktionen sich verfügbar. Eine Aktivierung versetzt das Gerät schnell wieder in den gewöhnlichen Betriebsmodus.
Aus (Soft-Off, „Schein-Aus“)	Das Gerät ist elektronisch ausgeschaltet. Die interne Elektronik wird mit Strom versorgt, das Gerät ist mit dem Stromnetz verbunden. Gegebenenfalls deuten Status-LED auf die Stromversorgung hin.
Aus (Hard-Off)	Das Gerät ist mechanisch (z.B. über einen Kippschalter) ausgeschaltet oder vom Stromnetz mechanisch getrennt (Stecker gezogen).

Nur in unregelbaren Geräten mit allein einem Betriebszustand (an) und ohne Möglichkeit zur Leistungsregelung entspricht die Maximalleistung etwa der durchschnittlichen Leistungsaufnahme (Beispiel: Wasserkocher). Die grundsätzliche Verwendung der Maximalleistung führt bei der Mehrzahl der Geräte zur deutlichen Überschätzung des Strombedarfs und ist daher nicht zielführend.

Während der Gerätebetrieb selbst unschwer erkennbar ist, lässt sich nicht auf den ersten Blick erkennen, ob ein Gerät im Zustand „Aus“ mit Verbindung zum Stromnetz einen unerwarteten Stromverbrauch besitzt. Sind keine Leuchten in Betrieb und/oder es ist ein mechanischer Schalter auf „0“ gestellt, verbraucht das Gerät auch bei eingestecktem Netzkabel mit großer Wahrscheinlichkeit im Betriebszustand „Aus“ keinen Strom.

Für zahlreiche elektronische Haushalts- und Bürogeräte gelten gemäß der „Ökodesign-Richtlinie“ (Verordnung EG Nr.1275/2008 zur Durchführung der Richtlinie 2005/32/EG [14]) stufenweise sinkende Grenzwerte bzw. Beschränkungen an die maximale Leistungsaufnahme im Bereitschafts-, Ruhe- und Auszustand. Diese Festlegungen wurden inzwischen durch Verordnungen zu weiteren Geräten ergänzt.

Aufgrund der Häufigkeit in den begangenen Gebäuden soll beispielhaft auf die Leistungseigenschaften von PC und Notebooks eingegangen werden. Zur Vergleichbarkeit von Energiemerkmalen bei EDV-Technik haben verschiedene Hersteller gemeinsam den Industriestandard „Advanced Configuration and Power Interface (ACPI)“ [18] entwickelt, der die Betriebszustände von z.B. PC, Notebooks und Servern und deren Komponenten in verschiedene Modi einteilt. Je nach betrachteter Geräteeinheit wird der Zahl ein Buchstabe vorangestellt. Relevant für die hier durchgeführte Betrachtung von PC und Notebooks ist die Kategorisierung der sechs Systemzustände (englisch „System-States“, Bezeichnung S0-S5), von denen die Modi S0, S3 und S5 die regulären Systemzustände abbilden [18] (Tabelle 12).

Tabelle 12 - System-States (Auszug) nach ACPI für Computersysteme [18]

Status	Beschreibung des Systemzustandes
S0 (auch s0)	Das Computersystem ist mit allen vorhandenen Komponenten funktionsfähig, die Leistungsaufnahme schwankt zwischen Maximum (max) und Leerlauf (idle) je nach Auslastung des Prozessors (CPU) und der Systemkomponenten.
S3 (auch s3)	Das Computersystem befindet sich im Standby-Modus, ein Großteil der Hardware ist abgeschaltet, der aktuelle Systemzustand (z.B. geöffnetes Programm) ist auf einen flüchtigen Speicher geschrieben. Bei Stromtrennung erfolgt Datenverlust.
S5 (auch s5)	Das Computersystem ist ausgeschaltet (Soft-Off). Es kann durch einen mechanischen Knopf wieder eingeschaltet werden, ggf. bleibt die Netzwerkkarte aktiv.

Für die meisten Hersteller von Computersystemen sind Leistungsangaben für die Zustände S0, S3 und S5 recherchierbar. Viele Unterlagen lassen sich mithilfe der Suchbegriffe „white papers“ oder „idle“ auffinden. Eine Leistungsaufnahme im Zustand S5 ist auf eine Aktivität der Netzwerkkarte zurückzuführen. Durch die „Wake-on-LAN“-Funktion (dt. „Aufwachen über LAN, Abkürzung WOL) besteht die Möglichkeit, den Computer über eine bestehende Netzwerkverbindung aus der Ferne zu starten bzw. auf ihn zuzugreifen. Erkennbar ist diese Aktivität an blinkenden Status-LED am LAN-Anschluss des Computers.

Die Leistungsaufnahme eines PC im Zustand S0 kann entsprechend der Nutzungsintensität variieren. Hierfür liegen in der Regel Angaben der Hersteller über die maximale und durchschnittliche Leistungsaufnahme im Leerlauf vor.

5.2.7.5 Ergänzung fehlender Leistungsangaben

Trotz größter Recherchesorgfalt ergeben sich Lücken in den Leistungsangaben, insbesondere bei den Betriebszuständen „Standby“ und „Aus“ – unter der Voraussetzung, dass die Geräte diese Zustände einnehmen können. Um fehlende Angaben zu vervollständigen, wurde eine Systematik gewählt, die eine möglichst geringe Abweichung zum realen Leistungskennwert vermuten lässt. Mit absteigender Priorität wurden Leistungseigenschaften wie folgt übernommen:

- Leistungseigenschaften eines vergleichbaren Gerätes des gleichen Herstellers
- Leistungseigenschaften eines vergleichbaren Gerätes eines anderen Herstellers
- Leistungsverhältnis zwischen Maximalleistung und Durchschnitt der gesamten Gerätegruppe (Beispiel: Für alle Kühlschränke mit bekannten Leistungsangaben ergibt sich zwischen der Maximalleistung und der durchschnittlichen Leistung ein mittleres Verhältnis von 0,27. Ist für ein Modell ohne Unterlagen (z.B. durch das Typenschild) die Maximalleistung ersichtlich, wird die durchschnittliche Leistungsaufnahme mit 27% der Maximalleistung angenommen.)
- Recherchen in einschlägigen Foren zu den betreffenden Geräten
- ggf. Einzelmessungen vor Ort (ca. 15mal) oder Kontakt zum Gerätehersteller (ca. 3mal)

Leistungsangaben einzelner Bestandteile von Zentralen Diensten oder Diverser Technik lassen sich zum Teil nur indirekt und gebäudeindividuell abschätzen.

5.2.7.6 Zeitaufwand Geräterecherche

Im Vorfeld der Geräterecherche wurden alle Einzelangaben der dokumentierten Geräte aller Gebäude (ca. 11.000) in eine Gesamtdatei übertragen, nach Anlagentechnik (ca. 8.000) und Geräten (ca. 3.000) sortiert, sowie von Dopplungen und Fehlern in der Schreibweise befreit. Die Organisation umfasste einen Zeitaufwand von ca. 10 Arbeitsstunden.

Die Recherche von Leistungsdaten dauerte je Gerät durchschnittlich 5-6 Minuten, bei Einzelgeräten mit lückenhaften Informationen umfasste die Recherche einen Zeitumfang von ca. 10 Minuten. Auch eine im Einzelfall durchgeführte längere Suche führte nicht zu verwertbaren Angaben, wenn für z.B. ein spezielles Gerät eines nicht mehr existierenden Herstellers keine Unterlagen verfügbar sind.

Insgesamt ergibt sich für die durchgeführte Recherche von Leistungsangaben ein geschätzter Zeitaufwand von ca. 180 Arbeitsstunden.

5.2.7.7 Leistungseigenschaften der Anlagentechnik - Beleuchtung

Ein großer Anteil des Gesamtstrombedarfs entfällt auf die Endenergie der Beleuchtung zur Wahrnehmung der Sehaufgabe in allen vorhandenen Nutzungszonen. Relevant für die Bewertung des Strombedarfs ist die Systemleistung jeder Leuchte, die sich aus dem Leuchtmittel und einem ggf. notwendigen Vorschaltgerät ergibt.

In den begangenen Gebäuden wurden – bis auf wenige Ausnahmen – fast ausschließlich Leuchtstofflampen in allen Zonen vorgefunden. Dabei bilden Leuchtstoffröhren (LSR) mit Sockel T5 oder T8 und einem zugehörigen verlustarmen Vorschaltgerät (VVG, nur T8) oder elektronischen Vorschaltgerät (EVG, T5 oder T8) die standardmäßig vorgefundene Lösung. Besonders in Einbauleuchten mit kleiner Bauform kommen Kompaktleuchtstofflampen (KLSL) mit integriertem EVG zum Einsatz. Je nach Größe und Alter des Objektes erfolgt nach und nach der Übergang zu LED-Leuchtmitteln.

Für die Effizienz von Leuchtmitteln im Objektbereich gelten in der Europäischen Union Mindestanforderungen. In der „Richtlinie 2000/55/EG: Energieeffizienzanforderungen an Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen“ [11] wurden durch zwei Anforderungsstufen erste gemeinsame Rahmenbedingungen geschaffen. Die spätere „Richtlinie 2005/32/EG: Gesetzesrahmen für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung“ [12] beschreibt die Notwendigkeit, die Energieeffizienz elektrischer Verbraucher genauer zu konkretisieren. Diese Richtlinie wurde in Bezug auf Leuchtstofflampen und Vorschaltgeräte in der Verordnung Nr. 245/2009 (EG) [20] umgesetzt.

In Tabelle 17 (Anforderungen an die Energieeffizienz, Entladungslampen mit steuerungsunfähigem Vorschaltgerät) sind Mindestanforderungen an die Systemleistung aller typischen Entladungslampen auf Grundlage des Vorschaltgerätes detailliert angegeben. Einen Auszug der Tabelle enthält Abbildung 3.

Tabelle 17

Anforderungen an steuerungsunfähige Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen in Bezug auf den Energieeffizienzindex

Lampendaten					Wirkungsgrad des Vorschaltgeräts ($P_{Lampe}/P_{Eingang}$)				
					Steuerungsunfähig				
Lampentyp	Nennleistung	ILCOS-Code	Bemessungsleistung/typische Leistung		A2 BAT	A2	A3	B1	B2
			50 Hz	HF					
	W		W	W					
T8	15	FD-15-E-G13-26/450	15	13,5	87,8 %	84,4 %	75,0 %	67,9 %	62,0 %
T8	18	FD-18-E-G13-26/600	18	16	87,7 %	84,2 %	76,2 %	71,3 %	65,8 %
T8	30	FD-30-E-G13-26/900	30	24	82,1 %	77,4 %	72,7 %	79,2 %	75,0 %
T8	36	FD-36-E-G13-26/1200	36	32	91,4 %	88,9 %	84,2 %	83,4 %	79,5 %
T8	38	FD-38-E-G13-26/1050	38,5	32	87,7 %	84,2 %	80,0 %	84,1 %	80,4 %
T8	58	FD-58-E-G13-26/1500	58	50	93,0 %	90,9 %	84,7 %	86,1 %	82,2 %
T8	70	FD-70-E-G13-26/1800	69,5	60	90,9 %	88,2 %	83,3 %	86,3 %	83,1 %

Abbildung 3 - Anforderungen an steuerungsunfähige Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen in Bezug auf den Energieeffizienzindex (Auszug aus Tabelle 17, Verordnung Nr. 245/2009 EG [20])

Beispielberechnung: Eine Leuchte mit 2 Leuchtstoffröhren (T8, 58W, Länge 1500mm) und einem elektronischen Vorschaltgerät (EVG, Effizienzindex A2, 50Hz) muss einen Mindestwirkungsgrad von 90,9% bezogen auf die Bemessungsleistung aufweisen. Umgerechnet darf die Systemleistung der Leuchte maximal 127,61 Watt betragen (2*58 W/0,909). Entsprechend lassen sich für alle vorhandenen Leuchtmittel maximale Systemleistungen berechnen und in der Modellierung verwenden. Für eine möglichst genaue Berechnung ist eine Aussage über die installierten Vorschaltgeräte erforderlich, hierzu konnten die Hausmeister der Objekte regulär konkrete Aussagen liefern. Der Effizienzstandard bei den vorgefundenen VVG entsprach dem Index B2, der Standard bei EVG unterschied sich nach steuerungsunfähig (A2) oder steuerungsfähig (A1, z.B. dimmbar).

In Objekten mit tageslichtabhängiger Beleuchtung wurde für repräsentative Räume unterschiedlicher Orientierung mit einer Berechnung nach DIN V 18599-4 ein Abminderungsfaktor bestimmt. Mit u.a. Angabe der Nutzung, Raumgeometrie, Tageslichtversorgung und des Steuerungssystems konnte eine Vollbetriebszeit der Beleuchtung errechnet werden. In einer Vergleichsrechnung wurde für denselben Raum die Vollbetriebszeit der Beleuchtung ohne Steuerung (manuell) berechnet und mit dem vorherigen Ergebnis in Verhältnis gesetzt. Je nach Systemeigenschaften ergaben sich Abminderungsfaktoren zwischen 0,68 und 0,86 (manuelle Steuerung 1,00).

5.2.7.8 Leistungseigenschaften der Anlagentechnik – Heizung

Die elektrischen Verbraucher der Wärmeversorgung bildeten hauptsächlich Pumpen, Heizkessel und deren Gebläse, Stellantriebe und Regelungseinrichtungen. Allgemein ist zu sagen, dass die elektrische Leistungsaufnahme der Heizungskomponenten starken Schwankungen unterliegt. In diesem Forschungsvorhaben lag der Fokus auf der Bestimmung des jährlichen Nutzenergiebedarfs, bei dem die Aufwendungen der Heizungstechnik nur in die Gesamtstrombetrachtung eingehen. Durch eine detaillierte Dokumentation konnten Leistungsangaben hinreichend genau bestimmt werden. Für die einzelnen Komponenten typischer Heizungsanlagen wurden die Leistungskennwerte wie folgt bestimmt:

- Pumpen: Für jede Pumpe wurde die Funktion im System geklärt (Heizkreis-, Speicherlade-, Zirkulationspumpe). Anhand der Typenbeschriftung ließen sich Hersteller, Bezeichnung und Leistungsbereich ablesen. Es wurden überwiegend stufenlos regelbare Hocheffizienzpumpen in Kreisläufen sowie stufenweise geregelte Pumpen bei kurzzeitig betriebenen Komponenten (Ladepumpe, Kesselpumpe) vorgefunden. Je nach Möglichkeit wurden weitere Einstellungen erhoben: Förderstufe (bei stufenweiser Regelung), Soll-Förderhöhe, Regelungseinstellungen (druckvariabel, druckkonstant, drehzahlkonstant) und Momentan-Werte der Auslastung (Volumenstrom). Als mittlere Leistung wurde vereinfacht ein Betriebspunkt bei 30-35% des max. Volumenstroms bei 100% der Soll-Förderhöhe angenommen. Für die näherungsweise Berechnung stehen Online-Tools der Hersteller und Dokumentationen zur Verfügung.

- Heizkessel und Gebläse: Anhand der vorhandenen Typenschilder wurden die thermische Leistung bei Volllast und (wenn angegeben) die zugehörige elektrische Leistungsaufnahme dokumentiert. In recherchierten Herstellerunterlagen konnten nur selten elektrischen Kenngrößen für Teillast und Stillstand erhoben werden. Die Berechnung der elektrischen Leistungsaufnahme für Volllast (P_n), Teillast (P_{Int}) und Stillstand/Bereitschaft (P_0) erfolgte vereinfacht mit Tabelle 49 (Hilfsenergiefaktoren) in DIN V 18599-5 [6] auf Grundlage der thermischen Leistung.

- Stellantriebe/Stellmotoren: Für die vorgefundenen Modelle konnten durchgehend Herstellerunterlagen recherchiert werden, die elektrische Leistungskennwerte beinhalten.

- Heizungssteuerungen: Für Steuereinheiten von Heizungsanlagen (wenn vorhanden) ließen sich bei den vorhandenen Modellen ebenfalls umfangreiche Unterlagen in Erfahrung bringen.

5.2.7.9 Leistungseigenschaften der Anlagentechnik – Kühlkälte

In den begangenen Gebäuden befanden sich allein lokal begrenzte Klimageräte in Serverräumen und einem Prüflabor mit großen Abwärmelasten. Die Klimatisierung wurde meist durch je ein Klima-Split-Geräte (DX-Gerät) sichergestellt, die Rückkühleinheit befand sich in einem nicht ausgebauten Bereich des Gebäudes (z.B. Kellerraum, Dachgeschoss) oder an der Außenfassade.

Wenn erkennbar, wurden die Angaben des Typenschilds am Konvektor (Hersteller, Modell, techn. Kennwerte) dokumentiert. Relevant für die mittlere Leistungsaufnahme ist der Kennwert SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio), der die saisonale Energieeffizienz des Klimagerätes bewertet.

Für Raumklimageräte mit einer Kälteleistung bis 12 kW gelten seitens der Europäischen Union seit dem 01.01.2013 mit der Durchführungsverordnung 206/2012 (EU) [21] Mindestanforderungen an die Energieeffizienz, die die Richtlinie 2009/125/EG [15] umsetzt. Die hier aufgenommenen Geräte müssen so einen SEER von 4,6 oder höher im Kühlfall aufweisen.

Für die dokumentierten Hersteller- und Typenbezeichnungen ließen sich Angaben über SEER in den verfügbaren Dokumentationen herausfinden, diese liegen zum Teil deutlich höher als der Mindeststandard (der größte Anlagenwert lag bei SEER 6,3). Konnten am Gehäuse des Gerätes keine Herstellerinformationen abgelesen werden, wurde die Mindesteffizienz angenommen.

Zur vereinfachten Berechnung der mittleren Leistungsaufnahme des Klimagerätes wurde die Leistungsaufnahme der vorhandenen Technik (Server, Prüfgeräte) vollständig als Abwärme bewertet, die das Klimagerät dauerhaft im Teillastbetrieb abführen muss.

Die Untersuchung von Gebäuden mit Raumkühlung wurde vermieden, indem im Vorfeld der Analyse entsprechende Gebäude aussortiert wurden. Dies diente zur Fehlerminimierung für die Kernaufgabe – der Ableitung von Nutzerstromkennwerten.

5.2.7.10 Leistungseigenschaften der Anlagentechnik – Luftförderung

In den untersuchten Gebäuden konnten zwei Arten von Luftförderungsanlagen beobachtet werden: Einzellüfter in Sanitär- und Lagerbereichen sowie Zu- und Abluftanlagen mit Kanalnetzen.

- Einzellüfter: Anhand von Typenschildern oder Herstellerbezeichnungen auf dem Gehäuse des Lüfters ließen sich Unterlagen mit Angaben zur Leistungsaufnahme dokumentieren. Die Anzahl und Lage kann ggf. durch den Hausmeister oder die Nutzer vor Ort erfolgen.

- Zu- und Abluftanlagen: In den begangenen Objekten befanden sich allein Zu- und Abluftanlagen mit oder ohne einem wassergeführten Heizregister. Relevant für die Leistungsaufnahme dieser Anlagen sind Art und Anzahl der verbauten Ventilatoren, Zirkulationspumpen (Heizfunktion) und Regelungseinrichtungen. Die Auslegungseigenschaften der Anlage mit zugehörigen Leistungseigenschaften der Komponenten befand sind regulär am Kanalquerschnitt der Lüftungszentrale oder war aus Revisionsunterlagen vor Ort ersichtlich. Bei einer mehrstufigen Auslegung der Anlage erfolgte eine Berechnung mit der geringsten Stufe. Die Leistungsangaben einer Zirkulationspumpe konnten am Typenschild abgelesen werden.

Darüber hinaus wurde bereits bei der Gebäudeauswahl darauf geachtet, Objekte möglichst ohne aufwändige Lüftungstechnik zu erheben.

5.2.7.11 Leistungseigenschaften der Anlagentechnik – Warmwasserbereitung

Der elektrische Aufwand für die Trinkwarmwasserversorgung konzentrierte sich auf drei Elemente:

- Zirkulationspumpen: Die Leistungsangaben der Pumpen konnten durch die Angaben des Typenschildes (Hersteller, Typ, Leistungsaufnahme) dokumentiert werden.

- Kleinspeicher: Die dezentrale Warmwasserbereitung (z.B. in Sanitärräumen) nimmt in den hier untersuchten Objekten den größten Anteil ein. Anhand des Typenschildes konnten Hersteller, Typ und die maximale elektrische Leistungsaufnahme erhoben werden, durch Berührung und Temperatureinstellung wurde dazu ein regulärer Betrieb oder Stillstand dokumentiert. In den recherchierten Unterlagen der Hersteller finden sich regulär Angaben zu den Bereitschaftsverlusten [kWh/24h] bei dauerhaftem Betrieb.

- Durchlauferhitzer: Die Herstellerbezeichnung und die Leistungsaufnahme im Betrieb wurde anhand des Typenschildes und ggf. der Anschlusskonfiguration (1 Leiter/3 Leiter) erhoben.

5.2.7.12 Leistungseigenschaften der Anlagentechnik – Zentrale Dienste

Die Anlagen der Zentralen Dienste umfassen überwiegend Anlagen zur Telekommunikation in Form von Server- und Telefonanlagen:

- **Server und Serverkomponenten:** Für zahlreiche Serverracks lassen sich technische Daten recherchieren, jedoch überschätzt die Maximalleistung (z.B. des eingebauten Netzteils) häufig die durchschnittliche Leistungsaufnahme. Anhand der Art und Anzahl der CPUs (ø1-2), Lüfter (ø4-6), Festplatten und deren Schnittstelle (ø 4-10 HDD/SSD mit SATA oder SAS) und der Effizienz des Netzteils lässt sich näherungsweise eine durchschnittliche Leistung berechnen.

- **Server-Unterstromverteilungen (USV):** Um bei einem Stromausfall die oft kritische Servertechnik für einen begrenzten Zeitraum mit Strom zu versorgen, können Batteriesysteme (USV) zwischen dem Netzbetrieb und den Serverkomponenten zwischengeschaltet sein. Der Strombedarf der Batterie wurde hier vernachlässigt, die Dimensionierung kann jedoch Aufschluss auf die maximale Gesamtleistung der Serverkomponenten geben.

5.2.7.13 Leistungseigenschaften der Anlagentechnik – Diverse Technik

Neben der Anlagentechnik zur Gebäudekonditionierung befinden sich weitere haustechnische Anlagen in regulärem Betrieb. Alle Anlagen, die in den begangenen Gebäuden dokumentiert wurden, sind nachfolgend erläutert. Darüber hinaus können weitere Anlagen (z.B. Zugangssysteme) bestehen.

- **Alarm- und Brandmeldeanlagen, Übertragungsgeräte:** Anhand der angebrachten Hersteller- und Typenbezeichnungen am Gehäuse der Anlagen lassen sich technische Dokumentationen und Datenblätter mit Leistungsangaben recherchieren.

- **Sicherheitsbeleuchtung und Zentralbatterie:** Die Leistungsaufnahme der Sicherheitsbeleuchtung entspricht näherungsweise der Anzahl der Fluchtwegzeichen, multipliziert mit der installierten Beleuchtungsleistung je Piktogramm. Der Aufwand für die Beladung der Zentralbatterien kann vernachlässigt werden, da diese im Regelfall allein der Selbstentladung unterliegen. Die dauerhaft in Betrieb befindliche Notlichtsteuerung muss Berücksichtigung finden.

- **Druckerhöhungsanlagen:** Um einen nahezu gleichmäßigen Wasserdruck im Trinkwassernetz eines Gebäudes sicherzustellen, können Druckerhöhungsanlagen eingesetzt werden. Diese bestehen aus mehreren, hintereinandergeschalteten Pumpen. Bei der Bestimmung der Leistungseigenschaften wird eine Leistungsmessung (wenn möglich) empfohlen.

- **Sprechanlagen:** In allen größeren untersuchten Schulgebäuden ist eine Sprechanlage installiert. Diese bildet regulär eine kompakte Anlage in Rack-Bauweise oder als Gesamtsystem und besteht maßgeblich aus ein oder mehreren Verstärkern und ggf. einer Unterstromverteilung zum Funktionserhalt bei Stromausfall

- **Zentraluhr:** Die Zentraluhr sendet jede Minute einen elektrischen Impuls an alle gesteuerten Uhren im Gebäude und befindet sich die restliche Zeit im Ruhemodus. Der Impulsgeber selbst besitzt eine kleine Geometrie.

- **Aufzüge:** In den hier untersuchten Gebäuden befanden sich Hydraulik- und Seilaufzüge zur Personenbeförderung (6-12 Personen). Für die Aufnahme der Aufzugsanlagen konnten Triebwerksräume begangen werden, es folgte die Dokumentation von Typenbezeichnungen und ggf. Angaben aus vor Ort befindlichen Revisions-/Prüfunterlagen.

5.2.7.14 Leistungseigenschaften der Anlagentechnik – Außenbeleuchtung

Die gebäudezugehörige Außenbeleuchtung wurde zahlenmäßig in einem Rundgang um das Gebäude dokumentiert. Die Anzahl und Leistung der jeweils installierten Leuchtmittel sowie Informationen zur Betriebsweise konnten durch eine Befragung des Hausmeisters erhoben werden.

5.2.8 Recherche von Betriebszeiten, Nutzerbefragungen

5.2.8.1 Allgemeines

Die Nutzungsintensität aller aufgenommenen elektrischen Geräte und Anlagen bestimmt letztlich bei gegebenen Leistungseigenschaften den Teilstrombedarf einzelner Nutzungszonen und den Gesamtstrombedarf des Gebäudes in der Modellierung. Für eine bestmögliche Hinterlegung von Nutzungsanteile wurden zahlreiche Quellen genutzt:

- die Aussagen befragter Nutzer zur Nutzungsintensität von Arbeitshilfen
- Angaben der Hausmeister zur Betriebsweise haustechnischer Anlagen
- Betriebszeiten elektrischer Anlagen aus einschlägigen Normen (VDI 3807-4 [19], SIA 380/4 [17])
- eigene Annahmen auf Grundlage typischer Betriebsweisen (z.B. Geräte im Dauerbetrieb)

5.2.8.2 Betriebszeiten von Anwendergeräten bzw. Arbeitshilfen

Je Objekt wurden während der Begehung ein oder mehrere ausgewählte Nutzer zur regulären Nutzungsintensität von Arbeitshilfen befragt, um daraus detailliertere Informationen für die Modellierung zu gewinnen. Bei Schulen umfasste dies Personen der Schulleitung, bei Bürogebäuden das Personal.

Dabei wurden Aussagen mit Bezug auf regelmäßig genutzte Geräte und Zeiteinheiten getroffen (z.B. Benutzung der Kaffeemaschine 2mal am Tag (Büro), Benutzung des Projektors ø 25 Minuten pro Unterrichtsstunde (Schulen)). Ebenfalls wurde die Anwendung von Geräten besprochen, die z.B. in der Begehung nicht vorhanden oder sichtbar waren (z.B. eingeschlossene Lehr-Notebooks in Schulen). Ebenfalls dokumentiert wurden Aussagen zu Abwesenheitszeiten oder individuellen Betriebsabläufen.

Auf Grundlage der durchgeführten Befragungen, Herstellerunterlagen sowie Angaben zur Nutzungsintensität in der SIA 380/4 wurden für häufige Gerätekategorien (z.B. PC, Monitore, Beamer) typische Laufzeiten in den Zuständen „an“, „standby“ und „aus“ formuliert.

Für die detaillierte Untersuchung der Nutzungsintensität in Schulen wurde von sieben Schulen jeweils ein gesamter Jahresstundenplan raumweise bereitgestellt und ausgewertet, um die tatsächliche Nutzung der Klassenräume pro Jahr sehr genau zu berücksichtigen. Diese Auswertung war mit einem hohen Aufwand verbunden, der für die präzise Modellierung jedoch wertvolle Erkenntnisse lieferte. Für die Betrachtung der Gesamtnutzungstage eines Gebäudes im Jahr wurden für die Bürogebäude typische Arbeitstage pro Jahr und für die Schulen die Schultage im Schuljahr 2019/2020 berechnet.

5.2.8.3 Betriebszeiten von elektrischen Anlagen der Raumkonditionierung

Die Hausmeister des jeweiligen Objektes besitzen detaillierte Kenntnisse über den regulären Betriebsablauf des Gebäudes und die installierte Gebäudetechnik. Sie bildeten die zentrale Informationsquelle für z.B. die täglichen und saisonalen Betriebszeiten sowie die Bestandteile von Heizungs- und Lüftungs-

anlagen, die Lage bestimmter Technik innerhalb des Gebäudes und die Eigenschaften der Beleuchtungsinstallation innen und außen (Art der Leuchtmittel, Vorschaltgeräte). Für die Berechnung der jährlichen Betriebsstunden wurden je nach Gewerk unterschiedliche Grundlagen verwendet (Tabelle 13).

Tabelle 13 - Berechnungsgrundlage der Vollbetriebsstunden - Raumkonditionierung

Gewerk	Berechnungsgrundlage der Vollbetriebsstunden
Beleuchtung	• Angaben der VDI 3807-4, Tabelle 3, Vollbetriebszeit b^{BL}_{voll}, Verwendung nutzungsspezifischer Werte der Intensitäten sehr hoch - sehr gering • ggf. manuelle Anpassungen bei besseren Kenntnissen
Heizung	• Nutzung der Komponenten über die Dauer einer Heizperiode (280 Tage) • ggf. Anpassung bei besseren Kenntnissen durch Hausmeister • Laufzeit von Kesselanlagen: Abschätzung anhand des bekannten Wärmeverbrauches für einzelne Objekte (Maximallaufzeit der Anlagen) • Pumpen: Laufzeit entsprechend der Funktion im Gesamtsystem, allgemein auf Grundlage der mittleren Heizperiode
Kühlkälte	• vereinfacht in den hier betrachteten Fällen: dauerhafter Betrieb auf Grundlage der vorhandenen Abwärme (24h/d, 365d/a)
Trinkwarmwasser	• Betriebsstunden/Tag(Zirkulation) oder gewichtet nach Nutzungsintensität (Kleinspeicher: Ladung + Bereitschaft, Durchlauferhitzer: Betrieb)
Luftförderung	• tägliche Betriebszeiten der Anlage (Angaben Hausmeister) • Aussagen über die Nutzung ggf. möglicher Stufenregelung

5.2.8.4 Betriebszeiten von Zentralen Diensten, Diverser Technik und Außenbeleuchtung

Für alle weiteren vorhandenen elektrischen Verbraucher der Zentralen Diensten, Diversen Technik oder der Außenbeleuchtung wurden folgende Betriebszeiten berücksichtigt (Tabelle 14).

Tabelle 14 - Berechnungsgrundlage der Vollbetriebsstunden - Zentrale Dienste, Diverse Technik, Außenbeleuchtung

Zentrale Dienste	Berechnungsgrundlage der Vollbetriebsstunden
Serveranlagen	• dauerhaft an (24h/d, 365d/a)
Telefonanlagen	• dauerhaft an (24h/d, 365d/a)
Diverse Technik	**Berechnungsgrundlage der Vollbetriebsstunden**
Meldeanlagen	• vereinfacht: dauerhaft im Ruhemodus (24h/d, 365d/a)
Aufzugsanlagen	• vereinfacht: dauerhaft im Ruhemodus (24h/d, 365d/a) • ggf. Detaillierung bei besseren Kenntnissen
Sicherheitsbeleuchtung/Batterie	• Sicherheitsbeleuchtung: tägliche Betriebszeiten nach Angabe des Hausmeisters (maximal 24h/d) • Zentralbatterie und Steuerung: dauerhaft an (24h/d, 365d/a)
Druckerhöhung	• vereinfacht: dauerhaft im Ruhemodus (24h/d, 365d/a) • ggf. Detaillierung bei besseren Kenntnissen
Sprechanlagen	• vereinfacht: dauerhaft im Ruhemodus (24h/d, 365d/a)
Zentraluhr	• vereinfacht: dauerhaft im Ruhemodus (24h/d, 365d/a) • ggf. Detaillierung bei besseren Kenntnissen
Außenbeleuchtung	**Berechnungsgrundlage der Vollbetriebsstunden**
Außenbeleuchtung	• aufsummierte jährliche Stundenzahl zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang 2019 für den Standort Magdeburg (4280h/a) • ggf. Anpassung bei besseren Kenntnissen

Die Betriebszeit der Außenbeleuchtung kann je nach technischer Lösung (z.B. durch Dämmerungsschalter oder zentrale Steuerung) oder Standort von der Stundensumme zwischen Sonnenuntergang und -aufgang abweichen.

5.3 Methodik der Auswertungsdateien

5.3.1 Erstellte und benötigte Dateien

Im Laufe der Bearbeitung entstand eine Vielzahl von Einzeldateien, die mit ihren Informationen und Berechnungsergebnissen sinnvoll verknüpft werden mussten. Die folgende Abbildung 4 versucht, den komplexen Zusammenhang zu verdeutlichen.

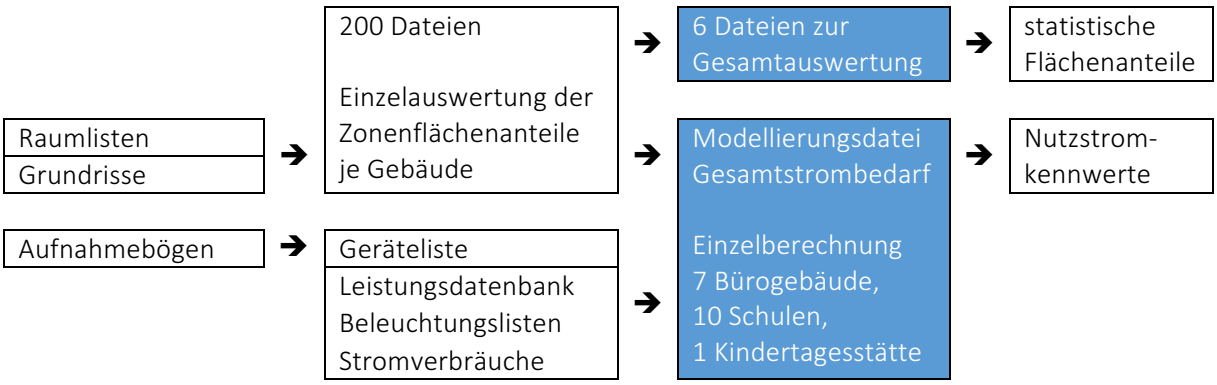

Abbildung 4 - Zusammenhang der Berechnung zur Erarbeitung von statistischen Flächenanteilen und Nutzstromkennwerten

Die Beschreibung der Auswertungsmethodik konzentriert sich auf die Berechnungsschritte der Gesamtflächenauswertungsdatei sowie auf die Modellierungsdatei für den Gesamtstrombedarf. Alle im Vorfeld hierfür verwendeten Dateien (z.B. Raumlisten) bilden nur reine Auflistungen von Daten.

5.3.2 Vorüberlegungen und technische Umsetzung

5.3.2.1 Anforderungen an die Handhabung

Als Grundziele der Berechnungsmethodik wurden mehrere Aspekte definiert:

- die Übersichtlichkeit der Auswertung,
- die Eignung einer Softwarelösung für die Abbildung der Berechnungszusammenhänge,
- eine möglichst dynamische und automatisierte Auswertung,
- die einfache Anpassbarkeit und Erweiterbarkeit der Dateivorlagen sowie
- eine Abbildung mit gängiger Software.

Für die Programmierung der Auswertungsdateien wurde das Programm Microsoft® Excel® in den Versionen 2017 für Mac und 2019 verwendet, da es sich für die Abbildung von Rechenprozesses als etabliertes Programm eignet und dem Projektbearbeiter vertraut ist. Um Inkompatibilitäten zu vermeiden und die Bearbeitung zu verbessern, wurde auf den Einsatz von Makros komplett verzichtet. Zum besseren Verständnis weiterer Vorüberlegungen werden drei maßgebliche Problemstellungen und deren gefundene Lösungsansätze näher beschrieben.

5.3.2.2 Problemstellung 1: Gleichzeitige Auswertung mehrerer Suchergebnisse

Die gewöhnliche Formelberechnung in Excel® zielt darauf ab, je Zelle ein Ergebnis auszugeben. Wird innerhalb eines Zellbereiches z.B. ein Wert nach bestimmten Kriterien gesucht, gibt das Programm nach Durchsuchen der Spalten und Zeilen des Tabellenblatts von links oben nach rechts unten das erste gefundene Suchergebnis zurück. Gibt es allerdings mehrere Suchergebnisse für ein Kriterium (z.B. mehrere

Räume mit der Nutzung Einzelbüro), wird innerhalb einer Berechnung nur der erste Treffer zurückgegeben – programmintern werden jedoch alle Ergebnisse ausgelesen.

Mithilfe sogenannter „Array"-Formeln (dt. Anordnung) besteht die Möglichkeit, alle Suchergebnisse innerhalb eines Bereiches zu sammeln. Dabei werden übliche Formeln mit einer speziellen Tastenkombination abgeschlossen, eine Array-Berechnung wird dabei in geschweifte Klammern {} gesetzt. In Kombination mit weiteren Formeln können so beispielsweise alle unterschiedlichen Ergebnisse (INDEX/VERGLEICH) nacheinander größensortiert ausgegeben (KGROESSTE bzw. KKLEINSTE) werden.

Diese Berechnungsmethodik wird u.a. verwendet, um alle unterschiedlichen Nutzungsprofile oder Räume innerhalb eines Gebäudes auszulesen und in einer Liste wiederzugeben.

5.3.2.3 Problemstellung 2: Dynamische, bedingte Auswahllisten (Drop-Down-Menüs)

Besonders bei der Modellierung des Gesamtstrombedarfs besteht die Anforderung, für jeden elektrischen Verbraucher aus verschiedenen tabellierten Angaben z.B. für Laufzeitanteile der Geräte zu wählen. Hierfür eignen sich Auswahllisten (auch Drop-Down-Menü genannt), die sich auf den zutreffenden Gültigkeitskreis hinterlegter Werte beziehen. Allerdings ist der Gültigkeitskreis oft durch verschiedene Faktoren veränderlich. Aus diesem Grund wurden z.B. für die Auswahl von Gerätelaufzeiten bedingte Auswahllisten programmiert, die bereits im Hintergrund die Werteauswahl dynamisch anpassen. Diese Methode reduziert erheblich die Bearbeitungszeit und sichert z.B. die Verwendung gleicher Laufzeitansätze.

5.3.2.4 Problemstellung 3: Übersichtlichkeit der Berechnung

Die Möglichkeit einer individuellen Auswertung erfordert die Programmierung von Zellbereichen, um unterschiedliche Datenmengen zu verarbeiten. Je nach Formelmechanismus werden Berechnungsergebnisse in ungenutzten Zellen mit dem Wert 0 oder einem Fehler zurückgegeben. In Summe leidet dadurch die Übersichtlichkeit der Berechnung, wenn große Tabellenbereiche nicht verwendet werden.

Um die Übersichtlichkeit der Auswertung zu wahren, wurde die Berechnung jeweils mit der Formel WENNFEHLER verknüpft, um bei einem Nullergebnis oder einem Berechnungsfehler keinen Wert in der betreffenden Zelle anzuzeigen. Hierdurch können die hinterlegten, nicht verwendeten Berechnungsbereiche regulär erhalten bleiben.

5.3.3 Detaillierte Berechnungssystematik – Gesamtflächenauswertung

5.3.3.1 Gesamtüberblick

Die Datei zur gesamten Flächenauswertung und zur Bestimmung statistischer Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche besteht aus den drei miteinander verknüpften Berechnungsblättern „Datenbank", „Suche" und „Auswertung" (Abbildung 5).

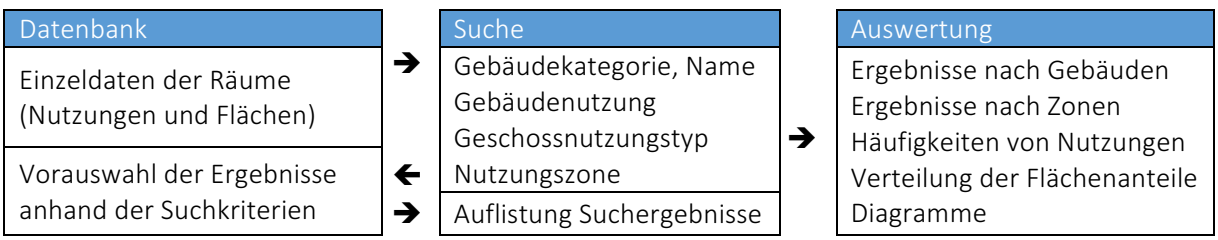

Abbildung 5 - Struktureller Zusammenhang der Flächenauswertungsdatei

Die Datengrundlage bilden die übertragenen Datensätze zur Flächen- und Zonenzusammensetzung aller Einzelgebäude, welche im Blatt „Datenbank“ in Form einer Liste hinterlegt sind. Im Blatt „Suche“ können nun in einer Suchmaske bis zu fünf verschiedene Kriterien gleichzeitig ausgewählt werden (z.B. wenn die Betrachtung nur die Regelgeschosstypen aller Schulen umfassen soll). Im Anschluss daran werden alle Einträge im Blatt „Datenbank“ durchsucht, die zutreffenden Suchergebnisse werden im Blatt „Suche“ in einer Liste dargestellt (maximal 1.500 Ergebnisse, erweiterbar). Im Blatt „Auswertung“ werden die Suchergebnisse automatisch nach Gebäuden und Nutzungszonen sortiert, aus den Eigenschaften der Verteilung (Häufigkeit, relative Flächenanteile) werden verschiedene Diagramme erstellt.

5.3.3.2 Tabellenblatt „Datenbank“

Die Ergebnisse der Einzelauswertungsdateien der 200 ausgewerteten Stichprobengebäude sind in systematisierten Listeneinträgen mit gleicher Strukturierung hinterlegt. Jeder Eintrag repräsentiert jeweils eine Nutzungszone in einem Geschoss bzw. einer Etage des Gebäudes und besitzt eine eindeutige Identifikationsnummer. Der Aufbau eines Beispieleintrages ist in Abschnitt 5.3.4.1 wiedergegeben.

5.3.3.3 Tabellenblatt „Suche“

Auf Grundlage hinterlegter Auswahllisten (Drop-Down-Menüs) können bis zu fünf Kriterien (Gebäudekategorie, Gebäudename, Gebäudenutzung, Geschossnutzungstyp, Nutzungszone) gleichzeitig für eine Suche in der Datenbank verwendet werden. Alle Suchergebnisse, die die gewählten Kriterien erfüllen, werden in einem Ergebnisbereich in Reihenfolge ihrer Identifikationsnummer dargestellt. Die Reihenfolge der Einträge oder Ergebnisse ist für die spätere Auswertung nicht relevant.

In einem internen Bereich werden für das Blatt „Auswertung“ automatisiert alle unterschiedlichen Gebäude, Etagenbezeichnungen und vorhandene Nutzungszonen ausgelesen.

5.3.3.4 Tabellenblatt „Auswertung“

Die im Blatt „Suche“ aufgelisteten Suchergebnisse werden in einer Tabelle mit allen Nutzungen und allen Einzelgebäuden aufgetragen. Für jedes Gebäude werden die zugehörigen Nettogrundflächen (absolute Werte) zonenweise aufaddiert. Alle Teilflächen werden danach zur Gesamt-Nettogrundfläche addiert. Die bisherige Auswertung umfasst maximal 46 Gebäude und 20 unterschiedliche Zonen, da dies das Maximum der bisher vorhandenen Datensätze in einer Gebäudekategorie bildet. Die Auswertung ist grundsätzlich erweiterbar.

Im Anschluss werden die absoluten Zonenflächenanteile mit Bezug auf die Gesamt-Nettogrundfläche des Gebäudes (oder des betrachteten Geschossnutzungstyps) in relative Zonenflächenanteile umgerechnet. Für die weitere Auswertung und die Diagrammerstellung folgen weitere Berechnungen z.B. zur Häufigkeit von Zonen, zur statistischen Verteilung der Werte (Minimum, Quartile, Median, Maximum) sowie eine Berechnung der Klassenhäufigkeit für die Darstellung des Histogramms. Eine mögliche Zusammenfassung mehrerer Zonen (z.B. Nutzungen 01+02) muss noch manuell ergänzt werden. Die Beschriftung und Ausgabe der Diagramme erfolgt weitgehend automatisch, zur besseren Übersicht kann die Reihenfolge der Zonendarstellung im Box-Plot-Diagramm und die Klassenbreite im Histogramm manuell angepasst werden.

5.3.4 Detaillierte Berechnungssystematik – Modellierung Gesamtstrombedarf

5.3.4.1 Gesamtüberblick

Die erstellte Berechnungsdatei zur Modellierung des Gesamtstrombedarfs setzt sich aus den drei Blättern „Leistungsangaben“, „Laufzeiten“ und „VDI 3807-4“ als Datengrundlage sowie dem zentralen Tabellenblatt „Berechnung“ zusammen (Abbildung 6).

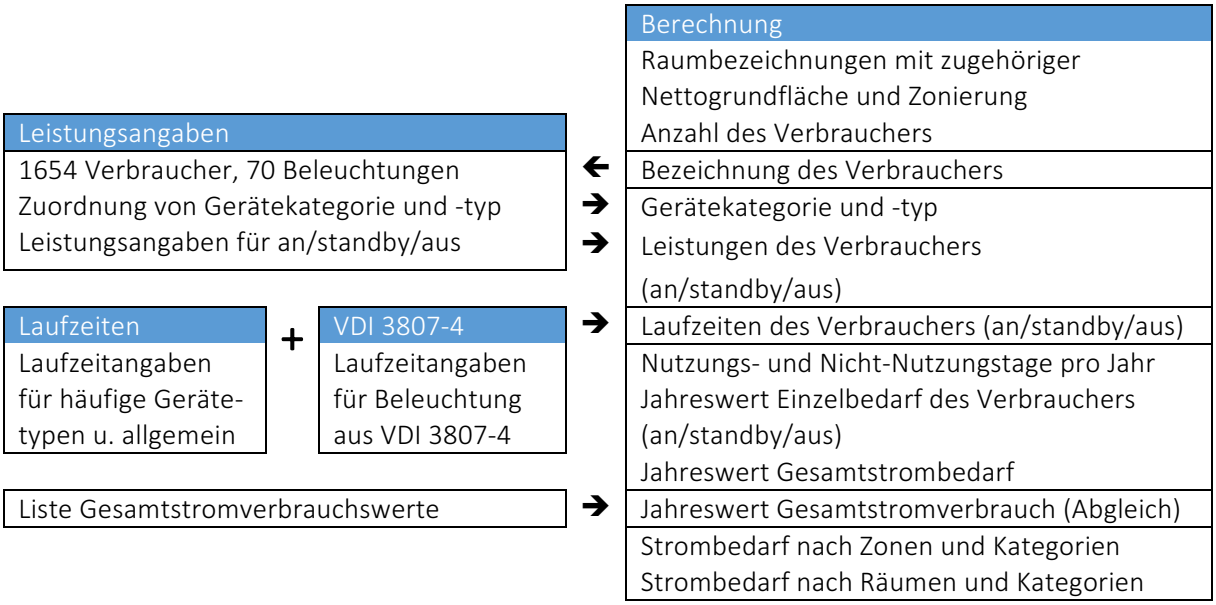

Abbildung 6 - Struktureller Zusammenhang der Modellierungsdatei Gesamtstrombedarf

Für jedes modellierte Gebäude wird eine Dateivorlage verwendet, bei der die Eingabe und Bearbeitung zentral im Blatt „Berechnung“ erfolgt. Alle zugehörigen Raumbezeichnungen mit zugehöriger Nettogrundfläche und Zonenzuordnung aus der Flächenauswertung werden eingefügt. In Form einer Liste werden zu jedem Raum alle vorgefundenen elektrischen Verbraucher (z.B. Arbeitshilfen, Beleuchtung) mit ihrer Anzahl und Bezeichnung zugeordnet.

Aus dem Blatt „Leistungsangaben“ werden für den eingegebenen Verbraucher die Gerätekategorie (z.B. „AH“ für Arbeitshilfen) und -typ (z.B. „Monitor“) sowie Angaben zur Leistungsaufnahme in den Betriebszuständen „an“, „standby“ und „aus“ automatisiert ergänzt. Je nach Verbraucher kann manuell aus unterschiedlichen hinterlegten Laufzeitprofilen die Betriebszusammensetzung ausgewählt werden. Hierfür werden Angaben aus dem Blatt „VDI 3807-4“ für die Beleuchtung und Angaben aus dem Blatt „Laufzeiten“ für die anderen Stromverbraucher zur Verfügung gestellt und bei entsprechender Auswahl automatisch ergänzt. Alternativ ist eine individuelle Eingabe möglich, wenn entsprechende Kenntnisse vorhanden sind.

Mit Angabe von Nutzungstagen pro Jahr folgt je Eintrag eine Berechnung der jährlichen Teilstrombedarfe für „an“, „standby“ und „aus“ sowie die Aufsummierung zu einem jährlichen Einzelbedarf. Die Summe aller Einzelbedarfe bildet den Gesamtstrombedarf des Gebäudes. Mit einem verfügbaren Jahreswert des Gesamtstromverbrauchs kann ein Abgleich erfolgen. Im Anschluss findet eine Rückrechnung der Bedarfsanteile auf die Gewerke nach Zonen und Einzelräumen von Zonen statt, wodurch eine differenzierte Untersuchung des Nutzerstromanteils möglich wird.

Für ein besseres Verständnis der einzelnen Berechnungsschritte wird die Modellierung anhand eines begleitenden Beispiels vereinfacht erklärt.

5.3.4.2 Tabellenblatt „Leistungsangaben“

A	B	C	D	E	F	G	H
Kategorie	Gerätetyp	Bezeichnung	P,max	Faktor	P,an	P,stby	P,aus
AH	Monitor	ABC 24 Zoll	26	0,70	18	0,30	0,30
AH	PC	PC Modell 123			23	1,50	0,90
AH	Aktenvernichter	SuperSchredder			150	-	-
BL	BL_fest	LSR 2*58W + EVG			110	-	-

Abbildung 7 - Schematisches Beispiel der Modellierungsdatei, Tabellenblatt „Leistungsangaben“

Das Blatt „Leistungsangaben“ enthält eine Datenbank aller in Begehungen aufgenommenen elektrischen Verbraucher (Abbildung 7). Diese Datenbank umfasst Anwenderhilfen und Nutzergeräte (z.B. PC, Beamer, Drucker) aber auch Verbraucher der Anlagentechnik (z.B. Beleuchtungen, Pumpen, Heizkessel). Für jeden Eintrag sind hinterlegt: das Kürzel der Kategorie (Spalte A), der Gerätetyp (Spalte B), die Detailbezeichnung (Spalte C) sowie die recherchierten Leistungsaufnahmen in den Betriebszuständen „an“, „standby“ und „aus“ (Spalten F-H). Alle Leistungen sind in Watt erfasst. Die Angaben zur Maximalleistung und ggf. einem Verhältnisfaktor zwischen Maximalleistung und Leistungsaufnahme im Zustand „an“ (Spalten D und E) sind ggf. ergänzend dokumentiert. Bei Bedarf ist die Ergänzung weiterer Angaben möglich.

Für die Modellierung werden die Angaben wie folgt verwendet: Eine im Blatt „Berechnung“ eingegebene Bezeichnung wird mit den Bezeichnungen in Spalte C verglichen. Bei Übereinstimmung werden alle weiteren Daten in das Blatt „Berechnung“ automatisiert übertragen.

5.3.4.3 Tabellenblatt „Laufzeiten“

A	B	C	D	E
t_allgemein	t_PC	t_Monitor		t_Beleuchtung
eigene	8/1//15	8/16//0		t_BL_sehr_gering
2/6//16	6/0,5//17,5	6/18//0		t_BL_gering

Abbildung 8 - Schematisches Beispiel der Modellierungsdatei, Tabellenblatt „Laufzeiten"

Um typische Laufzeitanteile für die Berechnung zu hinterlegen, wurden im Blatt „Laufzeiten“ für den allgemeinen Fall (Spalte A) oder für häufige Geräte- oder Anlagentypen (Spalten B, C, E) spezielle Laufzeitprofile entwickelt (Abbildung 8). Diese sind jeweils in Listen einer systematischen Bezeichnung zugeordnet („t_“ und Gerätetyp). Die Laufzeitangaben können drei verschiedene Formate aufweisen:

- z.B. **8/1//15** in Liste **t_PC**: Für den Verbraucher „PC“ ist je Nutzungstag (Summe 24 Stunden) ein Betrieb von 8 Stunden im Zustand „an“, 1 Stunde im Zustand „standby“ und 15 Stunden im Zustand „aus“ als mögliches Betriebsprofil hinterlegt. Wird im Blatt „Berechnung“ diese Angabe gewählt, werden die drei Laufzeitanteile in die Modellierung übertragen.
- **eigene**: Für den Verbraucher können später individuelle Laufzeiten angegeben werden. Diese Auswahlmöglichkeit besteht in allen hinterlegten Einzeltabellen.
- **t_BL_sehr gering:** Die Betriebszeit der Beleuchtung wird später nutzungsbezogen aus dem Blatt „VDI 3807-4“ für die Intensität „sehr gering“ die Berechnung übernommen.

Die Laufzeitangabe in Form von **an/standby//aus** wurde entwickelt, um drei Informationen innerhalb einer Auswahl zu verbinden. Die Trennzeichen / bzw. // sind erforderlich, um die Angaben auf einzelne Berechnungszellen zu separieren. Bei Bedarf ist eine Hinterlegung von Laufzeitprofilen z.B. für weitere Gerätetypen oder eine Erweiterung der bestehenden Angaben möglich.

5.3.4.4 Tabellenblatt „VDI 3807-4“

Für die Abschätzung der Betriebszeiten für Beleuchtung sind die Angaben der VDI 3807-4, Tabelle 3 [19] für die Vollbetriebszeit b^{BL}_{voll} hinterlegt (Abbildung 9). Die in der Norm angegebenen Werte sind nutzungsbezogen in fünf unterschiedliche Bedarfsklassen gegliedert (sehr gering, gering, mittel, hoch, sehr hoch) und weisen die Vollbetriebszeit der Beleuchtung in Stunden pro Jahr aus. Für eine Interpretation der Werte stehen tabellarische Angaben in der Norm zur Verfügung.

A	B	C	D	E	F
Nutzung	t_BL_sehr_hoch	t_BL_hoch	t_BL_mittel	t_BL_gering	t_BL_sehr_gering
Einzelbüro	1750	1400	1200	1200	550
Klassenzimmer	1250	900	750	650	400

Abbildung 9 - Schematisches Beispiel der Modellierungsdatei, Tabellenblatt „VDI 3807-4"

Verwendung in der Modellierung: Wird im Blatt „Berechnung“ eine Beleuchtung hinterlegt, können zur Laufzeit neben eigenen Angaben auch nutzungsbezogen die Werte der Norm ausgewählt werden. Wird z.B. in einem Klassenzimmer für die Laufzeit „t_BL_gering“ ausgewählt, wird automatisch der zutreffende Wert (hier 650h/a) in die Modellierung übernommen. Für ggf. spätere Berechnungen sind ebenfalls Laufzeiten für Kälteanlagen aus VDI 3807-4 nach derselben Systematik in der Datei hinterlegt.

5.3.4.5 Tabellenblatt „Berechnung“

Das Tabellenblatt „Berechnung“ fasst alle Flächennutzungsdaten sowie Art, Anzahl und Nutzungsintensität der Gerätenutzung eines Gebäudes detailliert zusammen. Es ermöglicht die Modellierung des Gesamtstrombedarfs und die Rückrechnung des Nutzerstrombedarfs auf Zonen und Räume.

Jedem Raum des Gebäudes werden die Anzahl und die Art der vorhandenen elektrischen Geräte und Anlagen mit ihren Leistungseigenschaften und den Laufzeiten in den typischen Betriebszuständen zugeordnet. Danach wird der Strombedarf jedes Elementes einzeln berechnet und aufaddiert. Die Auswertung ermöglicht die Differenzierung nach Räumen, Nutzungen und Gewerken sowie den Vergleich mit dem realen Stromverbrauch.

Die Berechnungsmethodik wird anhand eines Beispiels näher erläutert. Dabei wird die Berechnung des jährlichen Strombedarfs einzelner Verbraucher in einem fiktiven Einzelbüro dargestellt. In der Begehung wurde hierzu folgende beispielhafte Ausstattung erhoben und in den Leistungsangaben recherchiert:

Gebäude G100, Raum 0.01, Büro mit 1 Arbeitsplatz
1 PC „Modell 123“, 1 Monitor „ABC 24 Zoll“, 1 Aktenvernichter „SuperSchredder“
Beleuchtung: 2 Leuchten mit je 2 Leuchtstoffröhren (T8, 58W) und elektronischem Vorschaltgerät

Die Auswertung würde für den beschriebenen Raum wie folgt aussehen (Abbildung 10):

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Gebäude	Ebene	Raum-nummer	Raumbezeichnung		NGF [m^2]	Zonierung DIN V 18599	AP	NR
G100	EG	0.01	Büro 1AP		14,25	01 Einzelbüro	1	1
G100	EG	0.01						2
G100	EG	0.01						3
G100	EG	0.01						4

Abbildung 10 - Beispielauszug der Modellierungsdatei, Tabellenblatt „Berechnung" (1)

Nutzungsbezogene Angaben nach Räumen (Spalten A-H)

Die ersten Spalten des Tabellenblattes enthalten die zuvor erhobenen Nutzungs- und Flächendaten der Stichprobenuntersuchung. Hierbei sind die Gebäudenummer (Spalte A), die zugehörige Ebene (Spalte B), die Raumnummer mit zugehöriger Raumbezeichnung (Spalten C und D) sowie die Nettogrundfläche des Raumes (Spalte F) angegeben. Jeder Raum besitzt zudem eine Zuordnung zu einer Nutzungszone nach DIN V 18599-10 [7] (Spalte G). Für spezifische Informationen (z.B. Bei Büronutzungen die Anzahl der Arbeitsplätze im Raum) steht Spalte H zur Verfügung.

Die Zuordnung aller Einträge im Blatt erfolgt über die Raumnummer (Spalte C). Diese ist in der Bezeichnung frei wählbar (z.B. alphanumerisch), sie sollte jedoch zur eindeutigen Zuordnung nur einmal je Gebäude verwendet werden. Die Nettogrundfläche ist je Raum nur einmal anzugeben.

Zeile der Auswertung (Spalte I)

Jeder Eintrag besitzt eine laufende Nummer, die intern für die Auswertung der Einträge (z.B. der Raumbezeichnungen) verwendet wird. Es können grundsätzlich Zeilen eingefügt oder gelöscht werden, jedoch muss die Nummerierung ohne Lücken durchgängig erhalten bleiben.

Für jeden unterschiedlichen elektrischen Verbraucher ist ein neuer Zeileneintrag erforderlich. Die aktuelle Vorlage (Abbildung 11) ermöglicht die Eingabe und Auswertung von bis zu 1.080 Geräten (bisher größte Anzahl in einem Gebäude). Im beispielhaften Einzelbüro werden so vier Einträge benötigt.

J	K	L	M	O	P	Q	R	S	T
Anzahl	Kat.	Gerätetyp	Bezeichnung	Zone	P,max [W]	Faktor	P,an [W]	P,stby [W]	P,aus [W]
1	AH	Monitor	ABC 24 Zoll	01	26	0,70	18	0,30	0,30
1	AH	PC	PC Modell 123	01			23	1,50	0,90
1	AH	Aktenvern.	SuperSchredder	01			150	0,00	0,00
2	BL	BL_fest	LSR 2*58W + EVG	01			110	0,00	0,00

Abbildung 11 - Beispielauszug der Modellierungsdatei, Tabellenblatt „Berechnung" (2)

Anzahl (Spalte J) und Bezeichnung der Verbraucher (Spalte M)

Für jeden Raum werden anschließend jeweils die Anzahl (Spalte J) und die Bezeichnung (Spalte M) aller Verbraucher eingegeben. Sind für die verwendete Bezeichnung Informationen im Blatt „Leistungsangaben“ hinterlegt, werden diese automatisch in der Berechnung ergänzt.

Gerätekategorie (Spalte K) und Gerätetyp (Spalte L)

Die Abkürzung der Gerätekategorie und der zugehörige Gerätetyp werden anhand der Bezeichnung automatisch aus dem Blatt „Leistungsangaben“ ergänzt. Falls keine Angaben vorliegen, sind beide Einträge manuell zu ergänzen.

Leistungsangaben des Verbrauchers (Spalten P-T)

Wie auch bei der Gerätekategorie werden – wenn vorhanden – alle Leistungskennwerte aus dem Tabellenblatt „Leistungsangaben“ automatisch für den Verbraucher übernommen. Die Modellierung des Bedarfs beruht auf den Betriebszuständen „an“ (Spalte R), „Standby“ (Spalte S) und „Aus“ (Spalte T).

Zonenzuordnung des Verbrauchers (Spalte O)

Abweichend von der Zonenzuordnung des Raumes können Einzelverbraucher einer anderen Nutzung als der des Einzelraumes zugeordnet werden. Auf diese Weise ist es möglich, einzelne Verbraucher rech-

nerisch aus einem Raum herauszulösen, wenn zwischen ihnen im Strombedarf lokal kein Zusammenhang besteht. Beispiele sind hierfür elektrische Gartengeräte im Hausmeisterraum oder die Außenbeleuchtung. Für diese Fälle ist eine andere vorhandene oder die zusätzliche Nutzung „00 Gesamtgebäude“ wählbar, die Auswertung berücksichtigt dies entsprechend.

In einer früheren Version der Modellierungsdatei wurde eine andere Methodik der Eingabe verfolgt. Durch bedingte Auswahllisten wurden die Verbraucher anhand von dynamischen Auswahllisten (bedingte Drop-Down-Menüs) durch Auswahl der Kategorie, des Gerätetyps und letztlich der Herstellerbezeichnung eingegeben. Für diese Systematik mussten jedoch alle Informationen im Vorfeld mit einem höheren Aufwand eingepflegt werden, zudem ergab sich eine deutlich längere Bearbeitungszeit bei der Eingabe aller Verbraucher, weshalb diese Lösung nicht weiterverfolgt wurde.

V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD
Laufzeitprofil an/stby//aus	Betrieb [h]	Standby [h]	Aus [h]	Betriebstage pro Jahr [d/a]	Summe [h/a]	NN [h/a]	Rest-bedarf	P [W]
8/16//0	8	16	0	210	5040	3720	Standby	0,3
8/1//15	8	1	15	210	5040	3720	Aus	0,9
eigene	1	0	0	Stundenbezug	20	8740	Aus	0,0
t_BL_gering					1200	7560		

Abbildung 12 - Beispielauszug der Modellierungsdatei, Tabellenblatt „Berechnung" (3)

Für jeden eingegebenen Verbraucher sind Betriebszeiten für die Zustände „an“, „standby“ und „aus“ zu hinterlegen, um in Kombination mit den vorhandenen Leistungsaufnahmen einen jährlichen Strombedarf zu berechnen (Abbildung 12).

Nutzungs- und Nicht-Nutzungsstunden pro Jahr (Spalten Z bis AB)

Die Grundlage der Betrachtung bildet die Anzahl der Jahresstunden (8.760h/a), die in einen Zeitraum der Nutzung (Spalte AA) und einen Zeitraum der Nicht-Nichtnutzung (Spalte AB) unterteilt wird. Der Zeitraum der Nutzung kann aufgrund unterschiedlich vorliegender Nutzungsangaben auf drei verschiedene Wege berechnet werden:

- **Berechnungsvariante 1: Nutzungszeiten auf Grundlage einer Typologie**
  Die Angabe des Nutzungszeitraumes wird (hier bei Beleuchtung) direkt aus einer Typologie verwendet. Der vorhandene Wert besitzt bereits die Einheit [h/a]. Hierfür wird als Laufzeitprofil (Spalte V) eine entsprechende Nutzungsintensität (z.B. t_BL_gering) ausgewählt, der Nutzungszeitraum wird automatisch in Spalte AA ergänzt. Es ist keine weitere Angabe notwendig.

- **Berechnungsvariante 2: Nutzungszeiten auf Basis der Nutzungstage (Standardfall)**
  Die Angabe des Nutzungszeitraumes basiert auf der Angabe von Nutzungstagen pro Jahr (Spalte Z) und bildet den Standardfall der Berechnung. Ein gewähltes Laufzeitprofil (Spalte V) beschreibt die Zeitanteile der Betriebszustände in einem Zeitraum von 24 Stunden. Diese werden für die weitere Berechnung in die Spalten W, X und Y aufgeteilt. Das Produkt aus Nutzungstagen pro Jahr (d/a) und den Laufzeitangaben (24h/d) ergibt den Nutzungszeitraum pro Jahr [h/a]. Diese Betrachtung wurde gewählt, um eine Berechnung von z.B. Wochentagen und Wochenenden unabhängig zu machen.

  Im Berechnungsbeispiel wird diese Methode für den PC und den Monitor (1. und 2. Eingabezeile) verwendet. Für die Berechnung wurden hier 210 Nutzungstage angegeben.

- Berechnungsvariante 3: Individueller Stundenbezug
  Sind präzise Kenntnisse über die Nutzungszeit pro Jahr bekannt oder lassen sich Verbraucher dadurch sicherer abschätzen, kann eine detaillierte Rechnung mit Stundenbezug erfolgen. Hierzu wird als Laufzeitprofil (Spalte V) der Wert „eigene“ ausgewählt und in Spalte Z das Wort „Stundenbezug“ eingesetzt. Anschließend können Laufzeitanteile (Spalten W, X, Y) mit Bezug auf eine Stunde hinterlegt werden. In Spalte AA wird anschließend der Stundenumfang eingetragen, für den die Betriebsangaben gelten.

  Im Berechnungsbeispiel wird diese Methode für die Betriebszeit des Aktenvernichters verwendet, für den eine Nutzung von 20 Stunden/Jahr angegeben wurde (3. Eingabezeile). Diese Methode wurde z.B. verwendet, um die Nutzung von Beamern auf Basis der Unterrichtsstunden pro Jahr in Klassenzimmern zu berechnen.

Berechnung des Nicht-Nutzungszeitraumes, Bedarf bei Nicht-Nutzung (Spalten AB-AD)

Die verbleibenden Jahresstunden ohne Nutzung werden der Nicht-Nutzung (Spalte AB) zugeordnet. Da zahlreiche Verbraucher während dieser Zeit einen Strombedarf aufweisen, besteht die Möglichkeit einen Betriebszustand für diesen Zeitraum zu hinterlegen. Mit Auswahl eines Betriebszustandes (Spalte AC) wird automatisch die zutreffende Leistungsaufnahme ergänzt (Spalte AD).

Mit Angabe aller relevanten Nutzungsangaben folgt für jeden Verbraucher die Berechnung des Jahresstrombedarfs in den Zuständen „an“, „standby“, „aus“ und „Nichtnutzung (NN)“ (Abbildung 13).

AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN
t_Betrieb [h/a]	Q_Betrieb [kWh/a]	t_Standby [h/a]	Q_Standby [kWh/a]	t_Aus [h/a]	Q_Aus [kWh/a]	t_NN [h/a]	Q_NN [kWh/a]	Q_ges [kWh/a]
1680	30,24	3360	1,00			3720	1,12	32,36
1680	38,64	210	0,32	3150	2,84	3720	3,45	45,25
40	3,00					8720	0,00	3,00
1200	132,00					7560	0,00	132,00

Abbildung 13 - Beispielauszug der Modellierungsdatei, Tabellenblatt "Berechnung" (4)

Laufzeiten und Betriebszustände als Anteile am Jahresstrombedarf (Spalten AF-AN)

Auf Grundlage der hinterlegten Angaben ergibt sich für jeden vorhandenen Betriebszustand eine jährliche Laufzeit [h/a]. Werden die Laufzeiten mit der jeweils zutreffenden Leistungsangabe multipliziert, ergeben sich jährliche Strombedarfsanteile für „an“ (Spalte AG), „standby“ (Spalte AI), „aus“ (Spalte AK) und „Nichtnutzung“ (NN, Spalte AM). Die Summe aller Anteile (Spalte AN) ergibt den Jahresstrombedarf jedes eingetragenen Verbrauchers. Im oben aufgezeigten Beispiel ergibt sich so ein jährlicher Bedarf von 32 kWh/a für den Monitor, 45 kWh/a für den PC, 3 kWh/a für den Aktenvernichter sowie 132 kWh/a für die installierte Beleuchtung. Die Auswertung erfolgt ohne Rundung.

Abgleich des Gesamtstrombedarfs mit dem Gesamtstromverbrauch

Für jedes modellierte Gebäude liegen Jahresverbrauchswerte für den elektrischen Strom für ein oder mehrere aktuelle Jahre (2017, 2018 oder weitere) vor. Je nach Gebäudegroße und Form der Zählung liegen Angaben von Haupt- und Unterzählern vor. Das Ziel der Modellierung lag bei einer Näherung auf ±5% des Gesamtstromverbrauchs. Die ausführlichen Ergebnisse sind in Kapitel 6.5 näher beschrieben.

Rückrechnung des Gesamtstrombedarfs, Bestimmung des Nutzerstrombedarfs

Die Einzelbedarfe aller Verbraucher werden in der Rückrechnung zonen- und raumweise auf alle vorhandenen Gewerke aufgeteilt. Die Auswertung differenziert in Anlagentechnik (Beleuchtung, Heizung, Warmwasser, Luftförderung, Kühlkälte) sowie die weiteren Gruppen „Anwenderhilfen“, „Zentrale Dienste“, „Diverse Technik“ und Außenbeleuchtung.

Für die Bestimmung von Jahreskennwerten für den Nutzerstrombedarf werden raumweise alle Bedarfe für Anwenderhilfen aufaddiert und mit der zugehörigen Nettogrundfläche für die Kennwerterhebung verknüpft. Die so erhaltenen Ergebnisse werden anschließend gebäudeübergreifend und nutzungssortiert (z.B. alle Einzelbüros aus allen Gebäuden) ausgewertet.

5.3.5 Vorgehen bei der Modellierung

Während der Durchführung von Modellierungen hat sich eine Reihenfolge in der Bearbeitung entwickelt, die sich im Vorgehen als hilfreich ergab. Diese soll hier kurz wiedergegeben werden.

Bearbeitungsschritte der Modellierung:

- Hinterlegung von Laufzeiten bei dauerhaft betriebenen Verbrauchern (z.B. Sicherheitsbeleuchtung, Kühlschränke, Server mit Klimaanlagen, Router etc.)
- Betrachtung der Hauptnutzung (z.B. Gruppenbüro): für alle Geräte von A bis Z: Filterung nach gleichen Verbrauchern, Hinterlegung von Laufzeiten, Anpassungen aufgrund bekannter/vermutetet Abweichungen der Intensität (z.B. Kaffeemaschine in frequentierter Teeküche versus Einzelbüro, Netzwerkdrucker versus Arbeitsplatzdrucker), außer Beleuchtung
- Betrachtung der weiteren Nutzungszonen, Vorgehen analog, Hinterlegung von Laufzeiten bei Haustechnik (Pumpen, Server etc.), außer Beleuchtung
- Hinterlegung der Beleuchtungslaufzeit (ggf. Berücksichtigung von Steuerungssystemen)
- Ergänzung von Außenbeleuchtung
- Hinterlegung des Gesamtstromverbrauches, Plausibilitätskontrolle Haupt- und Unterzähler (eine vorherige Angabe macht „neugierig“ und kann die Modellierung beeinflussen)
- ggf. Anpassung von unsicheren Angaben, je nach Erfordernis Kontaktaufnahme zu Nutzern, Nachbegehungen, Messungen von Einzelverbrauchern etc.

5.3.6 Zeitaufwand der Modellierung

Für die 18 hier modellierten Gebäude wurde der Zeitaufwand jeweils dokumentiert (Abbildung 14).

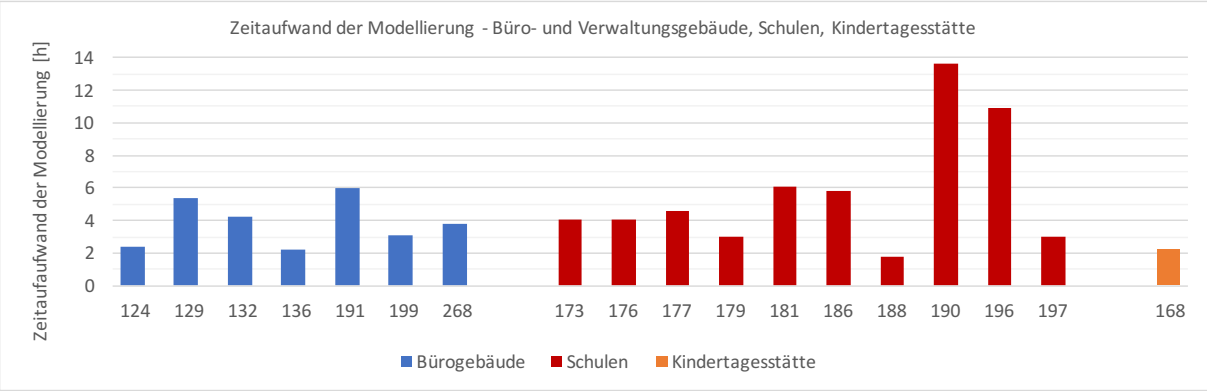

Abbildung 14 - Zeitaufwand der Modellierung (Gesamtstrombedarf)

Der Zeitaufwand für die Modellierung der Bürogebäude lag insgesamt bei 86 Arbeitsstunden, je Objekt absolut zwischen 2,4 und 6 Arbeitsstunden (ø ca. 4 Arbeitsstunden) bei Bürogebäuden und im Regelfall zwischen 1,8 und 6,1 Arbeitsstunden (ø ca. 4 Arbeitsstunden) bei Schulen und 2,3 Stunden bei der untersuchten Kindertagesstätte. Für besonders große Objekte umfasste der Zeitaufwand bis zu knapp 14 Arbeitsstunden. Umgerechnet auf die Nettogrundfläche ergibt sich im Mittel ein Modellierungsaufwand von 1,6h/1.000m^2 NGF bei den untersuchten Bürogebäuden, 1,0h/1.000m^2 NGF bei Schulen und 1,7h/1.000m^2 NGF bei der untersuchten Kindertagesstätte.

6 Ergebnisse

6.1 Statistische Zonenflächenanteile

6.1.1 Gebäudedatenherkunft und –verteilung der Gesamtstichprobe

In Abbildung 15 ist die Verteilung der Stichprobengebäude auf die Nutzungskategorien und Datenlieferanten dargestellt.

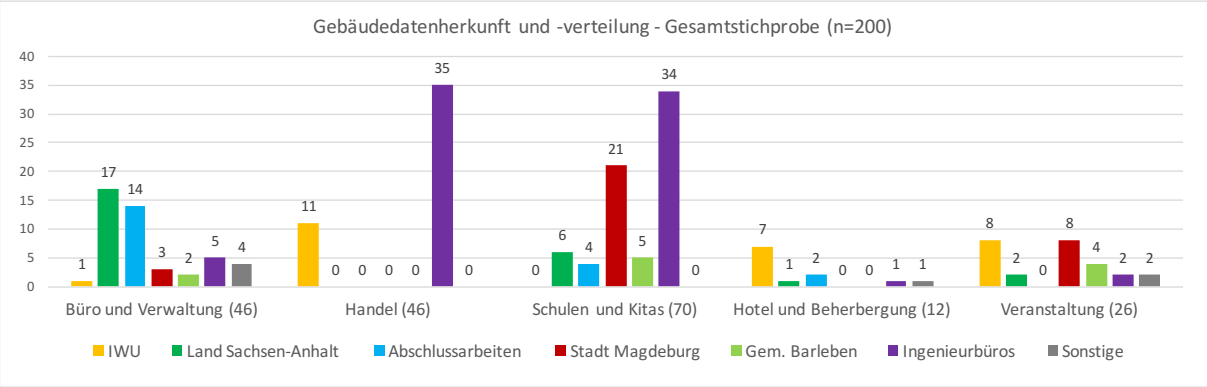

Abbildung 15 - Gebäudedatenherkunft und -verteilung in der Gesamtstichprobe

In den Kategorien „Büro und Verwaltung“, „Handel“ sowie „Schulen und Kitas“ konnte die geplante Anzahl von jeweils 40 Einzelgebäuden übererfüllt werden, bedingt durch ein häufiges Vorkommen im Gebäudebestand der Datengeber. Der geplante Gebäudeumfang konnte im Bereiche „Hotel und Beherbergung“ aufgrund schwieriger Datenbeschaffung sowie im Bereich „Veranstaltung“ durch eine limitierte Anzahl von Gebäuden im kommunalen Bereich nicht erreicht werden. In den Kategorien „Handel“ und „Hotel und Beherbergung“ wurden bestehende Datensätze des IWU sowie von Ingenieurbüros ausgewählt, um statistisch schwach repräsentierte Nutzungskategorien zielführend zu verstärken.

6.1.2 Gebäudedatenherkunft und –verteilung nach Nutzungskategorien

Die erhobenen Stichprobengebäude lassen sich in ihrer Einzelnutzung näher differenzieren. Zum besseren Verständnis der Zusammensetzung und der Herkunft der Datensätze sind die untersuchten Nutzungskategorien nachfolgend näher aufgeschlüsselt.

Der überwiegende Teil der betrachteten Büro- und Verwaltungsgebäude (46) umfasst Amtsgebäude der öffentlichen Verwaltung (25) oder private Unternehmenssitze (8). Weitere Gebäude ließen sich anhand ihrer speziellen Nutzung als Ministerium (6), Polizeigebäude (4), Rathaus (2) oder Gerichtsgebäude (1) einordnen. Die Mehrzahl der Gebäude wurde aus Daten des Land Sachsen-Anhaltes oder aus Abschlussarbeiten der Hochschule Magdeburg-Stendal erhoben (Abbildung 16).

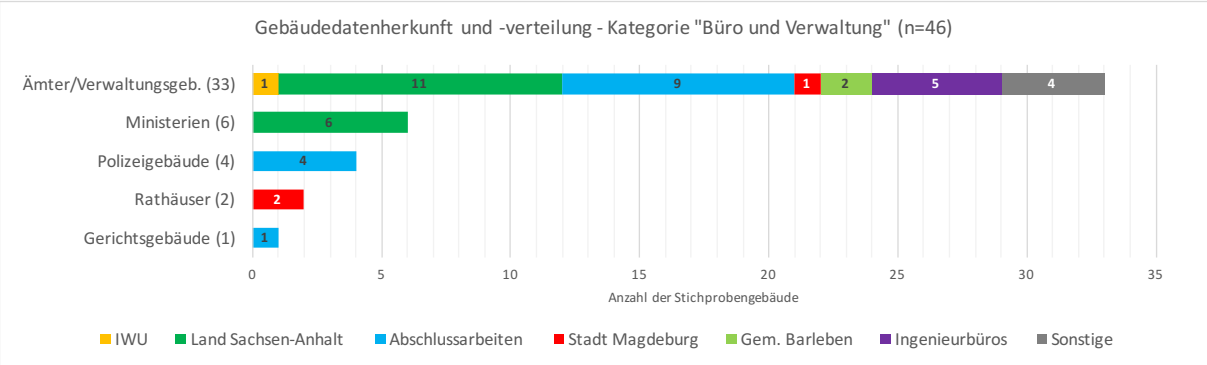

Abbildung 16 - Gebäudedatenherkunft und -verteilung - Kategorie "Büro und Verwaltung"

In der Kategorie „Schulen und Kitas“ (Abbildung 17) konnten 34 Kindertagesstätten und 36 allgemeinbildende Schulen erhoben werden. Die bereitgestellten Gebäudedaten für Kindertagesstätten stammen aufgrund zahlreicher bearbeiteter Neubauvorhaben der letzten Jahre von unterschiedlichen Ingenieurbüros. Eine Vielzahl von Gebäudedaten unterschiedlicher allgemeinbildender Schulen wurde durch das Kommunale Gebäudemanagement (KGm) der Landeshauptstadt Magdeburg bereitgestellt.

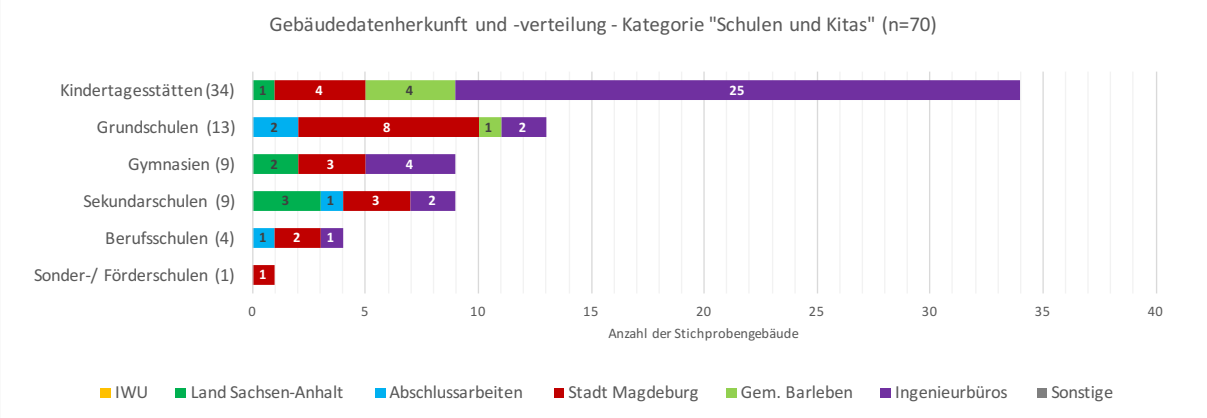

Abbildung 17 - Gebäudedatenherkunft und -verteilung - Kategorie "Schulen und Kitas"

Aufgrund privater Eigentumsverhältnisse und mehreren Absagen potenzieller Datengeber erwies es sich als schwierig, umfangreiche Gebäudedaten in der Nutzungskategorie „Handel“ zu erheben (Abbildung 18). Durch die Unterstützung verschiedener Ingenieurbüros, die an der Planung von Handelsgebäuden beteiligt waren, konnten zahlreiche Lebensmittelmärkte (26) und Einkaufszentren (7) als Stichprobengebäude aufgenommen werden. Aus bereitgestellten Daten des IWU Darmstadt wurden Gebäudeinformationen von Baumärkten sowie Kauf- und Warenhäusern ergänzt.

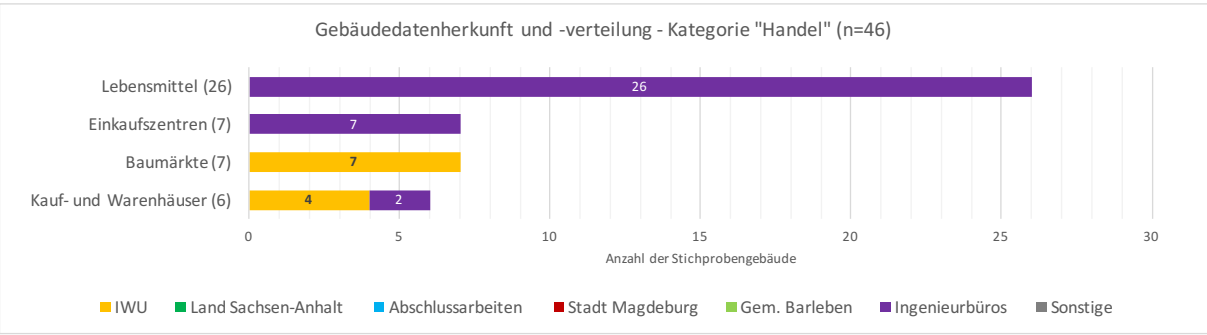

Abbildung 18 - Gebäudedatenherkunft und -verteilung - Kategorie "Handel"

Durch ähnliche private Eigentums- bzw. Betreiberstrukturen gestaltete sich die Erhebung von Hotel- und Beherbergungsgebäuden ebenfalls schwierig (Abbildung 19). Die Flächennutzungsdaten der Hotelgebäude (9) stammen maßgeblich aus den Daten des IWU, Gebäude zur Beherbergung bzw. Internate (3) konnten ergänzend eingebunden werden.

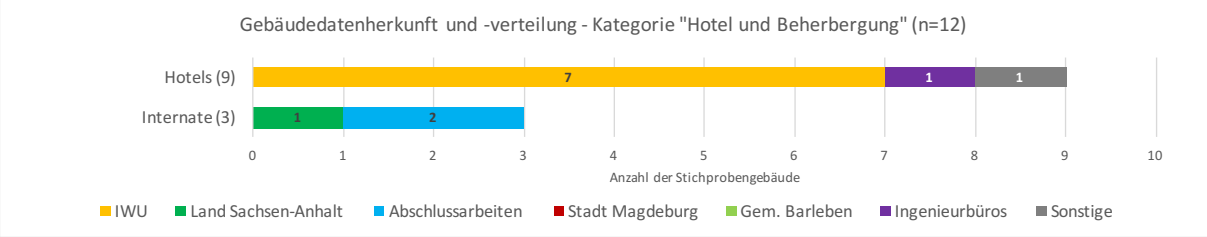

Abbildung 19 - Gebäudedatenherkunft und -verteilung - Kategorie "Hotel und Beherbergung"

Für die Nutzungskategorie „Veranstaltung“ konnten Nichtwohngebäude unterschiedlichster Nutzung erhoben werden (Abbildung 20). Die kommunale Trägerschaft zahlreicher Ausstellungs- und Veranstaltungsgebäude erleichterte die Aufnahme verschiedener Gebäude, durch die limitierte Anzahl von vorhandenen Veranstaltungsgebäuden wurde der Datenumfang durch vorhandene Gebäudedaten des IWU Darmstadt erweitert.

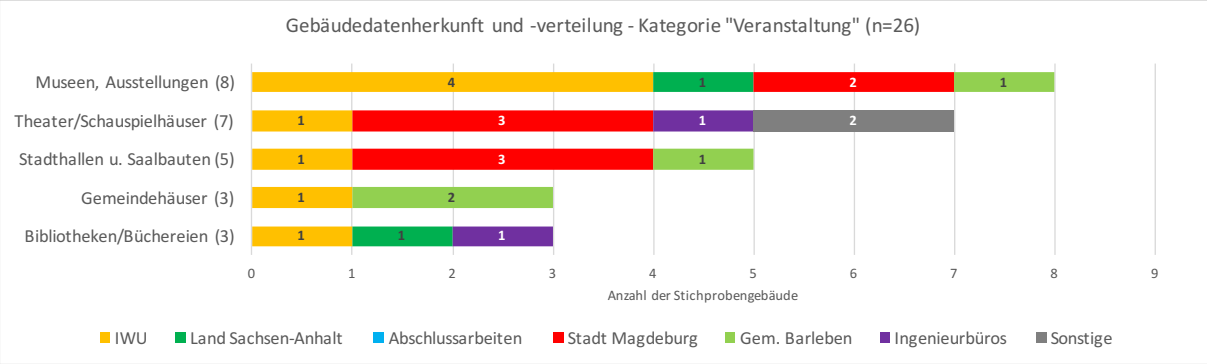

Abbildung 20 - Gebäudedatenherkunft und -verteilung - Kategorie "Veranstaltung"

6.1.3 Allgemeine Hinweise zur Ergebnisinterpretation

Die nachfolgend dargestellten Auswertungsergebnisse folgen einer immer identischen Systematik, die hier zum besseren Verständnis vorab allgemein beschrieben wird. Jede Ergebnisdarstellung besteht aus zwei zusammengehörigen Angaben, die sich auf die jeweils betrachtete Nutzungseinheit (Gesamtgebäude oder Geschossnutzungstypen) beziehen:

- **eine Häufigkeitsverteilung der auftretenden Nutzungszonen (je Nutzungseinheit) und**
- **die Angabe relativer Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche (je Nutzungseinheit)**

Für „Büro- und Verwaltungsgebäude“, „Schulen“ und „Kindertagesstätten“ sind Ergebnisse für das Gesamtgebäude sowie die Geschossnutzungstypen (Dach-, Regel- und Kellergeschosstyp) angegeben, für die Gebäudenutzungen „Handel/Lebensmittel“, „Hotel mit Restaurant“, „Museen“ und „Theater, Schauspielhäuser“ findet eine Auswertung auf Ebene der Gesamtgebäude statt.

Beispieldiagramm 1, „Häufigkeit von Zonen“: In der Kategorie „Schulen“ wurden insgesamt 36 Gebäude untersucht, von denen neun Gebäude den Geschossnutzungstyp „Dachgeschoss“ aufweisen. Abbildung 21 zeigt, welche Zonen in den untersuchten Dachgeschossen zu finden sind.

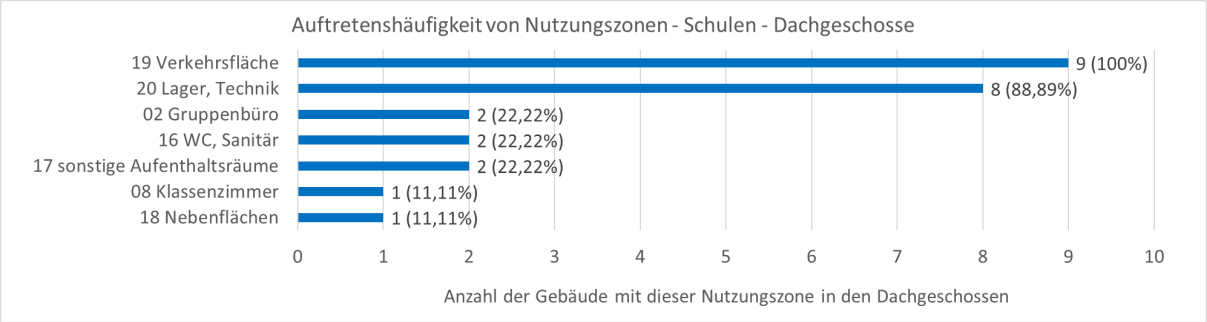

Abbildung 21 - Beispieldiagramm Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Schulen – Dachgeschosse

Während in allen neun Gebäuden Raumflächen vorkommen, die sich zu Nutzungsprofil „19 Verkehrsfläche“ (relative Häufigkeit 9/9=100%) zuordnen lassen, weisen nur acht Gebäude im Geschossnutzungstyp „Dachgeschosse“ Räume auf, die sich in das Nutzungsprofil „20 Lager, Technik“ einordnen lassen. In jeweils nur zwei Gebäuden befinden sich in „Dachgeschossen“ Räume der Nutzungen „02 Gruppenbüro“, „16 WC, Sanitär“ oder „17 Sonstige Aufenthaltsräume“ und in jeweils nur einem Gebäude Räume der Nutzungen „08 Klassenzimmer“ und „18 Nebenflächen“.

Die dargelegten Auswertungen mit Bezug auf Geschossnutzungstypen bilden einen Durchschnitt aller zugehörigen Etagen jedes Einzelgebäudes ab. Für die Vergleichbarkeit von Gebäuden untereinander besteht in der Interpretation kein Unterschied, ob z.B. ein Schulgebäude in der Realität zwei oder fünf Regelgeschosse besitzt. Relevant ist das qualitative Vorkommen eines Geschossnutzungstyps.

Für die Darstellung der relativen Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche der betrachteten Nutzungseinheit werden gruppierte Kastendiagramme (englisch Box-Whisker-Plot) verwendet, wobei jede Zone eine eigene Kastengrafik erhält. Zur näheren Erläuterung soll Abbildung 22 beitragen.

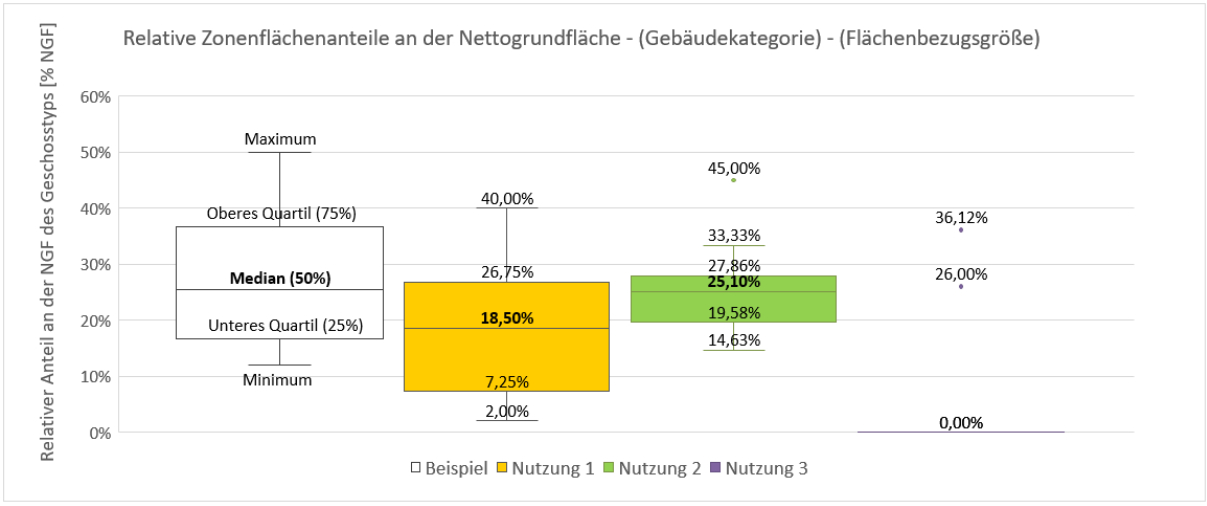

Abbildung 22 - Beispieldiagramm "Relative Zonenflächenanteile"

Mit einem Box-Whisker-Plot besteht die Möglichkeit, schnell und übersichtlich die statistische Verteilung einer Datenreihe wahrzunehmen. Dazu werden alle Werte der Größe nach sortiert und an charakteristischen Punkten bestimmter Häufigkeitsanteile vergleichend ausgewertet und dargestellt. Geometrisch besteht jedes Diagramm aus einem rechteckigen Kasten (engl. Box) und jeweils einer Antenne (Whisker) oberhalb und unterhalb des Kastens. Anhand der Datenreihe „Beispiel“ (Abbildung 22) werden diese Kennwerte in Tabelle 15 erläutert [2].

Tabelle 15 - Kennwerte eines Box-Whisker-Plots [2]

Kennwert	Beschreibung	Darstellung im Diagramm
Minimum	Das Minimum repräsentiert den kleinsten Einzelwert der Datenreihe.	Querstrich an der unteren Antenne (oder als Ausreißerpunkt)
Unteres Quartil (25%)	Die kleinsten 25% der Einzelwerte sind kleiner oder gleich diesem Wert.	Untere horizontale Linie des Kastens bzw. der Box
Median	Der Median teilt die Datenreihe in zwei gleichgroße Hälften. Die kleinsten 50% der Einzelwerte sind kleiner oder gleich diesem Wert.	Mittlere horizontale Line des Kastens, aus der Lage des Median lässt sich ggf. eine Schiefe der Verteilung erkennen
Oberes Quartil (75%)	Die kleinsten 75% der Einzelwerte sind kleiner oder gleich diesem Wert.	Obere horizontale Linie des Kastens bzw. der Box
Minimum	Das Maximum repräsentiert den größten Einzelwert der Datenreihe.	Querstrich an der oberen Antenne (oder als Ausreißerpunkt)

Die Ausdehnung der Box wird als **Interquartilsabstand** bezeichnet und beschreibt das Intervall, in dem die mittleren 50% der Einzelwerte, also zwischen unterem und oberem Quartil liegen. Die gesamte Ausdehnung der Grafik bildet die **Spannweite** der Verteilung und zeigt den gesamten Wertebereich auf. Die Länge der Antennen (Whisker) umfasst minimal bzw. maximal jeweils 1,5fachen Abstand zwischen unterem bzw. oberem Quartil zum Median. Liegen Werte außerhalb dieses Bereiches, werden sie als **Ausreißer** (bzw. Einzelpunkte) dargestellt [2].

Für die Grafik des Box-Plots der Nutzung 1 (Abbildung 22) wurde eine beispielhafte Verteilung hinterlegt. Der Wertebereich liegt zwischen minimal 2,00% und maximal 40,00%, wobei die Hälfte der Einzelwerte kleiner oder gleich einen Wert von 18,50% (Median) aufweisen. Die mittleren 50% der Reihenwerte befinden sich im Bereich zwischen 7,25% (unteres Quartil) und 26,75% (oberes Quartil). Die Spannweite des Datensatzes ist mit 38% (2,00-40,00%) jedoch vergleichsweise hoch, der relative Flächenanteil unterliegt einer hohen Streuung.

Der Interquartilsabstand, also die Länge der Box, ist bei Nutzung 2 ist Vergleich zu Nutzung 1 deutlich geringer, fast alle Einzelwerte der relativen Flächenanteile liegen in einem deutlich engeren Wertebereich. Die relativen Flächenanteile der Nutzung unterliegen einer geringeren Streuung. Allein ein Wert (45,00%) liegt deutlich über dem Verteilungsniveau, er wird als Ausreißer dargestellt.

Für Nutzung 3 liegen aufgrund eines seltenen Auftretens nur zwei Einzelwerte vor, aus denen keine Verteilung abgeleitet werden kann. Zur Vollständigkeit werden die Ergebnisse jedoch als einzelne Datenpunkte dargestellt.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden bei den nachfolgenden grafischen Auswertungen verschiedene Anpassungen vorgenommen:

- die grafischen Auswertungen umfassen (meist) nur die maßgeblich vorkommenden Nutzungsprofile der jeweils betrachteten Nutzungseinheit mit einer Verteilung
- die Beschriftungen wurden auf die Datenpunkte **unteres Quartil (25%)**, **Median (50%)** und **oberes Quartil (75%)** bei Verteilungen bzw. auf maximale Ausreißer bei Einzeldaten reduziert
- für jedes Nutzungsprofil wird eine wiederkehrende Farbdarstellung verwendet

Die vollständigen Werteangaben hinsichtlich der vorkommenden Nutzungszonen und deren jeweilige Anteile an der Nettogrundfläche sind tabellarisch dem Anhang zu entnehmen.

6.1.4 Detailauswertung „Büro und Verwaltungsgebäude“

6.1.4.1 Allgemeine Daten zur Gebäudestichprobe

Für die Untersuchung der Flächenanteile wurden alle 46 erhobenen Büro- und Verwaltungsgebäude herangezogen (Abbildung 23). Die Nettogrundfläche des kleinsten Objektes beträgt 352,90 m^2, die des größten 31.655,40 m^2. Die mittleren 50% der Stichprobengebäude weisen eine Nettogrundfläche zwischen 1.489,5 m^2 und 5.111,97 m^2 auf, wobei der Median der Objekte bei 2.494,08 m^2 liegt.

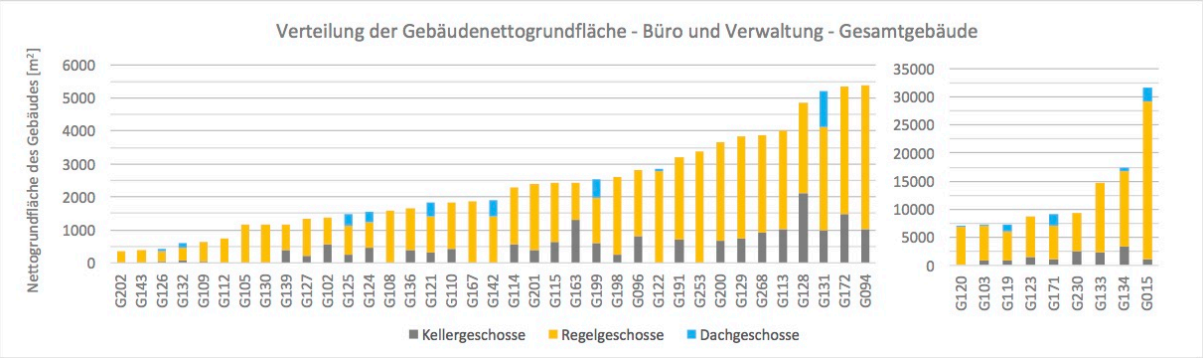

Abbildung 23 - Verteilung der Gebäudenettogrundfläche - Büro und Verwaltung - Gesamtgebäude

6.1.4.2 Häufigkeit von Nutzungszonen und relative Zonenflächenanteile – Gesamtgebäude

Die ausgewerteten Büro- und Verwaltungsgebäude weisen in der Gesamtbetrachtung Räume auf, die anhand der beschriebenen Kriterien zu 20 unterschiedlichen Nutzungsprofilen zugeordnet werden konnten. In allen Gebäuden traten Einzel-, Gruppen- oder Großraumbüroflächen einzeln oder in Kombination auf, allerdings war eine sichere Zuordnung von Räumen nach objektiven Kriterien aufgrund der unbekannten Nutzungsintensität vor Ort nicht möglich (z.B. wurden Einzelbüros mit 33 m^2 und Gruppenbüros mit 17 m^2 vorgefunden). Die Nutzungsprofile 01, 02 und 03 wurden so für weitere Betrachtungen zusammengefasst, wodurch letztlich 18 unterschiedliche Nutzungen bestehen. Die Häufigkeit des Auftretens ist in Abbildung 24 dargestellt.

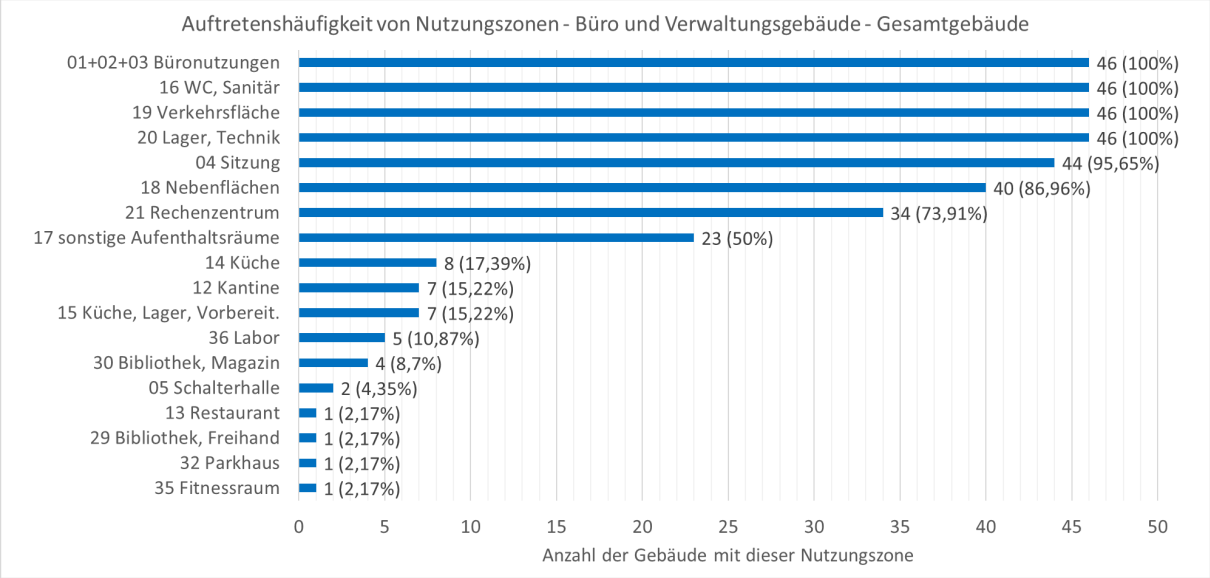

Abbildung 24 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Büro und Verwaltung - Gesamtgebäude

Alle 46 untersuchten Büro- und Verwaltungsgebäude weisen neben den Büronutzungen (01+02+03) notwendige Verkehrsflächen zur Erschließung sowie WC- und Sanitärflächen auf. Ebenfalls vorhanden in allen untersuchten Gebäuden sind Lager- und Technikflächen, die z.B. die notwendige Haustechnik oder Archive beinhalten. Bis auf die zwei kleinsten Gebäude besitzen alle weiteren (44) ausgewiesene Flächen für Sitzungsbereiche. Darüber hinaus wurden weitere Flächen den Nutzungen „18 Nebenflächen“ wie z.B. Teeküchen (40) oder „17 sonstige Aufenthaltsräume“ (23) zugeordnet.

In 34 Gebäuden konnte anhand der Raumbezeichnung ein Serverraum der Nutzung „21 Rechenzentrum“ zugeordnet werden. Es ist davon auszugehen, dass alle Bürogebäude aufgrund des technischen Ausstattungsstandards Servertechnik oder -komponenten betreiben. Ob diese in allgemein benannten Technikräumen oder innerhalb der Hauptnutzung betrieben wird, kann hier aufgrund von Ungenauigkeiten in den Raumbezeichnungen nicht abschließend beurteilt werden.

Eine gastronomische Versorgung weisen 8 der 46 auf, dabei versorgt jeweils eine Küche eine hauseigene Kantine (7) oder ein Restaurant (1). Vereinzelt treten auch Labornutzungen (5) auf, die aufgrund der speziellen Gebäudenutzung neben regulären Verwaltungsaufgaben erforderlich sind. In außergewöhnlichen Fällen konnten Bibliothek-, Fitness- oder Parkhausnutzungen vorgefunden werden.

Die relativen Flächenanteile der am häufigsten aufgefundenen Nutzungsprofile sind in Abbildung 25 mit Bezug auf die Gesamtgebäude dargestellt.

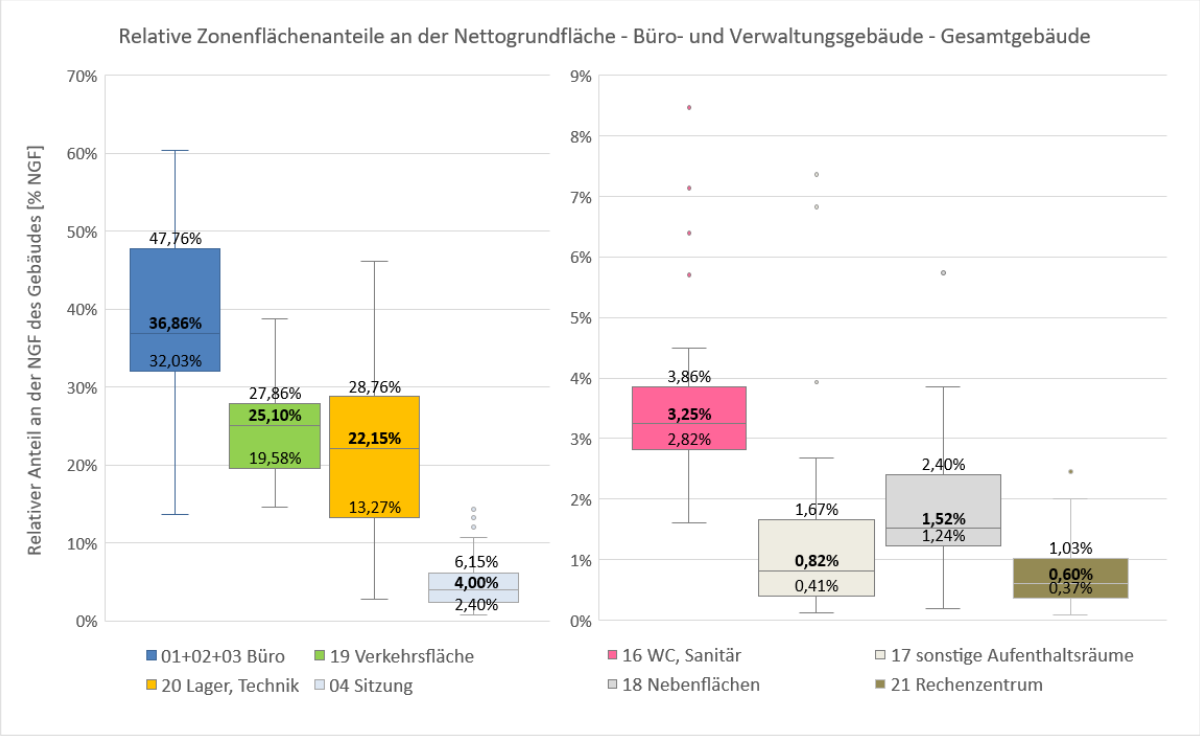

Abbildung 25 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Büro und Verwaltungsgebäude - Gesamtgebäude

Den größten relativen Flächenanteil am Gesamtgebäude weisen wie erwartet die Büronutzungen auf, gefolgt von Verkehrsflächen und Bereiche für Lager und Technik. Die Betrachtung des Gesamtgebäudes lässt große Streuungen bzw. große Interquartilsabstände bei Büroflächen (15,73%) und Lager-/Technikflächen (15,49%) erkennen. Durch vorhandene Keller- oder Dachgeschossnutzungen sinkt der relative Flächenanteil von Büronutzungen, der Anteil der Lager- und Technikflächen wächst.

Die Verkehrsflächen der untersuchten Gebäude weisen eine deutlich geringere Streuung für die mittleren 50% der Einzelwerte auf, ebenfalls liegen die WC- und Sanitärflächen in einem verhältnismäßig geringen Bandbreitenbereich. Die relativen Flächenanteile von sonstigen Aufenthaltsräumen, Nebenflächen und Rechenzentren besitzen einen hohen Wertebereich, allerdings ist ihr absoluter Anteil an der Nettogrundfläche mit 0,60% bis 1,52% im Medianwert sehr gering.

Um in einer detaillierteren Betrachtung die relativen Nutzflächenanteile präziser zu beschreiben, folgte eine Analyse der Büro- und Verwaltungsgebäude anhand der individuell vorhandenen Geschossnutzungstypen (Abbildung 26).

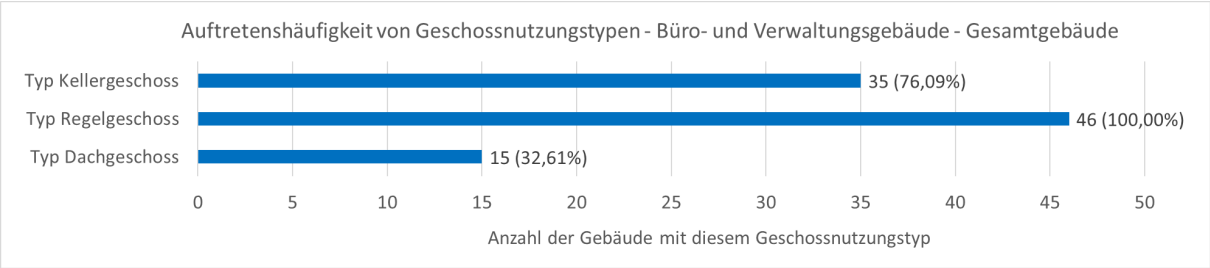

Abbildung 26 - Auftretenshäufigkeit von Geschossnutzungstypen - Büro- und Verwaltungsgebäude - Gesamtgebäude

Von den untersuchten 46 Büro- und Verwaltungsgebäuden besitzen in näherer Betrachtung 35 ein oder mehrere Etagen, die sich dem Geschossnutzungstyp „Kellergeschoss“ zuordnen lassen, darüber hinaus lassen sich in 15 Gebäuden Etagen des Geschossnutzungstyps „Dachgeschoss“ beobachten.

6.1.4.3 Häufigkeit von Nutzungszonen und relative Zonenflächenanteile – Kellergeschosstypen

Die Untersuchung der vorhandenen Kellergeschosstypen der jeweiligen Gebäude ergab die in Abbildung 27 dargestellten Häufigkeiten von Einzelnutzungen.

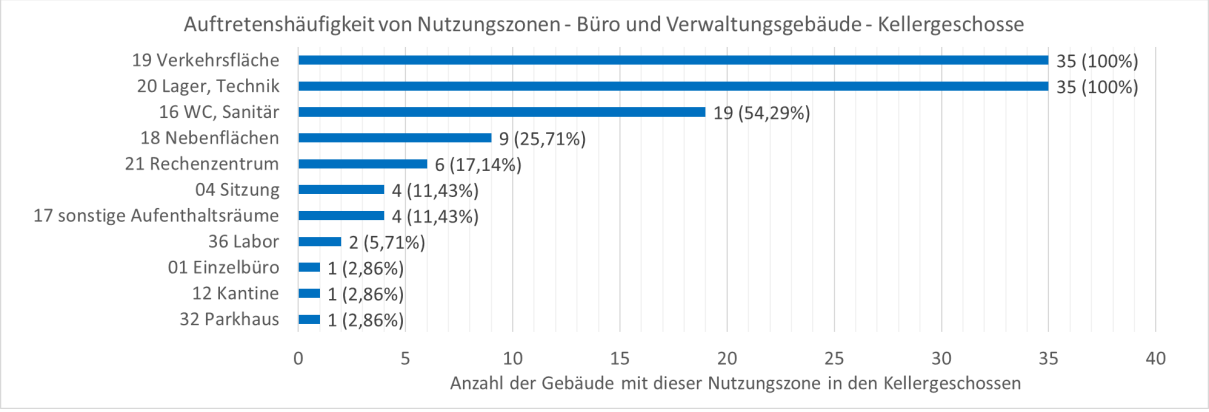

Abbildung 27 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen – Büro- und Verwaltung - Kellergeschosstypen

In allen 35 Kellergeschosstypen sind Bereiche für Verkehrsflächen und Lager- und Technik vorhanden, letztere bilden üblicherweise den Ort für die notwendige zentrale Haustechnik. In etwas mehr als der Hälfte der Kellergeschosse (19 von 35) sind ebenfalls WC- und Sanitärflächen untergebracht. Zusätzlich werden die Etagen unterhalb der regulären Nutzungsebenen in Einzelfällen z.B. für Nebenflächen (9), die Unterbringung der EDV-Zentrale (Rechenzentrum, 6), Sitzungsflächen (4), die Kantine (1) oder für ein Parkhaus (1) genutzt.

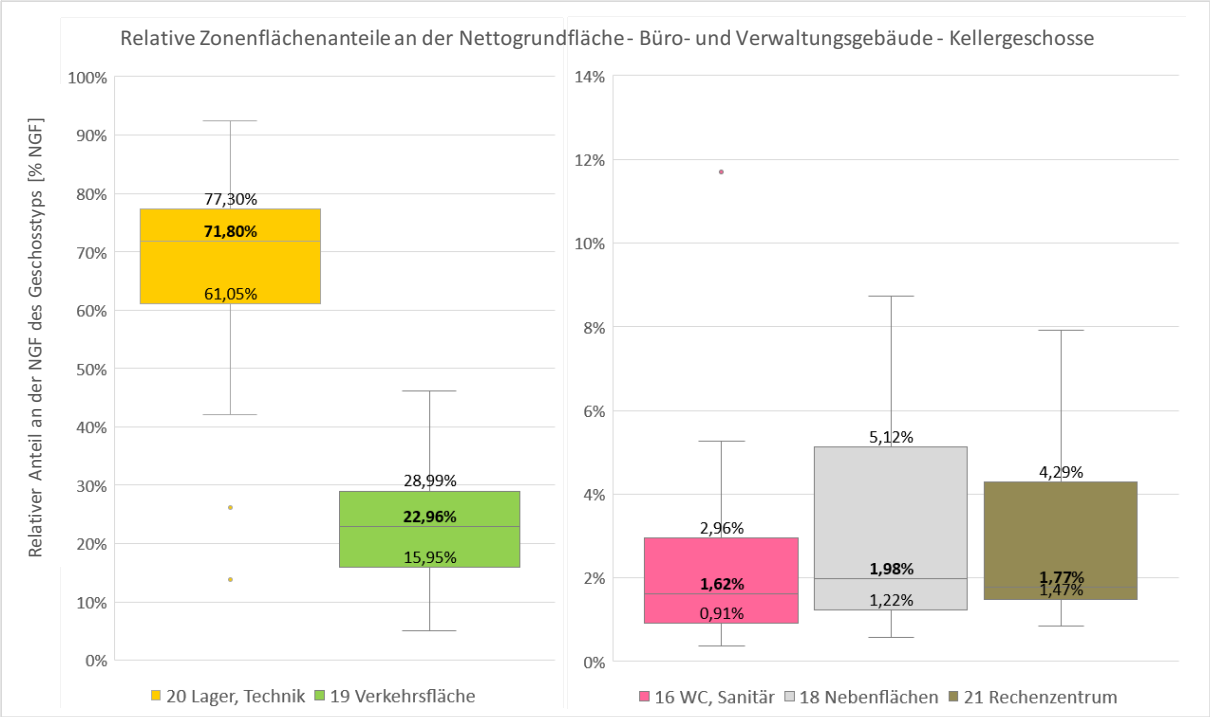

Abbildung 28 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Büro- und Verwaltungsgebäude - Kellergeschosstypen

Vorherrschend in der Flächennutzung sind die regulär vorkommenden Lager- und Technikflächen sowie die notwendigen Verkehrsflächen (Abbildung 28). Sie bilden zusammen im statistischen Wertemittel einen Anteil von mehr als 94% der Nettogrundfläche. Kommen weitere Nutzungen im Einzelfall vor, reduzieren sie maßgeblich den Anteil der Lager- und Technikflächen.

6.1.4.4 Häufigkeit von Nutzungszonen und relative Zonenflächenanteile – Regelgeschosstypen

Die Etagen des Geschossnutzungstyps „Regelgeschoss“ bilden den Kern der Gebäudenutzung und beinhalten die regulären Aufenthaltsbereiche. Abbildung 29 zeigt die Häufigkeit aller unterschiedlichen Nutzen, die in den untersuchten Büro- und Verwaltungsgebäuden aufgefunden wurden.

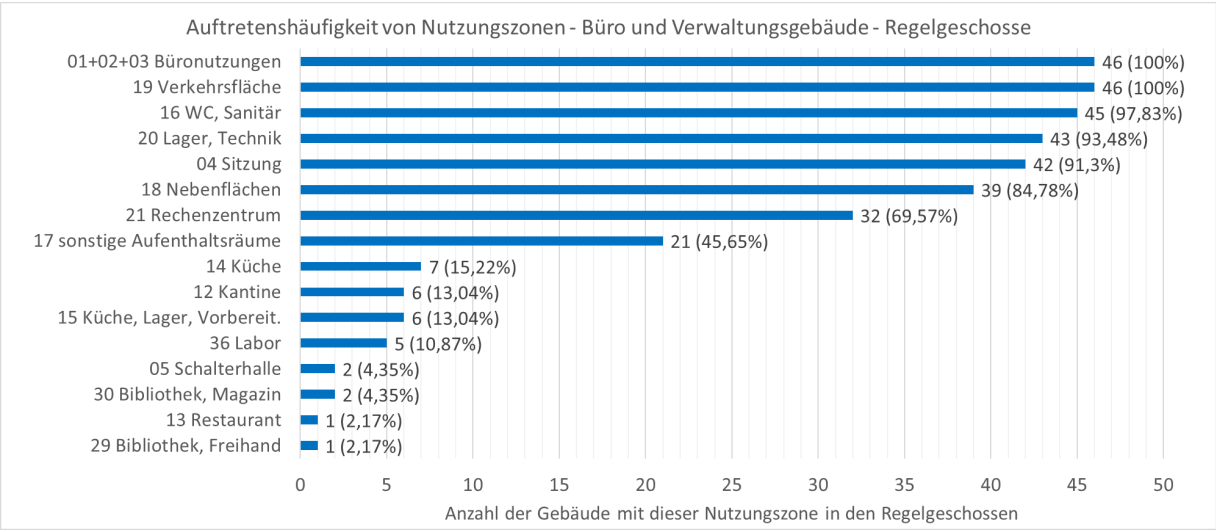

Abbildung 29 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Büro- und Verwaltungsgebäude - Regelgeschosstypen

Die Summe aller Büronutzungen sowie Verkehrsflächen sind Bestandteil aller 46 Regelgeschosstypen der untersuchten Gebäude. Es fällt allerdings auf, dass nicht alle Gebäude in diesem Nutzungsbereich zugehörige WC- und Sanitärflächen (45), Lager- und Technikflächen (43) oder Sitzungsbereiche (42 von 44 Gebäuden mit dieser Nutzungszone) besitzen. Die Erklärung hierfür ist die vereinzelte, teils alleinige Unterbringung dieser Nutzflächen in Keller- oder Dachgeschossbereichen, wenn diese baulich zur Verfügung stehen.

In mehr als der Hälfte der regulären Nutzetagen sind Nebenflächen (39, z.B. Teeküchen) mit zentralem Charakter für alle Mitarbeiter vorhanden. Ebenfalls befindet sich ein Großteil der EDV-Zentralen (Rechenzentrum, 32) in diesen Bereichen, u.a. aus Gründen der Zugänglichkeit und dem Schutz vor möglich Feuchtigkeitsschäden in Kellergeschosstypen. Ergänzende Nutzungen bilden gastronomische Bereiche mit Anspruch an die Tageslichtversorgung, Labore, Bibliotheknutzungen oder Schalterhallen bei öffentlichen Dienstleistungsangeboten.

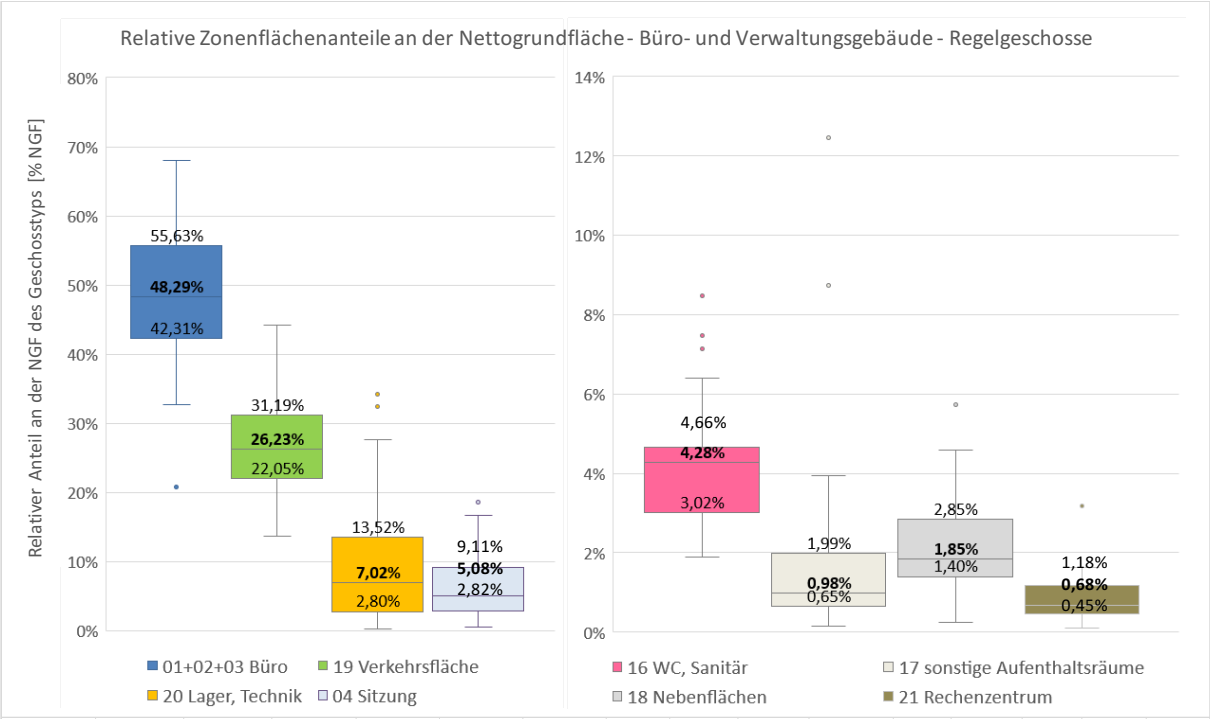

Abbildung 30 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Büro- und Verwaltungsgebäude - Regelgeschosstypen

Die größten Anteile der Nettogrundfläche entfallen auf Büronutzungen mit 48,29% im Median und Verkehrsflächen mit 26,23% im Median der Verteilung, wobei die Verkehrsflächen einen geringeren Interquartilsabstand (9,14%) und damit eine geringere Streuung der mittleren Einzelwerte aufweisen (Abbildung 30). Das Vorhandensein weiterer Keller- oder Dachgeschosse beeinflusst den Anteil der Lager- und Technikflächen. Sind keine anderen Bereiche für die Haustechnik verfügbar, erhöht sich ihr Anteil. Nennenswerten Anteile an der Nettogrundfläche besitzen auch Sitzungs- und Sanitärflächen, wobei letztere in einer geringeren Bandbreite vorkommen. Ergänzende Nutzungen wie sonstige Aufenthaltsräume, Nebenflächen und Rechenzentren umfassen nur sehr geringe Anteile der Nettogrundflächen.

Als minimale Zusammensetzung der Flächenanteile lassen sich Verkehrs-, Büro-, Sanitär- und geringfügige Lagernutzungen ableiten, die zusätzliche (notwendige) Einbindung weiterer Nutzungszonen reduziert in erster Linie die Büroflächenanteile.

6.1.4.5 Häufigkeit von Nutzungszonen und relative Zonenflächenanteile – Dachgeschosstypen

In 15 Büro- und Verwaltungsgebäuden wurden einzelne oder mehrere Geschosse bzw. Etagen vorgefunden, die sich anhand ihrer Nutzungseigenschaften und ihrer Lage oberhalb regulär genutzter Etagen in den Typ „Dachgeschoss“ einordnen lassen. Abbildung 31 zeigt die Häufigkeiten der identifizierten Nutzungen auf.

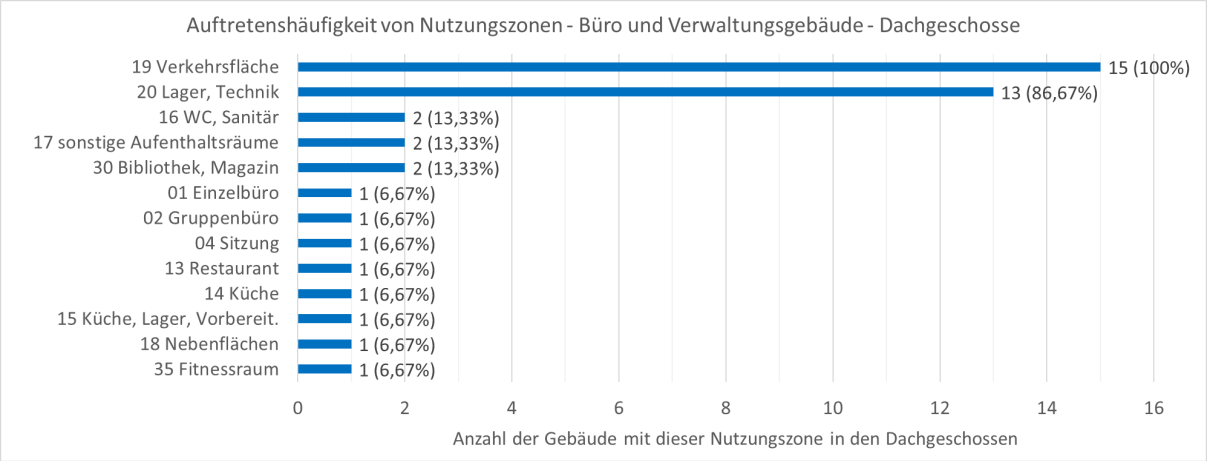

Abbildung 31 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Büro- und Verwaltungsgebäude - Dachgeschosstypen

Auf den ersten Blick lässt sich eine ähnliche Häufigkeitsverteilung wie in den Kellergeschosstypen erkennen, allerdings konzentriert sich die Flächennutzung deutlich stärker auf Verkehrsflächen und Lager- bzw. Technikbereiche. Alle weiteren vorgefundenen Nutzungsbereiche treten nur sehr vereinzelt – dann aber mit nennenswertem Anteil an der Gesamtfläche auf, wie sich in der Verteilung der Zonenflächenanteile in Abbildung 32 erkennen lässt.

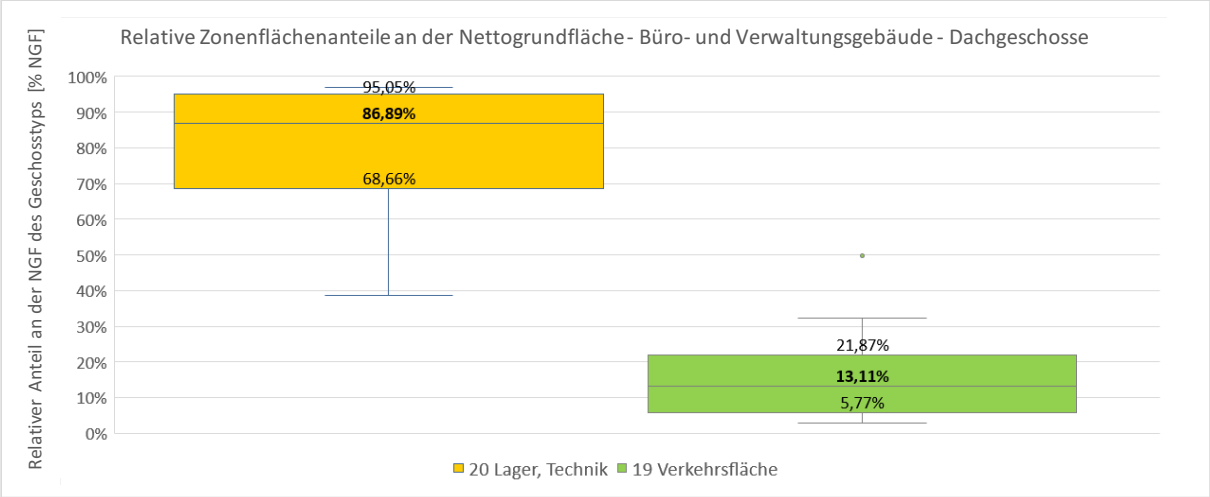

Abbildung 32 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Büro- und Verwaltungsgebäude - Kellergeschosstypen

Die regelmäßig vorkommenden Lager- und Verkehrsflächen umfassen mit Betrachtung der Medianwerte der Verteilungen in der Mehrzahl die nahezu gesamte Nettogrundfläche der Dachgeschossnutzungen. Für die großen Wertebereiche beider Nutzungen lassen sich verschiedene Einflüsse ableiten: Je nach Erschließung können neben alleinigen Treppenhäusern notwendige Flure innerhalb der Etagen den Anteil der Verkehrsflächen insgesamt erhöhen. Gleichzeitig verringern sich dadurch die Flächenanteile der Lager- und Technikbereiche. Kommen zusätzliche Nutzungen dazu, reduziert sich in erster Linie der relative Anteil der Lager- und Technikflächen weiter.

6.1.5 Detailauswertung „Schulen“

6.1.5.1 Allgemeine Daten zur Gebäudestichprobe

Für die Untersuchung der Flächenanteile wurden alle 36 erhobenen Schulen herangezogen. Die Nettogrundfläche des kleinsten Objektes beträgt 597,18 m^2, die des größten 16.700,49 m^2. Die mittleren 50% der Stichprobengebäude weisen eine Nettogrundfläche zwischen 2.940,93 m^2 und 6.745,29 m^2 auf, wobei der Median der Objekte bei 4.205,01 m^2 liegt. Die grafische Verteilung und Zusammensetzung ist im Überblick in Abbildung 33 dargestellt.

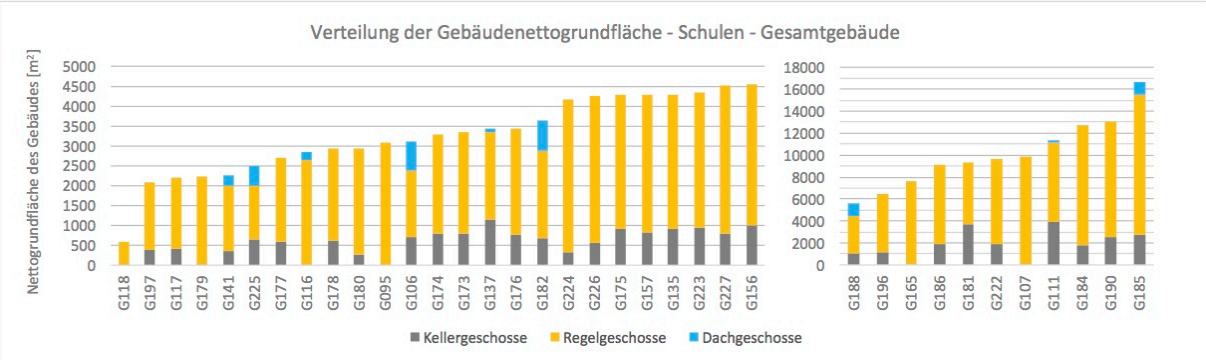

Abbildung 33 - Verteilung der Gebäudenettogrundfläche - Schulen - Gesamtgebäude

6.1.5.2 Häufigkeit von Nutzungszonen und relative Zonenflächenanteile – Gesamtgebäude

Die ausgewerteten Schulen weisen in der Gesamtbetrachtung Räume auf, die anhand der beschriebenen Kriterien zu 17 unterschiedlichen Nutzungsprofilen zugeordnet werden konnten. Durch die Zusammenfassung der Büronutzungen 01 und 02 aufgrund wechselnder Belegung und geringe absolute Flächenanteile reduziert sich die Betrachtung auf 16 unterschiedliche Nutzungen, die in ihrer Häufigkeit in Abbildung 34 aufgezeigt werden.

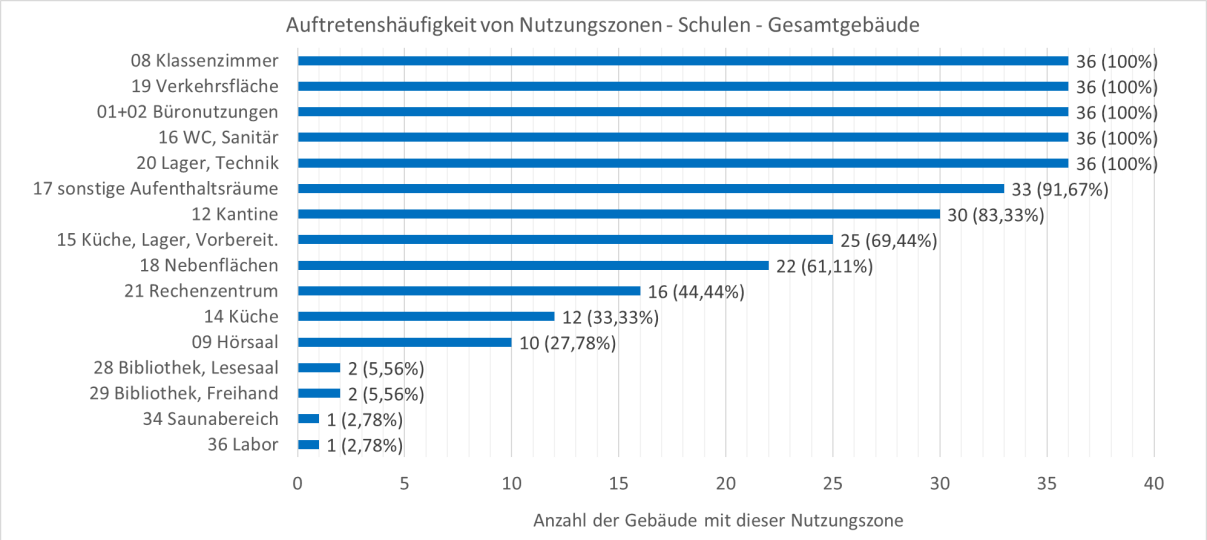

Abbildung 34 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Schulen - Gesamtgebäude

Die elementaren Nutzungsbestandteile aller Schulgebäude bilden die Nutzungen „08 Klassenzimmer“ als Hauptnutzung, „19 Verkehrsflächen“ zur Erschließung des Gebäudes, „01+02 Büronutzungen“ für die Verwaltung (Schulleitung, Sekretariat), „16 WC- und Sanitär“ für notwendige Sanitäreinrichtungen,

sowie „20 Lager, Technik“ für die Unterbringung erforderlicher Haustechnik und Unterlagen. In Abhängigkeit der Objektgröße und der Lehrausrichtung kommen weitere Nutzungen hinzu. Fast alle der untersuchten Schulen (33) besitzen Vorbereitungs- und Sammlungsräume, die der Nutzung „17 Sonstige Aufenthaltsräume“ zugeordnet wurden. Ebenfalls regelmäßig besitzt der überwiegende Teil der Objekte (30) eine gastronomische Versorgung, die durch das Vorkommen einer Kantinennutzung sichtbar wird. Die Essensversorgung wird in den meisten untersuchten Schulen durch einen externen Dienstleister übernommen, das Essen wird danach in Vorbereitungsküchen oder Pausenversorgungsbereichen mit Küchenequipment portioniert und ausgegeben. Allein in den flächengrößten analysierten Schulen waren gewerblich genutzte Küchen vorhanden.

Eine vorhandene Aula, die regulär nur für z.B. Veranstaltungen und Proben genutzt wird, besitzen 10 der untersuchten Schulen (Einordnung in die Nutzung „09 Hörsaal“). Vereinzelt konnten abschließend Nutzungsbereiche für Bibliotheken (2), physikalische und chemisch Labore für die Berufsausbildung (1) sowie ein Therapiebeckenbereich in einer Sonderschule (1) erhoben werden. Die relativen Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche des Gesamtgebäudes sind aufgrund der Vielzahl häufig vorkommender Nutzungen in Abbildung 35 und Abbildung 36 skizziert.

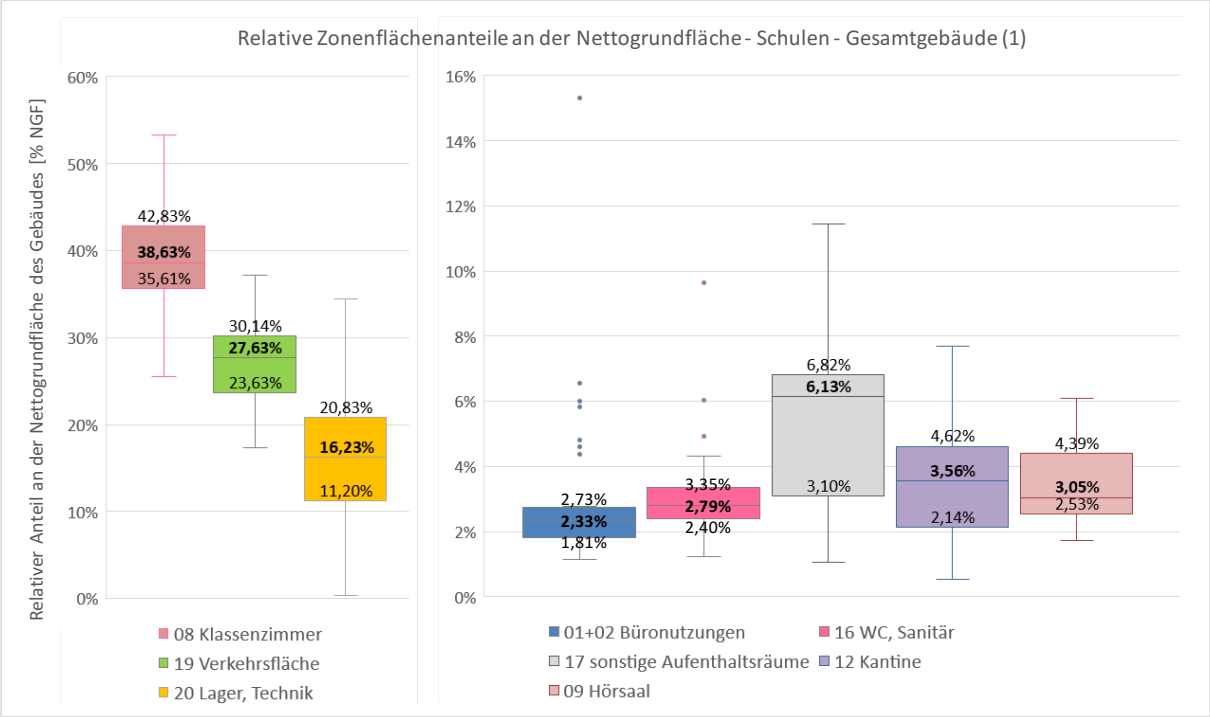

Abbildung 35 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Schulen - Gesamtgebäude (1)

Die größten relativen Anteile an der Nettogrundfläche des Gesamtgebäudes bilden Klassenzimmer mit 38,63% im Medianwert, gefolgt von Verkehrsflächen (27,63%) und Lager- bzw. Technikbereichen (16,23%). Dabei weisen die Verkehrsflächen im Vergleich die kleinste Spannwerte der Werte und den kleinsten Interquartilsabstand (6,51%) auf. Die größeren Wertbereiche von Klassenzimmern und Lagerflächen sind auf den Einfluss von Keller- und Dachgeschosstypen am Gesamtgebäude zurückzuführen. Die relativen Flächenanteile weiterer Nutzungszonen liegen in der Untersuchung im unteren einstelligen Prozentbereich und weisen in der Mehrzahl eine geringe Bandbreite (z.B. Büro- und Sanitärflächen.

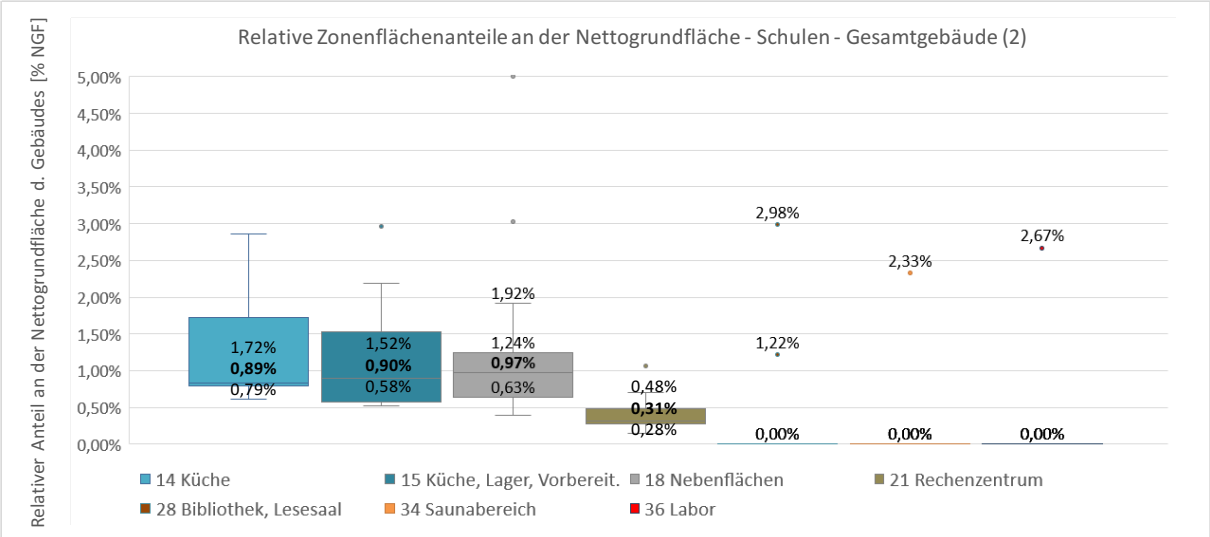

Abbildung 36 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Schulen - Gesamtgebäude (2)

Wenn auch selten vorkommend, besitzen einzelne Nutzungen trotz kleiner Flächen einen überdurchschnittlich großen Anteil am Gesamtstrombedarf. Je nach Vorhandensein einer Gewerbeküche bzw. einer Vorbereitungsküche liegt der relative Flächenanteil im Median knapp unter 1% der Nettogrundfläche. Sind zentrale EDV-Zentralen vorhanden (16 von 36 Schulen), besitzen diese im Median einen Anteil von 0,31%. Weitere Sondernutzungen besitzen höhere Flächenanteile, aufgrund der geringen Stichprobe sind hierzu keine Verteilungen auswertbar.

Um in einer detaillierteren Betrachtung die relativen Nutzflächenanteile präziser zu beschreiben, folgte eine Untersuchung der Schulen anhand der individuell vorhandenen Geschossnutzungstypen. Abbildung 37 zeigt die Häufigkeit der drei Geschossnutzungstypen auf.

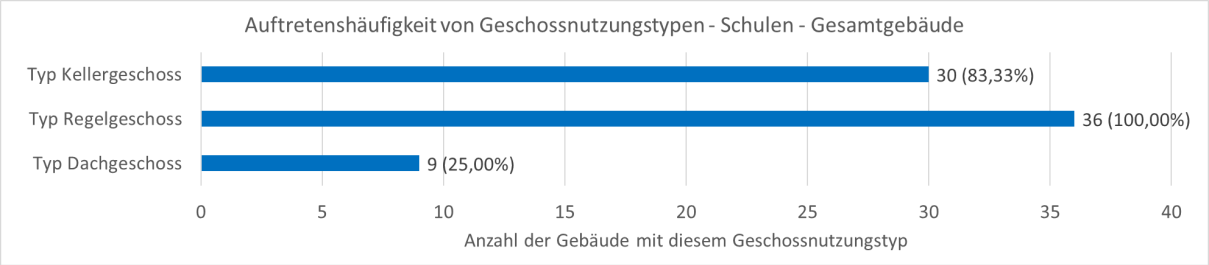

Abbildung 37 - Auftretenshäufigkeit von Geschossnutzungstypen - Schulen - Gesamtgebäude

Dabei zeigt sich, dass die Mehrzahl der Schulgebäude einen Kellergeschosstyp aufweist, einen Dachgeschosstyp weisen hingegen nur 9 Gebäude auf.

6.1.5.3 *Häufigkeit von Nutzungszonen und relative Zonenflächenanteile – Kellergeschosstypen*

In den 30 Kellergeschosstypen der untersuchten Schulgebäude konnten elf unterschiedliche Nutzungen beobachten werden (Abbildung 38).

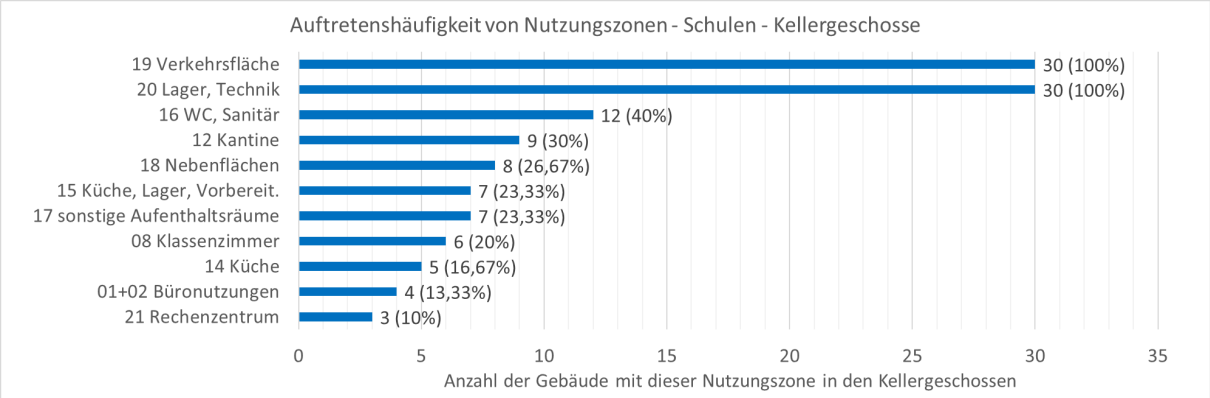

Abbildung 38 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Schulen - Kellergeschosstypen

Vorherrschend in allen Kellergeschosstypen sind Nutzungsflächen für Lager- und Technikbereiche sowie Verkehrsflächen zur Erschließung der Etage. In 40% der Kellergeschosstypen fanden sich zusätzlich Sanitärflächen. Zusätzlich zeigt sich, dass häufig Bereiche der Mittagsversorgung (Küche, Küche Vorbereitung, Kantine) in Kellergeschosstypen untergebracht sind. Vereinzelt befinden sich hier auch Klassenräume (z.B. Werkunterricht) oder die EDV-Zentrale der Einrichtung. In der Auswertung der Flächenanteile lassen sich in Abbildung 39 die Ergebnisse beobachten.

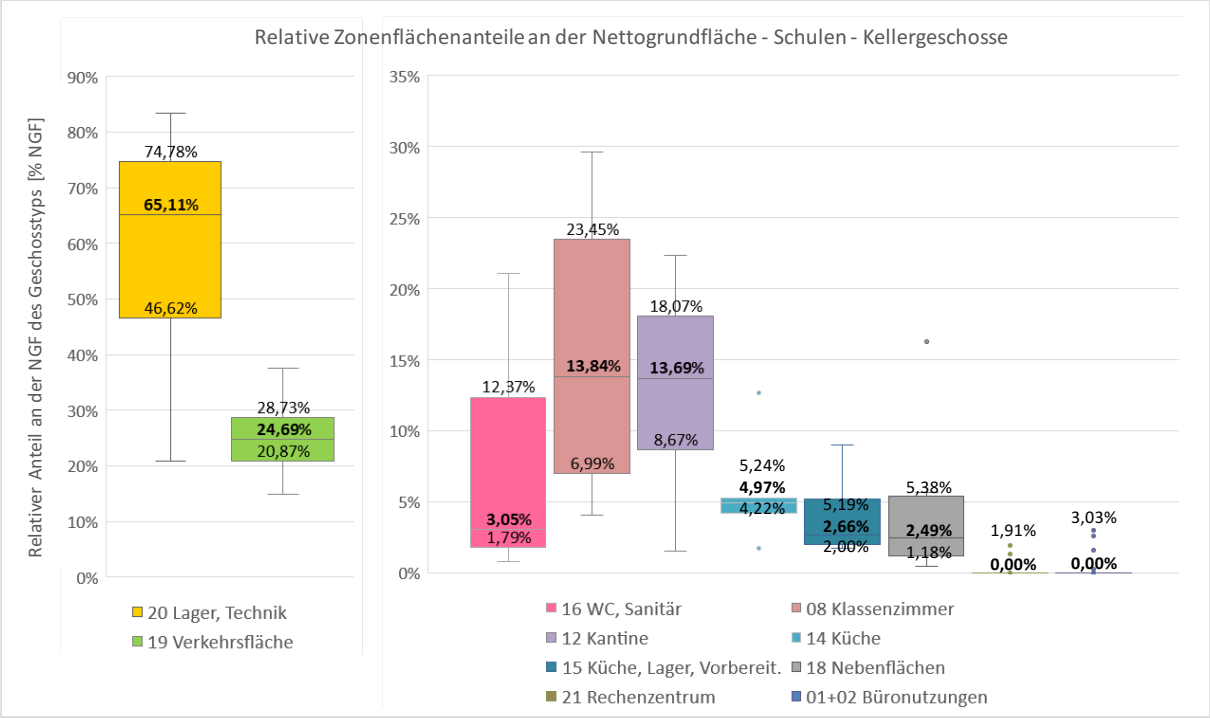

Abbildung 39 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Schulen - Kellergeschosstypen

Die Auswertung zeigt, dass sich Nettogrundfläche von Kellergeschosstypen maßgeblich aus Lager- bzw. Technikflächen (z.B. für die notwendige Haustechnik) und Verkehrsflächen zur Zugänglichkeit zusammensetzt. Während sich die Anteile der Verkehrsflächen in einem kleinen Wertebereich befinden, unterliegt der Anteil der Lagerflächen einer starken Streuung. Die Erklärung hierfür liegt in der zusätzlichen Unterbringung von Nutzungen, welche in erster Linie die Bereiche für Lagerflächen reduzieren.

6.1.5.4 Häufigkeit von Nutzungszonen und relative Zonenflächenanteile – Regelgeschosstypen

In den Regelgeschosstypen der untersuchten Schulgebäude traten zahlreiche verschiedene Nutzungen auf, die in Abbildung 40 geordnet nach Ihnen Häufigkeit dargestellt sind.

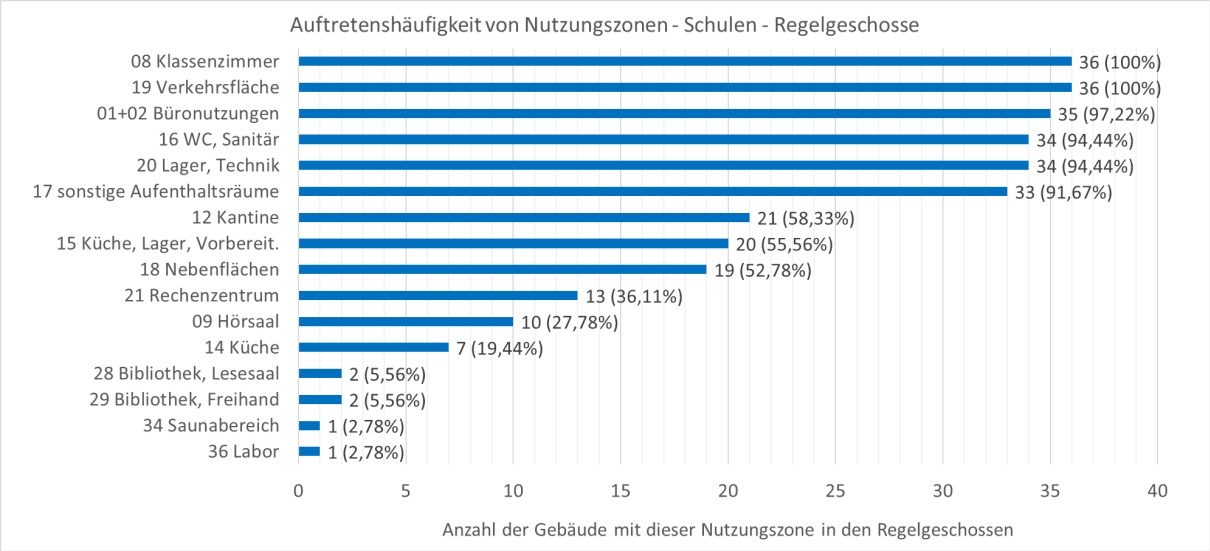

Abbildung 40 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Schulen - Regelgeschosstypen

In allen Regelgeschosstypen befinden sich Klassenzimmer als Hauptnutzung sowie Verkehrsflächen. Die Anwesenheit von Sanitärflächen (WC-Bereiche), Büronutzungen (Schulleitung, Sekretariat), Lagerflächen und sonstigen Aufenthaltsräumen (Vorbereitungs- und Sammlungsräume) in den Regelgeschosstypen wird vereinzelt durch die Auslagerung in Keller- oder Dachgeschosstypen verringert. Darüber hinaus sind vereinzelt Küchenbereiche, Veranstaltungsräume (Nutzungsprofil Hörsaal) sowie Bibliothek- oder Laborbereiche untergebracht. Der in der untersuchten Sonderschule vorgefundene Therapiebereich mit Wasserbecken wurde der Nutzungszone „Saunabereich“ zugeordnet. Die Flächenanteile der Zonen sind in Abbildung 41 und Abbildung 42 dargestellt.

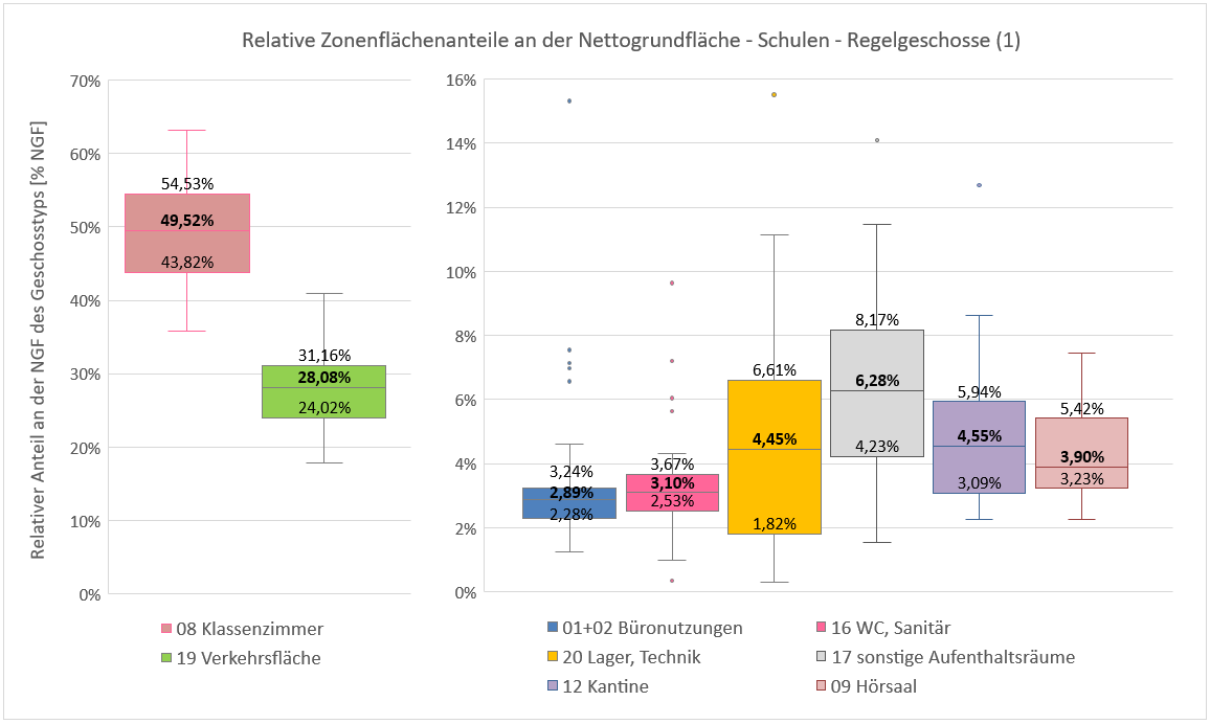

Abbildung 41 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Schulen - Regelgeschosstypen (1)

Die Flächenanteile der Nutzung „08 Klassenzimmer“ und „19 Verkehrsflächen“ bilden in Summe der Wertemittel durchschnittlich ca. 78% der Nettogrundfläche ab, wobei der Interquartilsabstand der Verkehrsflächen die geringere Streuung in der Werteverteilung aufzeigt. Weitere Anteile bilden die regelmäßig vorhandenen Anteile von Büro-, Sanitär- und sonstigen Flächen. Je nach Platzangebot und Größe der Einrichtungen variiert der Flächenanteil, der für die Unterrichtsvorbereitung („17 Sonstige Aufenthaltsräume“) zur Verfügung steht. Der große Wertebereich der Nutzung „20 Lager, Technik“ ist in der Detailbetrachtung auf das Vorkommen von Keller- oder Dachgeschosstypen und die Verlagerung dieser Flächenanteile oder auf das Vorkommen seltenerer Nutzungen zurückzuführen, die beide den Anteil der Lagerflächen jeweils verringern. Kantinen umfassen bei Anwesenheit im Mittel einen relativen Anteil an der Nettogrundfläche von 4,55%, Hörsäle im Mittel von 3,90%.

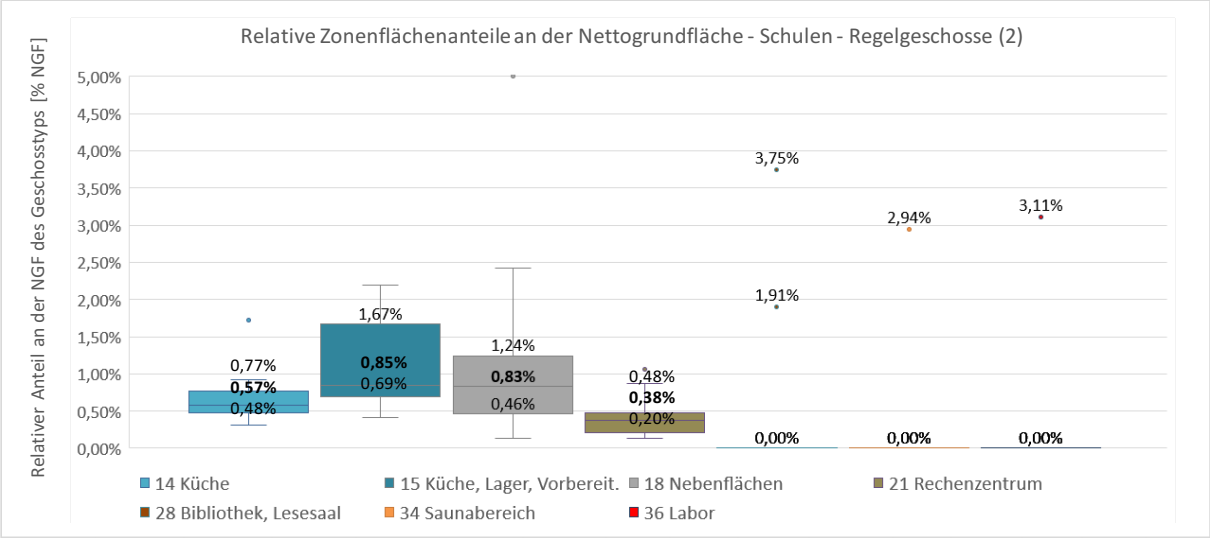

Abbildung 42 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Schulen - Regelgeschosstypen (2)

Die Flächenanteile von Nutzungen, die in nur wenigen betrachteten Schulen aufgefunden wurden, liegen in einem sehr geringen Bereich. Durch ihren (teilweise erheblichen) Anteil am Gesamtstromverbrauch (Küche, Rechenzentrum, Saunabereich, Labor) sind für diese Nutzungen ebenfalls Verteilungen bzw. die resultierenden Einzelwerte der Verteilung zur Vollständigkeit angegeben

6.1.5.5 Häufigkeit von Nutzungszonen und relative Zonenflächenanteile – Dachgeschosstypen

In der Häufigkeitsuntersuchung vorhandener Nutzungszonen in Dachgeschosstypen von Schulgebäuden (Abbildung 43) ergibt sich ein deutliches Bild über die regelmäßige Flächennutzung.

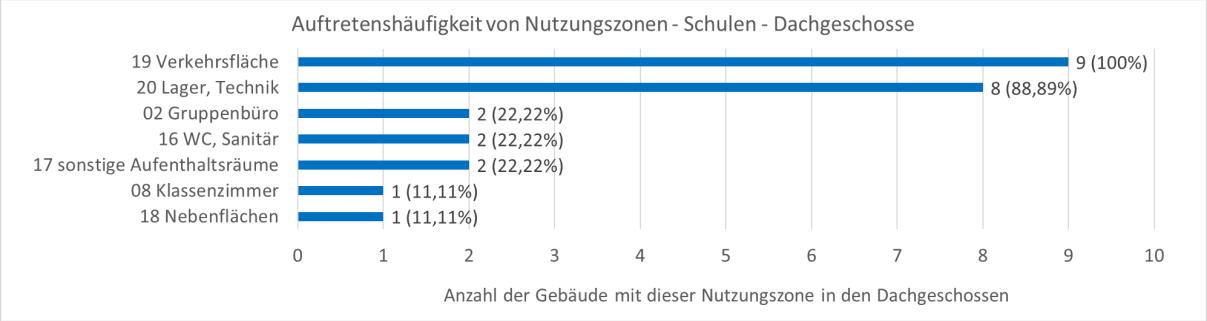

Abbildung 43 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Schulen - Dachgeschosstypen

Vorherrschend für die Flächennutzung von Dachgeschosstypen sind Verkehrs- und Lager- bzw. Technikflächen, wie sich auch in den Anteilen der Nettogrundfläche (Abbildung 44) zeigt. Weitere Nutzungen wie z.B. Büro- und Sanitärflächen oder auch zusätzliche Klassenräume konnten nur in 1 bzw. 2 Fällen beobachtet werden.

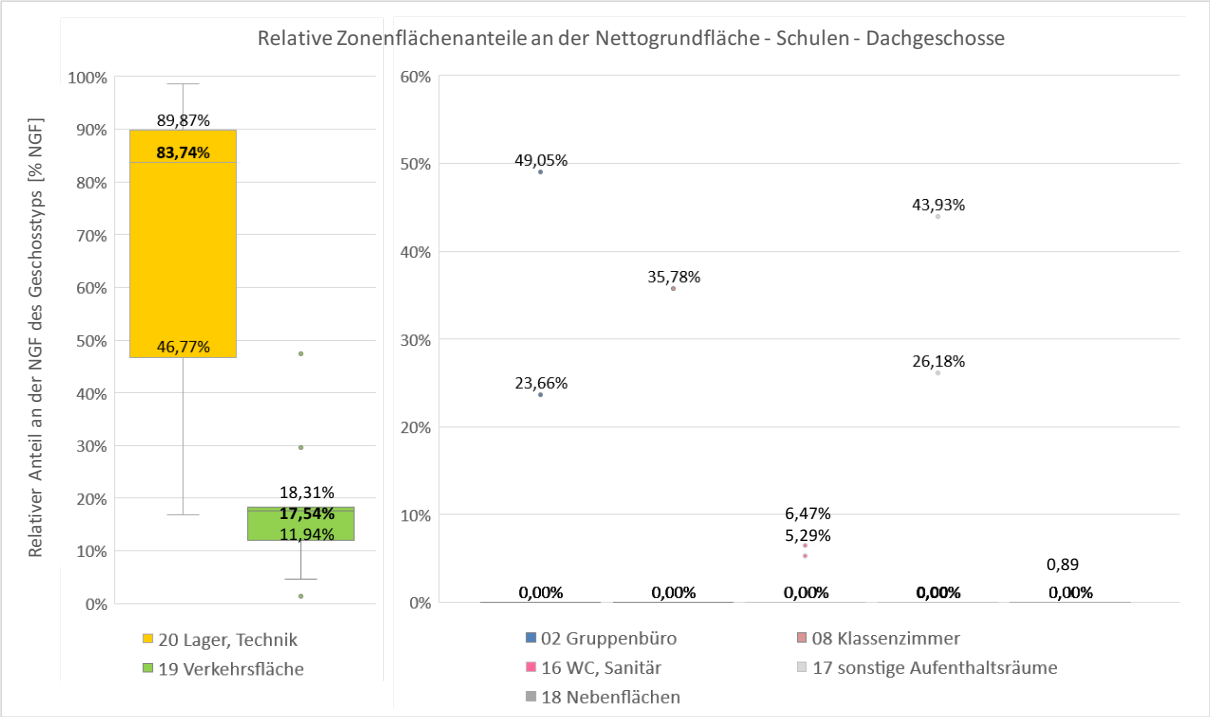

Abbildung 44 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Schulen - Dachgeschosstypen

Die Nutzungen „19 Verkehrsfläche“ und „20 Lager, Technik“ bilden gemeinsam im Mittel die gesamte Nettogrundfläche ab, wobei die Verkehrsflächenanteile nur eine Variation innerhalb eines engen Wertbereiches aufweisen. Mit Blick auf die relativen Flächenanteile der seltener vorkommenden Nutzungen zeigt sich, dass – wenn diese vorkommen – sie einen nennenswerten Flächenanteil besitzen und primär die Lager- und Technikflächen reduzieren.

6.1.6 Detailauswertung „Kindertagesstätten“

6.1.6.1 Allgemeine Daten zur Gebäudestichprobe

Für die Untersuchung von Zonenhäufigkeiten und Nutzflächenanteilen wurden alle 34 erhobenen Kindertagesstätten zur Auswertung herangezogen. Die Verteilung der Nettogrundflächen und das Vorhandensein von Keller- und Dachgeschosstypen wird in Abbildung 45 dargestellt.

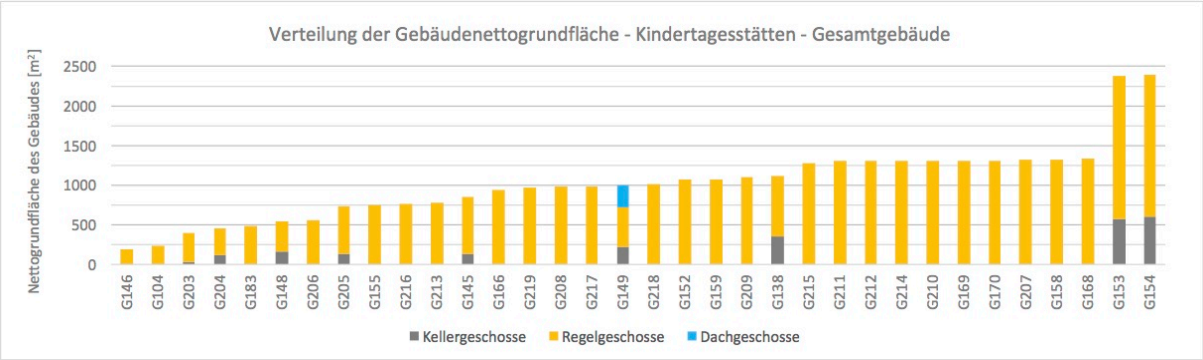

Abbildung 45 - Verteilung der Gebäudenettogrundfläche - Kindertagesstätten - Gesamtgebäude

Die analysierten Gebäude weisen eine Nettogrundfläche von minimal 191,52 m^2 und maximal 2.389,57 m^2 auf. Der Median der Verteilung liegt bei 1.004,58 m^2, das arithmetische Mittel bei 1.025,99 m^2.

6.1.6.2 Häufigkeit von Nutzungszonen und relative Zonenflächenanteile – Gesamtgebäude

Auf der Betrachtungseben der Gesamtgebäude konnten in Summe aller Kindertagesstätten Raumflächen zu neun unterschiedlichen Nutzungszonen zugeordnet werden. Das Ergebnis der Häufigkeitsverteilung ist in Abbildung 46 näher erläutert.

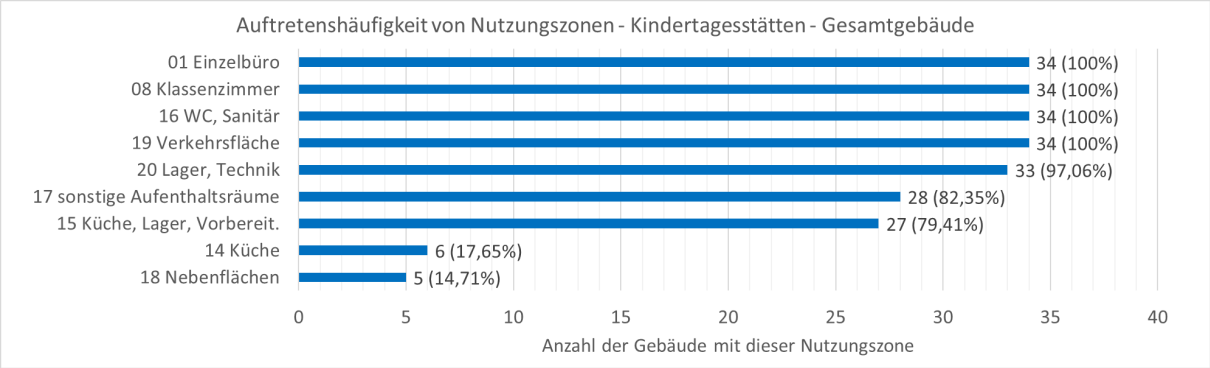

Abbildung 46 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Kindertagesstätten - Gesamtgebäude

Neben der Hauptnutzungszone „Klassenzimmer, Gruppenraum“ besitzen alle untersuchten Objekte Flächenanteile für Einzelbüronutzungen, Sanitärräume und Verkehrsflächen. Bis auf ein Gebäude, dessen erforderliche Technikbereiche sich in einem Nachbarobjekt befinden, sind ebenfalls Lager- und Technikflächen in allen Kitas zuordenbar. In der Mehrzahl der Einrichtungen befinden sich regelmäßig Flächen, die als „sonstige Aufenthaltsräume“ (z.B. Personalräume) oder als Küchenvorbereitung mit externer Essensanlieferung ausweisen lassen. Täglich genutzte Kochküchen sowie Nebenflächen wurden nur in sechs bzw. fünf Objekten identifiziert.

Die relativen Flächenanteile der vorhandenen Nutzungen an der Nettogrundfläche des Gesamtgebäudes sind in Abbildung 47 näher erläutert.

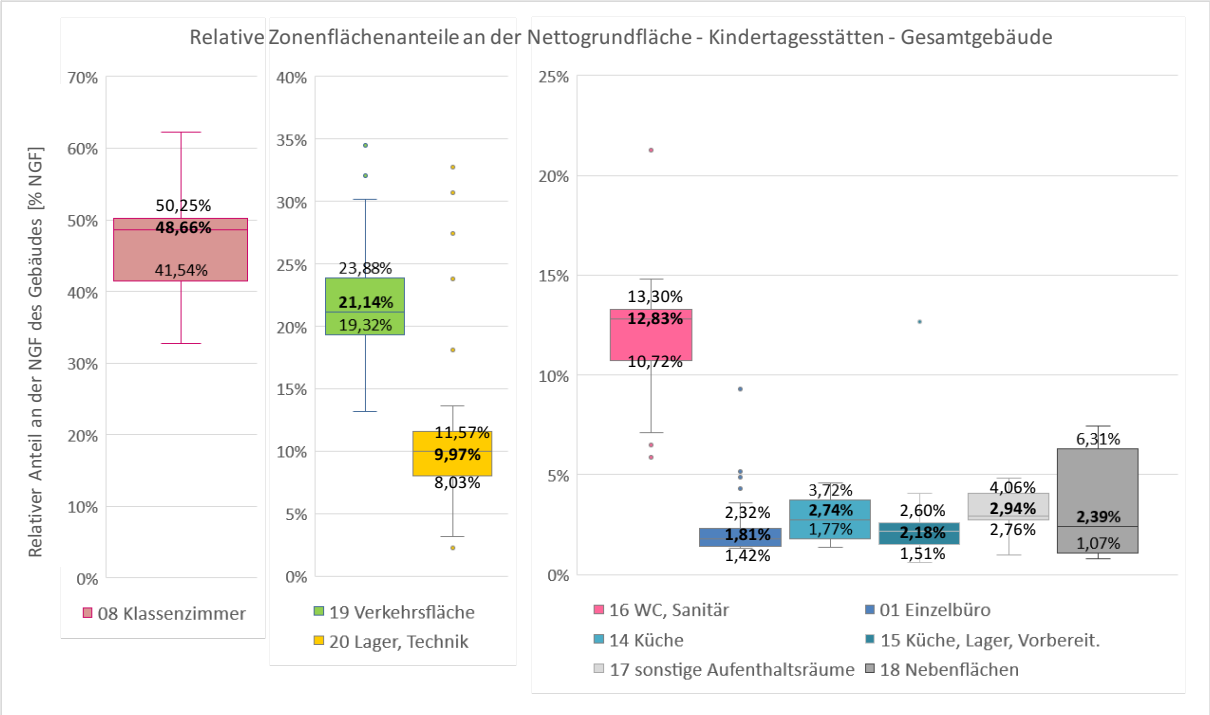

Abbildung 47 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Kindertagesstätten - Gesamtgebäude

Insgesamt fällt auf, dass die relativen Flächenanteile bei allen Nutzungen einen geringen Interquartilsabstand (Länge der Boxen) aufweisen und eine vergleichsweise geringe Streuung der mittleren 50% der Einzelwerte besteht. Die vorhandenen Gruppenräume bilden den größten Flächenanteil innerhalb der Kitas, gefolgt von Verkehrs-, Sanitär und Lager- bzw. Technikflächen. In der Addition der Medianwerte umfassen sie bei regulär gemeinsamem Auftreten einen geschätzten Flächenanteil von mehr als 90% der Nettogrundfläche. Weitere Nutzungen wie z.B. Einzelbüro, sonstige Aufenthaltsräume oder Küche mit Vorbereitung liegen mit ihrem Anteil in der Wertehälfte zwischen 1,81% und 2,94%.

Um die Streuung der Nutzflächenanteile weiter zu minimieren erfolgte eine weitere Detaillierung der untersuchten Kindertagesstätten entsprechend der definierten Geschossnutzungstypen. Die aufgefundene Häufigkeit unterschiedlicher Typen ist in Abbildung 48 dargestellt.

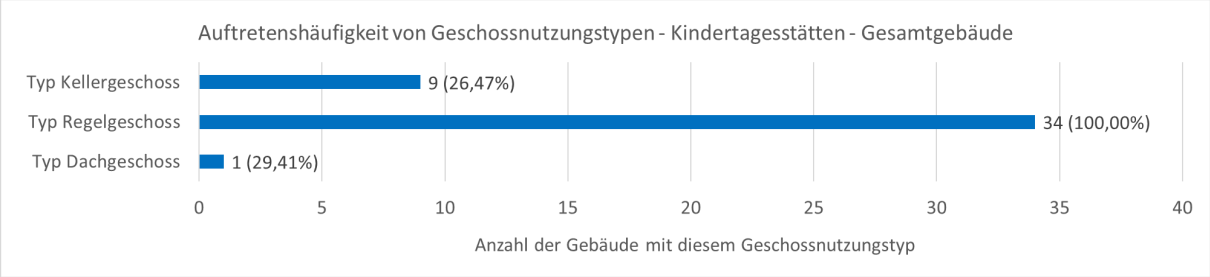

Abbildung 48 - Auftretenshäufigkeit von Geschossnutzungstypen - Kindertagesstätten - Gesamtgebäude

Die Mehrzahl der analysierten Kitas bleibt auf Regelgeschosstypen begrenzt (häufigste Gebäudeausführung: ein Erdgeschoss). Mit neun Gebäuden besitzen nur etwas mehr als ein Viertel der betrachteten Gebäude Etagen des Typs „Kellergeschoss“. Allein ein Stichprobengebäude besitzt ein Geschoss oberhalb der Nutzungsebene, das sich als „Dachgeschosstyp“ einordnen lässt.

6.1.6.3 Häufigkeit von Nutzungszonen und relative Zonenflächenanteile – Kellergeschosstypen

In der Detailbetrachtung des Geschossnutzungstyps „Kellergeschoss“, der in neun der 34 untersuchten Kitas vorkommt, wurden zahlreiche unterschiedliche Nutzungen dokumentiert, die in Abbildung 49 zusammengefasst sind.

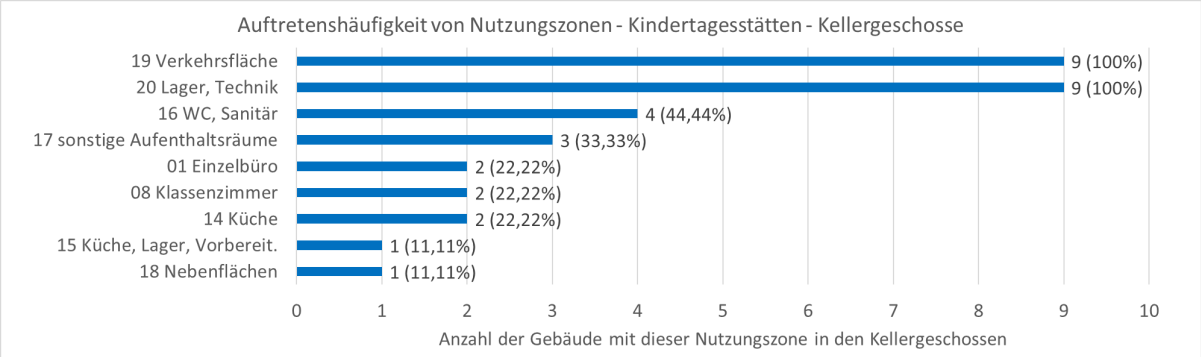

Abbildung 49 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Kindertagesstätten - Kellergeschosstypen

In allen 9 Kellergeschosstypen konnten Einzelflächen zu Verkehrsflächen sowie Lager- und Technikbereiche zugeordnet werden. In knapp der Hälfte der Gebäude (4) fanden sich ebenfalls Sanitärflächen. Darüber hinaus wurden vereinzelt Räumlichkeiten aufgefunden, die z.B. regelmäßig als zusätzliche Gruppenräume, für die gastronomische Versorgung oder sonstige Nutzungen Anwendung finden.

Die Ergebnisse der Zonenflächenanalyse in den Kellergeschosstypen sind in Abbildung 50 für die am häufigsten vorkommenden Nutzungszonen grafisch dargestellt.

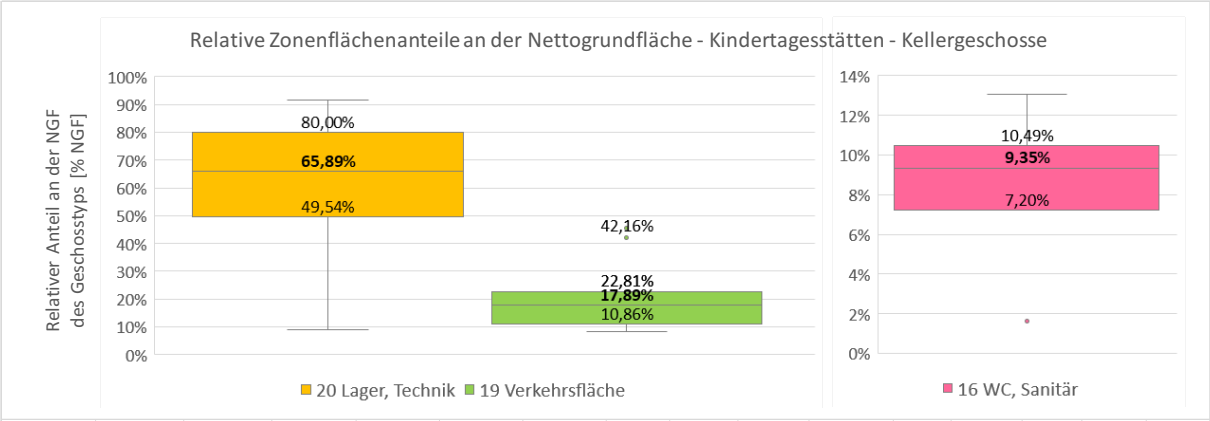

Abbildung 50 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Kindertagesstätten - Kellergeschosstypen

Die überwiegenden relativen Zonenflächenanteile bilden – analog zur Häufigkeit des Auftretens – Räume mit einer Nutzung als Lager- bzw. Technik, Verkehrs- oder Sanitärfläche. Die zusätzliche Anwesenheit weiterer Nutzungsbereiche reduziert maßgeblich den Anteil der Lager- und Technikflächen, die mit einem Interquartilsabstand von 31,64% die größte absolute Wertestreuung innerhalb der 50% der mittleren Einzelwerte der Verteilung aufweisen.

6.1.6.4 Häufigkeit von Nutzungszonen und relative Zonenflächenanteile – Regelgeschosstypen

Die auftretenden Nutzungenzonen in Regelgeschosstypen (Abbildung 51) repräsentieren alleiniger Betrachtung die Gesamtzusammensetzung der Kindertagesstätten, die keinen Kellergeschoss- und/oder Dachgeschosstyp aufweisen. In der hier betrachteten Stichprobe trifft dies auf 25 der 34 betrachteten Gebäude zu.

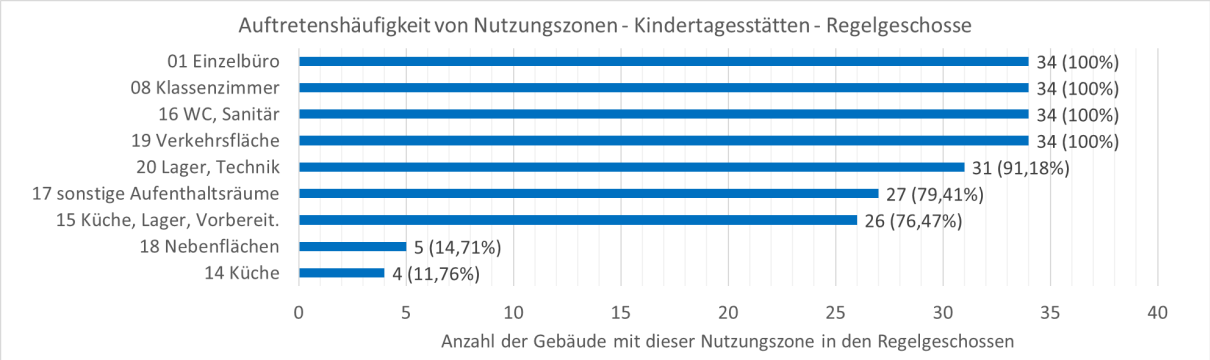

Abbildung 51 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Kindertagesstätten - Regelgeschosstypen

Die Auswertung zeigt, dass in den Bereichen regulärer Nutzung die Zonen Einzelbüro (Kita-Leitung), Klassenzimmer (Gruppen- und Schlafräume), WC- und Sanitärflächen sowie Verkehrsflächen zur Erschließung in allen 34 betrachteten Gebäuden vorkommen. Je nach Vorhandensein von Dach- oder Kellergeschosstypen können Lager- und Technikflächen auch dorthin verlagert sein, weshalb nur 31 Gebäude diesen Nutzungsbereich in den Regelgeschossen aufweisen. Im überwiegenden Teil der Kitas befinden sich hier ebenfalls Räumlichkeiten für das Personal (Zuordnung zu „Sonstige Aufenthaltsräume“) und Bereiche zur Essensversorgung der Nutzer. Je nach Versorgungskonzept werden die Kitas täglich mit Essen beliefert (Gebäude mit Nutzungsprofil „Küche, Vorbereitung) oder bereiten das Essen selbst vor Ort zu (Gebäude mit dem Nutzungsprofil „Küche“). Die Verteilung der relativen Zonenflächenanteile zeigt Abbildung 52.

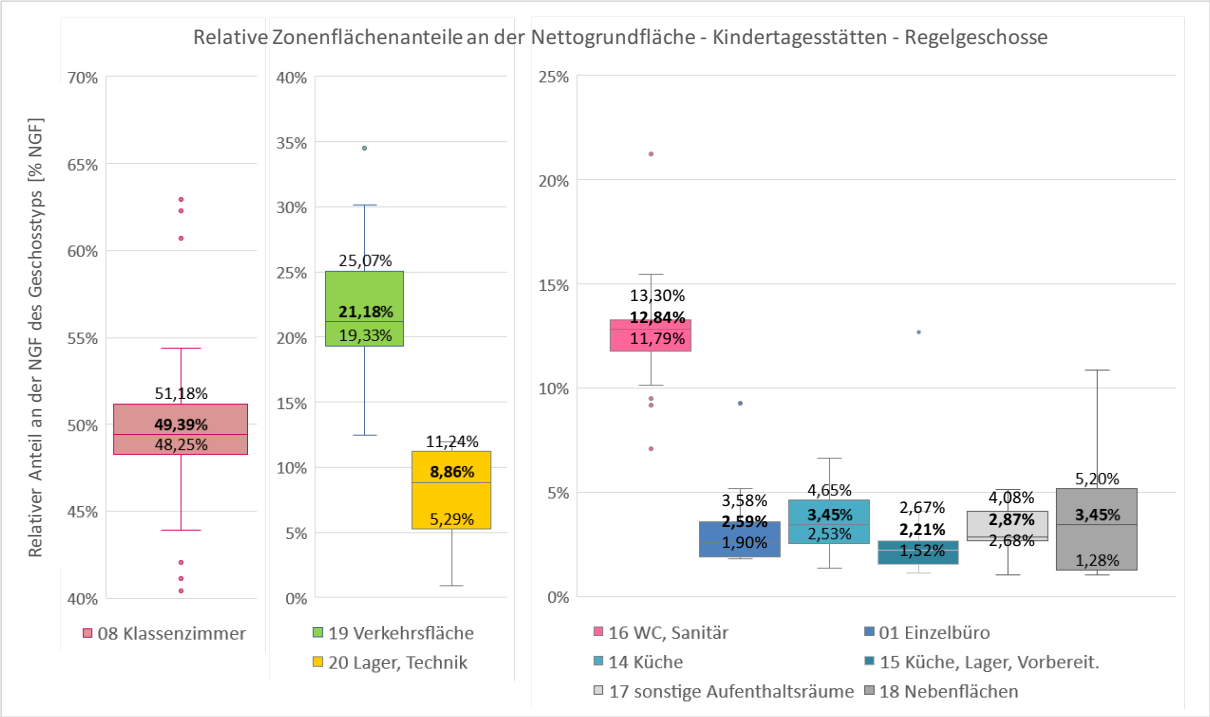

Abbildung 52 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Kindertagesstätten - Regelgeschosstypen

Der Flächenanteil der Hauptnutzung (08 Klassenzimmer, Gruppenraum) liegt für die Hälfte der vorgefundenen Werte innerhalb eines sehr geringen Korridors von 48,25% bis 51,18% der Nettogrundfläche des Geschosstyps, der Median liegt bei 49,39%. Allerdings weichen die Einzelergebnisse einzelner Gebäude stark nach oben und unten ab. Ursachen dafür liegen in dem Vorhandensein weiterer Nutzungen, einer vergleichsweise kleinen Grundfläche des Gebäudes (und dadurch höhere relative Werte) oder Unterschieden in der Grundrissgeometrie, die den Anteil der Verkehrsflächen erhöhen. Nach den Gruppenräumen besitzen die Verkehrsflächen, WC- und Sanitärflächen sowie Technikflächen die größten Anteile an der Nettogrundfläche, wobei der Anteil der Sanitärflächen in den meisten untersuchten Gebäuden einer nur sehr geringen Streuung unterliegt. Alle weiteren aufgefundenen Nutzungen wie z.B. Einzelbüros bilden nur einen keinen Teil der Nettogrundfläche.

6.1.6.5 Häufigkeit von Nutzungszonen und relative Zonenflächenanteile – Dachgeschosstypen

Allein eine der untersuchten Kindertagesstätten wies eine Etage auf, die als Dachgeschosstyp kategorisiert wurde. Ohne eine repräsentative Aussage soll dennoch die Zusammensetzung dieses Bereiches zur Vollständigkeit aufgezeigt werden. Abbildung 53 zeigt, dass allein Verkehrsflächen und Lager- bzw. Technikflächen vorgefunden wurden.

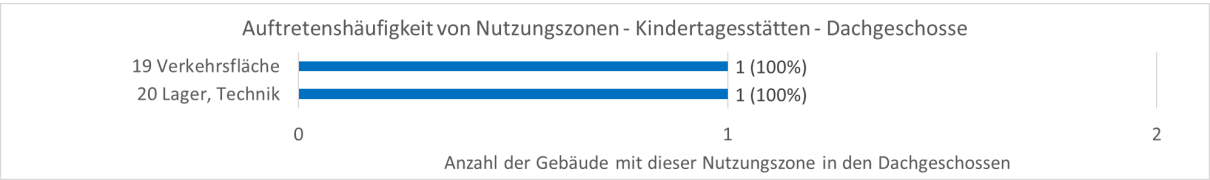

Abbildung 53 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Kindertagesstätten - Dachgeschosstypen

Die untersuchte Nettogrundfläche bestand zu 89,37% aus Lager- und Technikflächen sowie zu 10,68% aus Verkehrsflächen (Abbildung 54). Es wird angenommen, dass in Vergleichbarkeit zu Dachgeschosstypen anderer Gebäudenutzungen weitere auftretende Nutzungszonen die Lager- und Technikflächen reduzieren.

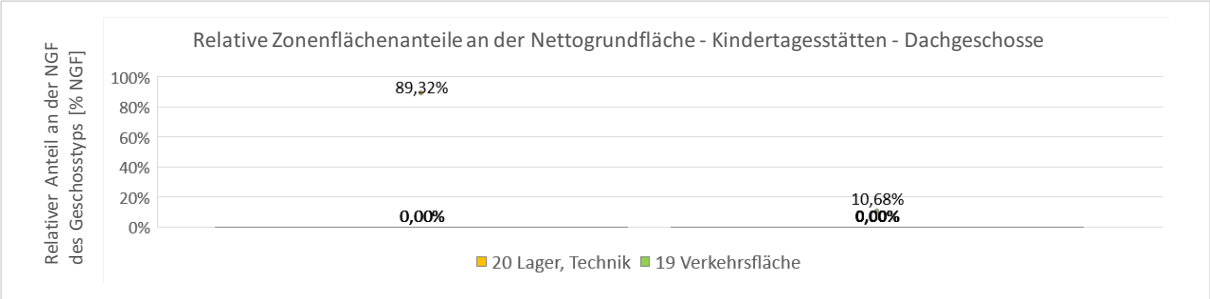

Abbildung 54 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Kindertagesstätten - Dachgeschosstypen

6.1.7 Detailauswertung „Handel/Lebensmittel“

6.1.7.1 Allgemeine Daten zur Gebäudestichprobe

Für die Flächenauswertung der erhobenen Handelsgebäude wurde die Gruppe der Lebensmittelmärkte als größte Einzelgruppe mit 26 Stichprobengebäuden ausgewählt. Die Stichprobengebäude setzen sich aus Kleinstmärkten, Filialen unterschiedlichster Drogerien- und Discounterketten sowie Vollsortiment-Märkten zusammen. Die Nettogrundfläche des kleinsten Objektes beträgt 45,79 m^2 (Markt in Kleinstgebäude), die des größten 5.330,09 m^2 (Markt mit Frischetheken und Lagerbereich). Die mittleren 50% der Stichprobengebäude weisen eine Nettogrundfläche zwischen 928,71 m^2 und 1.816,90 m^2 auf, wobei der Median der Objekte bei 1.172,84 m^2 liegt. Die grafische Verteilung und Zusammensetzung ist im Überblick in Abbildung 55 dargestellt.

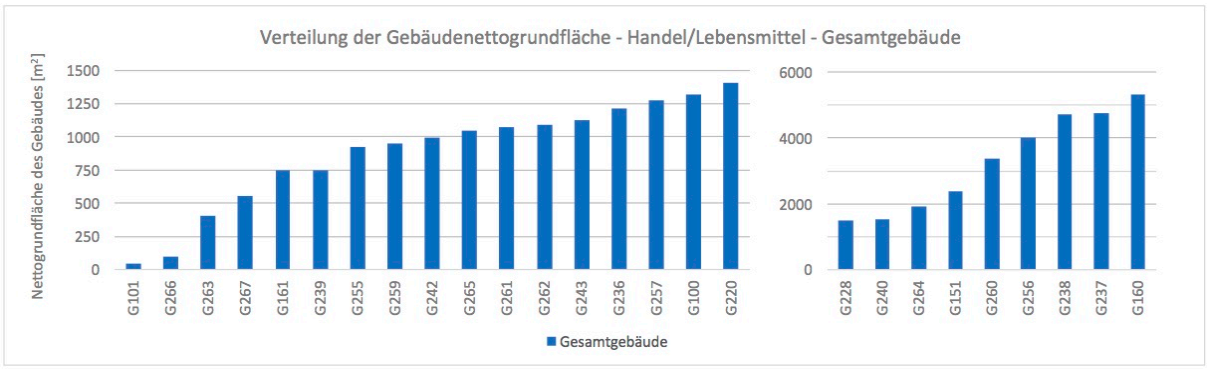

Abbildung 55 - Verteilung der Gebäudenettogrundfläche - Handel/Lebensmittel – Gesamtgebäude

6.1.7.2 Häufigkeit von Nutzungszonen und relative Zonenflächenanteile – Gesamtgebäude

Die untersuchten Marktgebäude weisen im Vergleich zu z.B. Bürogebäuden und Schulen eine deutlich geringere Anzahl verschiedener Nutzungszonen auf. Insgesamt wurden zehn unterschiedliche Nutzungsbereiche identifiziert, deren Häufigkeit im Auftreten nachstehend in Abbildung 56 aufgezeigt wird.

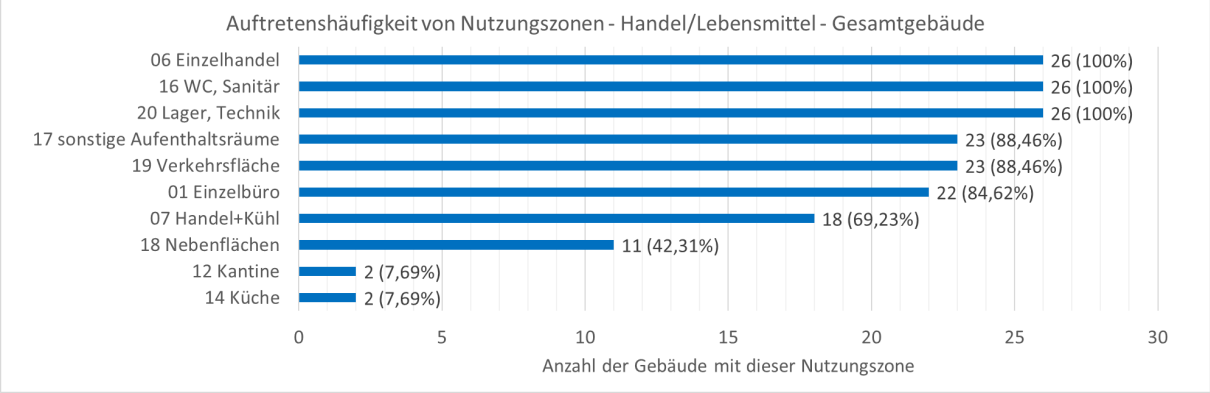

Abbildung 56 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Handel/Lebensmittel - Gesamtgebäude

Alle ausgewerteten Lebensmittelmärkte weisen die Nutzungszonen „06 Einzelhandel“ (Verkaufsflächen), „16 WC und Sanitär“ (Kunden- und Angestelltentoiletten, Waschräume) und „20 Lager, Technik“ (Lagerflächen) auf. Bereiche der Nutzung „07 Handel mit Kühlprodukten“ konnten ausgewiesen werden, wenn anhand der Planunterlagen die Anordnung von mehreren Kühlgeräten erkannt werden konnte. Wenn allein vereinzelte Kühlgeräte innerhalb der gewöhnlichen Verkaufsfläche erkennbar waren (z.B. eine Gefriertruhe an der Kasse, Drogeriemarkt), wurde diese Fläche der Nutzung 06 zugeordnet.

Je nach Größe der Märkte und der Detailtiefe der Unterlagen konnten zusätzlich Flächen für den Personalaufenthalt („17 sonstige Aufenthaltsräume“), die Hausleitung („01 Einzelbüro“) oder Nebenflächen erhoben werden. Die folgende Abbildung 57 enthält die Zusammenstellung der zugehörigen relativen Nutzflächenanteile an der Nettogrundfläche der Gesamtgebäude.

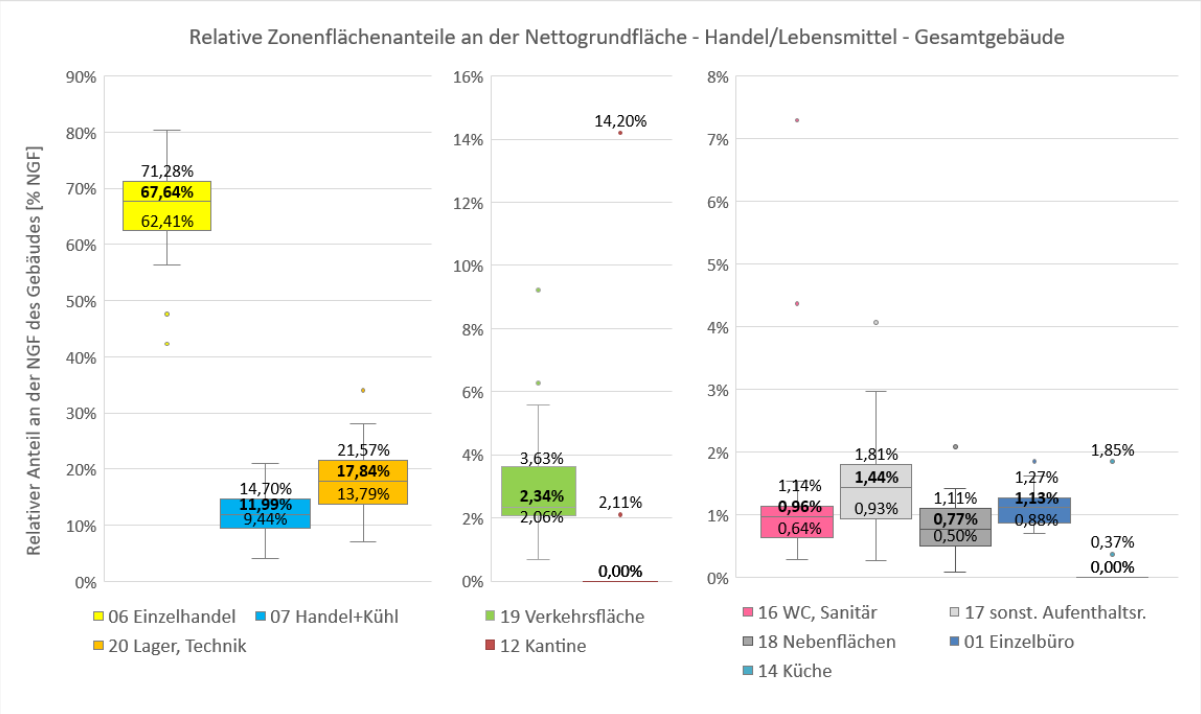

Abbildung 57 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Handel/Lebensmittel - Gesamtgebäude

Die Verkaufsfläche der Lebensmittelmärkte (Nutzung „06 Einzelhandel“) bildet mit 67,64% bei der Hälfte der untersuchten Einzelwerte den größten Teil der Nettogrundfläche. Besitzt der Markt aufgrund seines Sortimentes eine umfangreiche Kühlabteilung (Nutzung „07 Handel+Kühlgeräten“), vergrößert sich der Anteil der Verkaufsfläche weiter. Den statistisch drittgrößten Anteil am Gesamtgebäude bilden Lagerflächen mit 17,84% der Nettogrundfläche im Wertemittel. Je nach Architektur der Verkaufsstätte treten zusätzlich Verkehrsflächen im Eingangbereich (Windfang) auf. Die relativen Flächenanteile des sog. Sozialbereiches des Personals umfassen je nach Vorkommen ca. 2-3% des Gesamtgebäudes.

6.1.8 Detailauswertung „Hotel mit Restaurant“

6.1.8.1 Allgemeine Daten zur Gebäudestichprobe

Für die Auswertung der Zonenflächenanteile im Bereich „Hotel und Beherbergung“ wurden aufgrund starker Unterschiede zwischen Hotelgebäuden und Internaten hinsichtlich Zonenvielfalt, Vergleichbarkeit, Ausstattung und Gebäudegröße allein die neun erhobenen Hotelgebäude mit Restaurantbereich ausgewählt. Die Nettogrundfläche der ausgewerteten Objekte beträgt minimal 1.387,34 m^2 (kleines Hotel, 2 Etagen) und maximal 26.223,92 m^2 (Hotelhochhaus, 24 Etagen). Die mittleren 50% der Stichprobengebäude weisen eine Nettogrundfläche zwischen 8.759,59 m^2 und 14016 m^2 auf, wobei der Median der Objekte bei 8.759,59 m^2 (7 Etagen) liegt. Die Auswertung umfasst damit überwiegend größere Hotelgebäude. Die grafische Verteilung und Zusammensetzung ist im Überblick in Abbildung 58 dargestellt.

Abbildung 58 - Verteilung der Gebäudenettogrundfläche - Hotel mit Restaurant – Gesamtgebäude

6.1.8.2 Häufigkeit von Nutzungszonen und relative Zonenflächenanteile – Gesamtgebäude

Die Auswertung der Zonierung (Abbildung 59) ergab 13 unterschiedliche Nutzungsbereiche, wobei aufgrund unbekannter Belegung die Nutzungen „Einzelbüro“ und „Gruppenbüro“ in ihrem Auftreten zusammengefasst wurden.

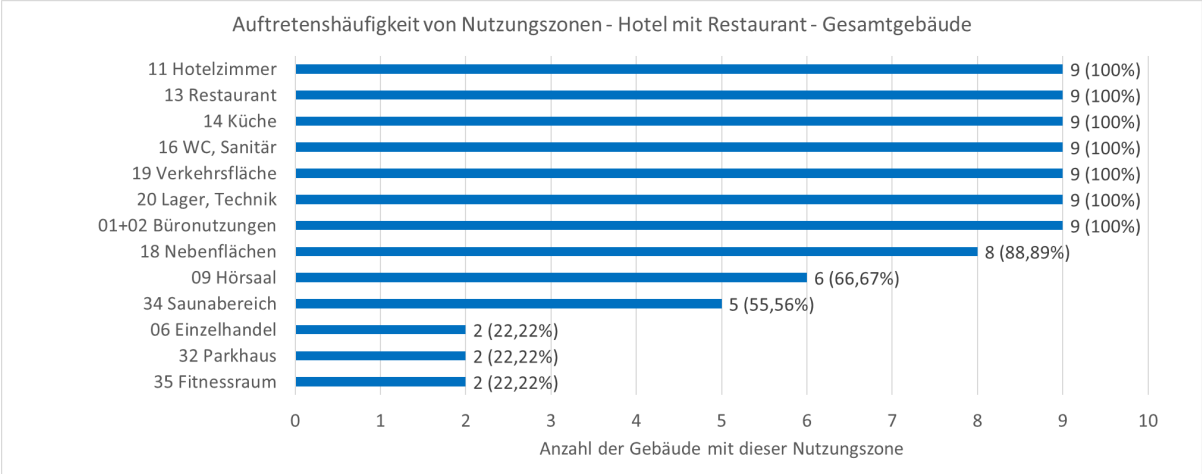

Abbildung 59 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Hotel mit Restaurant - Gesamtgebäude

Die Übersicht zeigt, dass zahlreiche unterschiedliche Nutzungen in allen neun untersuchten Hotelgebäuden vorkommen. Dazu gehören neben der Hauptnutzung „11 Hotelzimmer“ Flächen zur Verwaltung („01+02 Büronutzungen“), Verkehrsflächen zur Erschließung, Lager- und Technikbereiche sowie WC- und Sanitärbereiche außerhalb der Hotelzimmer. Mit dem Angebot eines Restaurantbereiches ist ebenfalls ein notwendiger Küchenbereich regelmäßig vorhanden. Je nach individueller Ausrichtung des Hotelangebotes hinsichtlich der Nutzungsmöglichkeiten und der baulichen Ausgestaltung sind Flächen für

Konferenzen und Tagungen („09 Hörsaal“), körperliches Wohlbefinden („34 Saunabereich“ und „35 Fitnessraum“), kleine Ladenflächen für z.B. Blumen („06 Handel“) oder beheizte Parkhäuser integriert. Die Anteile der relativen Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche sind in Abbildung 60 ausführlich wiedergegeben.

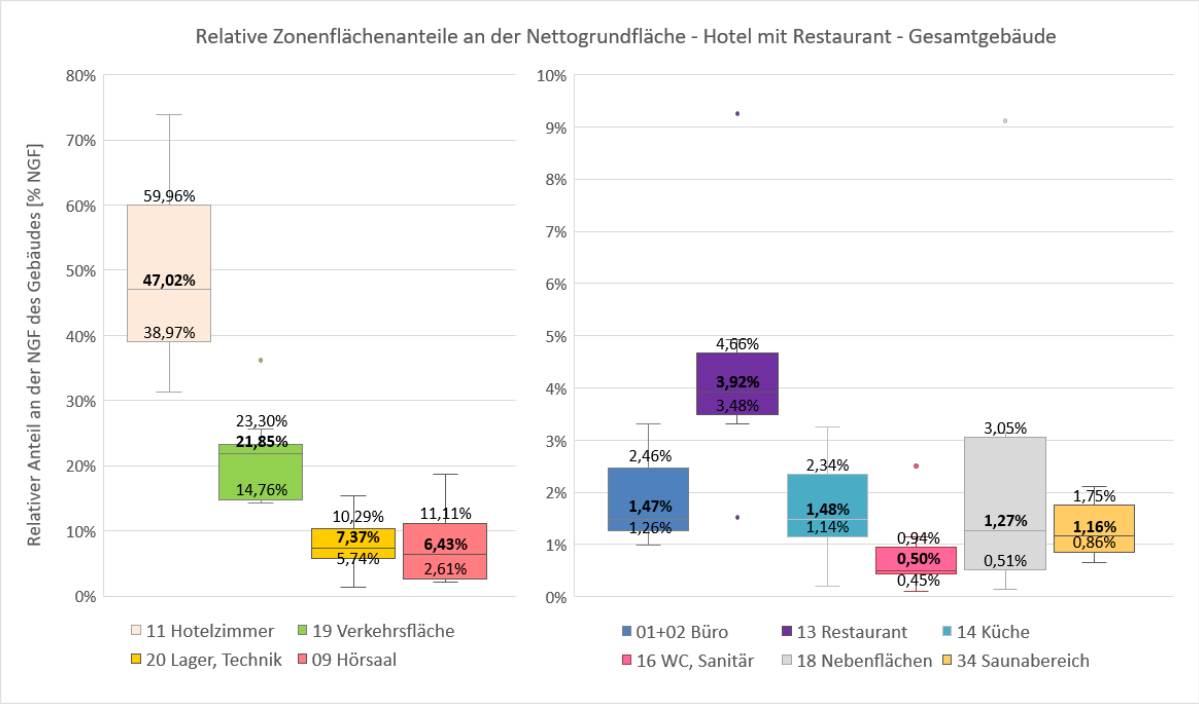

Abbildung 60 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Hotel mit Restaurant - Gesamtgebäude

Die Nutzungszone der Hotelzimmer umfasst den mit Abstand größten relativen Flächenanteil an der Nettogrundfläche. Allerdings unterliegt er mit Bezug auf das Gesamtgebäude sehr starken Schwankungen, da der absolute Anteil von Technikbereichen bei kleinen Objekten die Gesamtverteilung stärker beeinflusst. Den zweitgrößten Flächenanteil bilden mit 21,85% im Medianwert der Verteilung die Verkehrsflächen (Hotelflure, Lobbyfläche). Im Wertemittel entfallen ca. weitere 8% auf Verwaltungsbereiche, WC-Flächen und Gastronomiebereiche.

In einer alleinigen Betrachtung der Regelgeschosstypen (hier nicht dargestellt) wurde der Flächenanteil der Hotelzimmer und Verkehrsflächen näher untersucht, um eine präzisere Angabe zu liefern. Die mittleren 50% der Einzelwerte umfassen einen relativen Flächenanteil zwischen 60,84% (unteres Quartil) und 77,48% (oberes Quartil) der Nettogrundfläche in diesem Bereich. Der Medianwert lag bei 74,96%. Für die Verkehrsflächen ergaben sich ähnliche Einzelwerte wie im Gesamtgebäude.

6.1.9 Detailauswertung „Museen“

6.1.9.1 Allgemeine Daten zur Gebäudestichprobe

In der Kategorie „Veranstaltung“ wurden Gebäudedatensätze unterschiedlichster Gesamtnutzungen erhoben und ausgewertet. Aufgrund spezifisch vorkommender Nutzungszonen (z.B. Ausstellung, Theaterfoyer, Bibliothek) ist eine Auswertung nur innerhalb vergleichbarer Gebäudenutzungen zielführend. Für die Analyse der Zonenflächenanteile wurden mit „Museen“ (dieser Abschnitt) und „Theater, Schauspielhäuser“ (nächster Abschnitt) die wertestärksten Gruppen mit acht bzw. sieben erhobenen Gebäuden ausgewählt.

Die Nettogrundfläche des kleinsten Museums beträgt 351,09 m^2, die des größten 7.077,48 m^2. Die mittleren 50% der Stichprobengebäude weisen eine Nettogrundfläche zwischen 2.127,65 m^2 und 5.847,83 m^2 auf, wobei der Median der Objekte bei 3.471,80 m^2 liegt. Die grafische Verteilung und Zusammensetzung ist im Überblick in Abbildung 61 dargestellt.

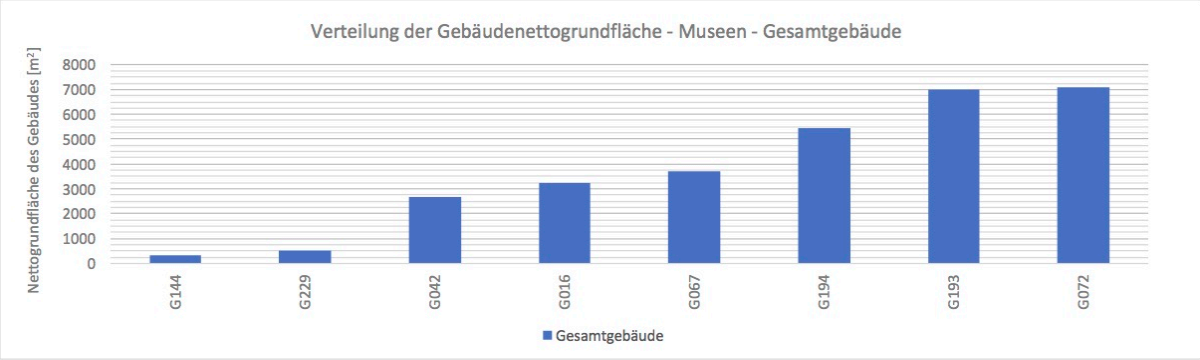

Abbildung 61 - Verteilung der Gebäudenettogrundfläche - Museen - Gesamtgebäude

6.1.9.2 Häufigkeit von Nutzungszonen und relative Zonenflächenanteile – Gesamtgebäude

In Abbildung 62 sind die aufgetretenen Zonen in Museen in ihrer Häufigkeit dargestellt.

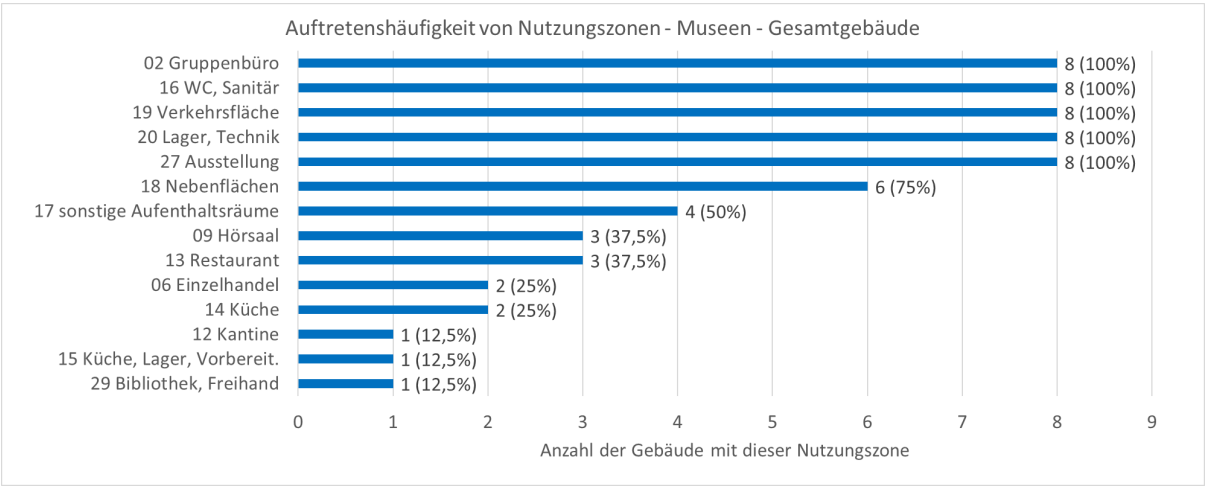

Abbildung 62 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Museen - Gesamtgebäude

In allen acht analysierten Museen und Ausstellungsgebäuden konnten die Nutzungszonen „27 Ausstellung“ als Fläche der gezeigten Ausstellungsstücke, Büroflächen zur Verwaltung („02 Gruppenbüro“), Verkehrsflächen zur Erschließung („19 Verkehrsflächen“), notwendige Sanitärflächen für Personal und Besucher („16 WC, Sanitär“) sowie Lagerflächen für Exponate und Bereiche für die Haustechnik („20

Lager, Technik) beobachtet werden. Je nach Größe des Objektes und baulichen Voraussetzungen – einzelne Museen sind in historischen Gebäudekomplexen untergebracht, die ursprünglich nicht für ein Museum konzipiert wurden – können weitere Nutzungszonen auftreten. Neben sonstigen Flächen oder Nebenräumen sind dies in den ausgewerteten Gebäuden z.B. Vortragssäle („09 Hörsaal“), Bereiche für Gastronomie unterschiedlicher Ausprägung oder kleine integrierte Museumsläden.

Die Ergebnisse der Flächenauswertung und -verteilung sind in Abbildung 63 für alle aufgenommenen Nutzungszonen skizziert.

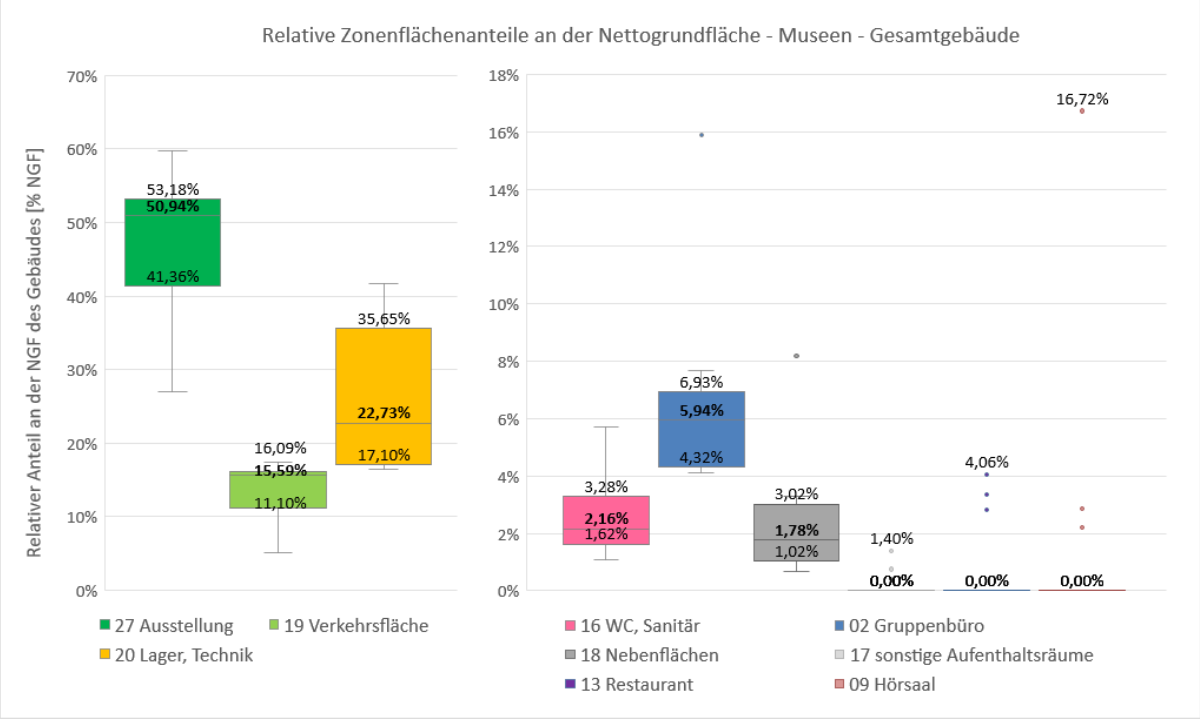

Abbildung 63 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Museen - Gesamtgebäude

Die größten relativen Anteile an der Nettogrundfläche entfallen auf die Zone der Ausstellungsflächen mit 50,94% im Median der Einzelwerte, auf Lager- und Technikflächen sowie auf die vorhandenen Verkehrsflächen. Dabei fällt auf, dass insbesondere der Anteil der Lager- und Technikflächen einen großen Interquartilsabstand (und damit eine größere Streuung) aufweist. Eine Ursache ist in Betrachtung des Gesamtgebäudes der Einfluss von möglichen Kellergeschosstypen, die den relativen Anteil der Ausstellungs- und Lagerflächen in Bezug auf das Gesamtgebäude beeinflussen. Der Flächenanteil der Verkehrsflächen weist hingegen mit 5,01% eine verhältnismäßig geringe Bandbreite auf. Weitere regelmäßig vorhandene Nutzungen („01+02 Büronutzungen“, „16 WC- und Sanitär“) umfassen im Wertemittel ca. 7% der gesamten Nettogrundfläche. In den untersuchten Gebäuden wurden Vortragssälen (Zone „09 Hörsaal“) als separater Nutzungsbereich angesehen, je nach Anordnung im Gebäude können diese Flächen ebenfalls zur regulären Ausstellungsfläche gehören.

6.1.10 Detailauswertung „Theater und Schaupielhäuser“

6.1.10.1 Allgemeine Daten zur Gebäudestichprobe

Im Rahmen der Stichprobenerhebung gelang es, Gebäudedaten von sieben Theatern und Schauspielhäusern unterschiedlichster Ausrichtung zu erheben und auszuwerten.

Die Nettogrundfläche des kleinsten Theaters beträgt 201,97 m^2 (Schauspielhaus mit Kleinkunstbühne), die des größten 12.541,69 m^2 (Theater mit Probebühnen, Orchester und Ballett). Die mittleren 50% der Stichprobengebäude weisen eine Nettogrundfläche zwischen 751,63 m^2 und 2.177,37 m^2 auf, wobei der Median der Objekte bei 1.560,89 m^2 liegt. Die grafische Verteilung und Zusammensetzung ist im Überblick in Abbildung 64 skizziert.

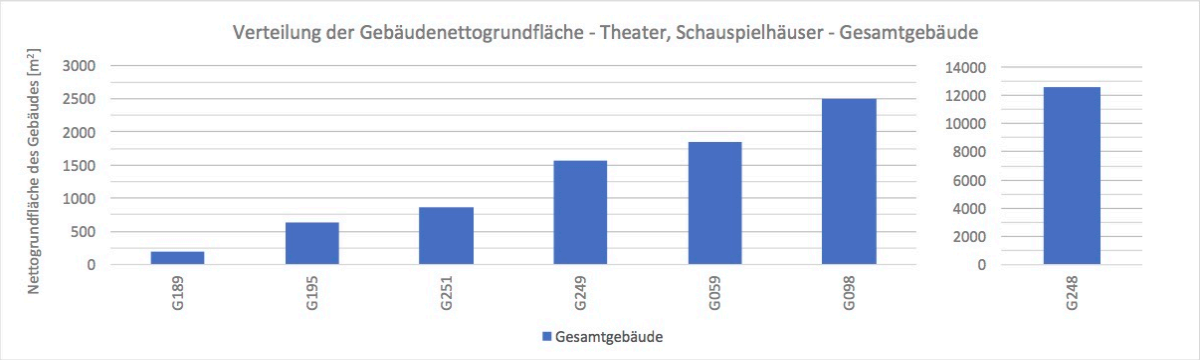

Abbildung 64 - Verteilung der Gebäudenettogrundfläche - Theater, Schauspielhäuser – Gesamtgebäude

6.1.10.2 Häufigkeit von Nutzungszonen und relative Zonenflächenanteile – Gesamtgebäude

Trotz einer großen Bandbreite in der Flächenausdehnung der Stichprobengebäude lassen sich Gemeinsamkeiten im Vorhandensein typischer Nutzungszonen beobachten. Einen Überblick über die Häufigkeit des Auftretens einzelner Nutzungen gibt Abbildung 65.

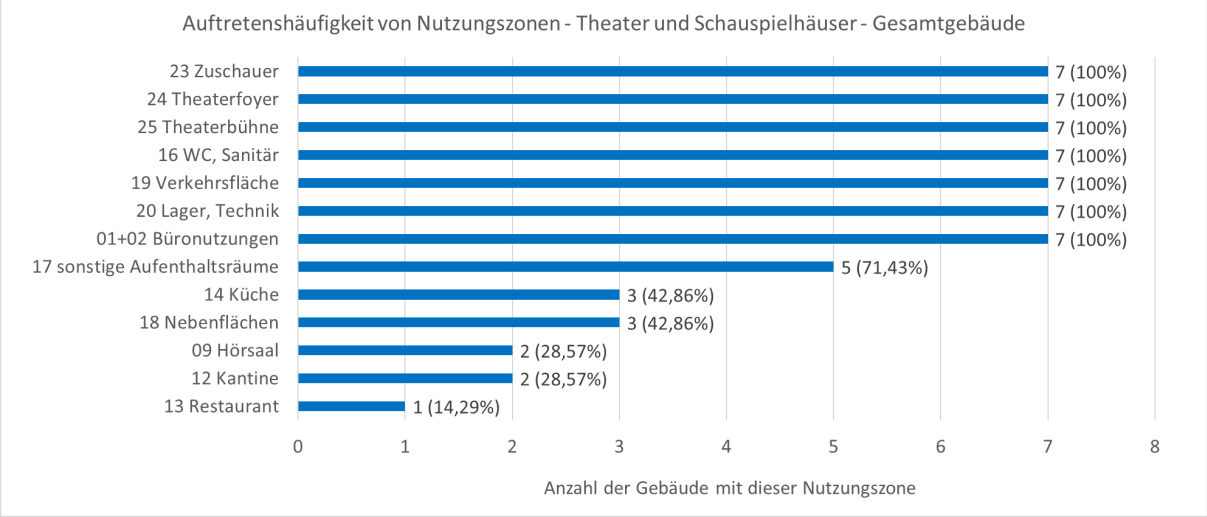

Abbildung 65 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Theater und Schauspielhäuser - Gesamtgebäude

Alle sieben ausgewerteten Theater und Schauspielhäuser besitzen allgemein notwendige Nutzungen zur Versorgung („16 WC und Sanitär“, „20 Lager, Technik“), Verwaltung („01+02 Büronutzungen“) und

Erschließung („19 Verkehrsflächen“) des Gebäudes. Darüber hinaus lassen sich Flächen funktionaler Bereiche zu den Zonen „24 Theaterfoyer“ als spezielle Verkehrsfläche mit intensiver Nutzung, „25 Theaterbühne“ als Schauspielfläche sowie den Zuschauerbereich zur Zone „23 Zuschauer“ zuordnen.

Je nach Größe und Ausrichtung der Spielstätte sind Flächen vorhanden, die der gastronomischen versorgung der Gäste (z.B. Theatercafé) oder der Angestellten (Kantine) dienen. Räume mit unregelmäßiger Nutzung (z.B. Maske, Umkleide) wurden zumeist als sonstige Aufenthaltsräume (Profil Nr. 17) oder Nebenflächen (Profil Nr. 18) eingeordnet.

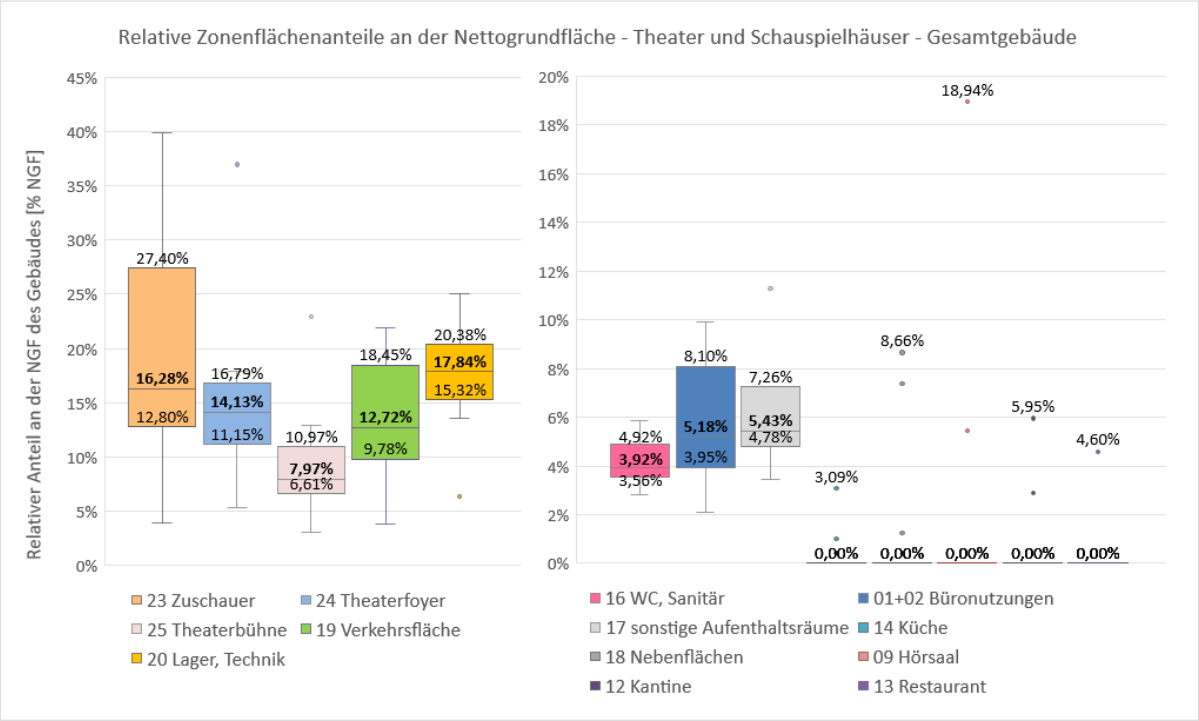

Abbildung 66 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Theater und Schauspielhäuser - Gesamtgebäude

Den größten relativen Flächenanteil an den betrachteten Theatern und Schauspielhäusern (Abbildung 66) besitzen insgesamt die spezifischen Zonen „23 Zuschauer“, „24 Theaterfoyer“ und „25 Theaterbühne“, wobei der relative Flächenanteil des Zuschauerbereichs im Verhältnis zum Gesamtgebäude starken Streuungen unterliegt. Eine Erklärung liegt in der festen absoluten Größenkonzeption, deren relativer Flächenanteil bei besonders bei großen Objekten stark sinkt. Zur Präzisierung sind an dieser Stelle weitere Untersuchungen erforderlich. Weitere große Anteile an der Nettogrundfläche des Gesamtgebäudes bilden Verkehrsflächen zusätzlich zum Theaterfoyer (z.B. in internen Bereichen) sowie Lager- und Technikflächen. Der Flächenanteil der vorhandenen Sanitärflächen weist in allen betrachteten Gebäuden eine geringe Streuung auf, Büronutzungen und Nebenflächen besitzen besonders bei kleineren Gebäuden einen größeren Anteil an der relativen Nettogrundfläche.

6.2 Jahreskennwerte für den Nutzerstrombedarf – detaillierte Angaben

6.2.1 Allgemeine Angaben, Umfang der erhobenen Kennwerte

Auf Basis der Häufigkeit unterschiedlicher Nutzungszonen in den untersuchten Gebäuden konnten – je nach Datenlage – detailliert berechnete oder näherungsweise Jahreskennwerte erarbeitet werden. Dieser Abschnitt beschreibt die Ergebnisse der detaillierten Untersuchung häufig vorkommender Nutzungszonen. Die Ergebnisse der Näherung sind in Abschnitt 6.3 beschrieben. Für in Summe 7 Bürogebäude, 10 Schulen und 1 Kindergarten wurden alle vorhandenen elektrischen Geräte und Anlagen dokumentiert und jeweils eine Modellierung des Gesamtstrombedarfs im Abgleich des tatsächlichen Verbrauchs durchgeführt. In der Rückrechnung des Nutzerstrombedarfs auf die Zonenflächenanteile können Jahreskennwerte für verschiedene Nutzungen bereitgestellt werden (Tabelle 16):

Tabelle 16 - Übersicht der Zonen mit detaillierten Kennwerten für den jährlichen Nutzerstrombedarf

Nummer	Nutzungsprofil/Zonenbezeichnung	Anzahl der Räume	Kennwerte
01	Einzelbüro	190 (190 AP)	detailliert
02	Gruppenbüro (zwei bis sechs Arbeitsplätze)	120 (298 AP)	detailliert
04	Besprechung, Sitzung, Seminar	12	detailliert
08	Klassenzimmer (Schule), Gruppenraum (Kita)	355	detailliert
15	Küche – Vorbereitung, Lager	18	detailliert
16	WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden	248	detailliert
17	Sonstige Aufenthaltsräume	87	detailliert
18	Nebenflächen (ohne Aufenthaltsräume)	98	detailliert
19	Verkehrsflächen	611	detailliert
20	Lager, Technik, Archiv	406	detailliert

Aus Platzgründen sind in den folgenden Darstellungen die Bezeichnungen der Nutzungsprofile zum Teil auf die Angabe der Nummer und einer verkürzten Zonenbezeichnung reduziert (z.B. 08 Klassenzimmer).

6.2.2 Methodik der Kennwerterhebung, Interpretation der Ergebnisse

Für alle zu einer Nutzungszone zugeordneten Räume (z.B. alle Einzelbüros in Büros, Schulen und Kindertagesstätten) wurde anhand der hinterlegten Geräteausstattung, Leistungsangaben und Laufzeiten jeweils der spezifische Nutzerstrombedarf mit der Nettogrundfläche des Raumes [kWh/(m² NGF · a)] berechnet. Die so erhaltenen Ergebnisse wurden anschließend nach ihrer Größe aufsteigend sortiert.

Um der Analogie der vorhandenen Randbedingungen in DIN V 18599-10 zu folgen, wurden Kennwerte in den Nutzungsintensitäten „gering“, „mittel“ und „hoch“ formuliert. Hierzu wurde die Anzahl der geordneten Raumbedarfe in drei Drittel geteilt. Der ausgewiesene Kennwert entspricht dem arithmetischen Mittel der vorhandenen Werte im betrachteten Drittel. In einzelnen Nutzungen, in denen nur selten Anwenderhilfen vorkommen (z.B. in Sanitärbereichen), wird zusätzlich ein Kennwert im Bereich „hoch“ angegeben. Dieser beschreibt das arithmetische Mittel aller Räume mit Arbeitshilfen.

Die Ergebnisse der Betrachtung umfassen für jede Nutzungszone verschiedene Darstellungen:

- **Detailinformationen zur Auswertung** (Umfang und Verteilung, Kenn- und Grenzwerte, Herkunft der Datensätze aus Bürogebäuden (B), Schulen (S) oder Kindertagesstätten (K))
- **Sortierte Einzelwerte mit Kennwerten** (grafische Verteilung der geordneten Einzelwerte)
- **Histogramm und Absolutwerte der Verteilung** (Häufigkeiten, Verteilung der Bedarfswerte)
- **Geräteausstattung von Einzelräumen** (Ausstattungen unterschiedlicher Nutzungsintensität)
- **Durchschnittlicher Jahresbedarf häufiger Arbeitshilfen** (Hilfestellung zur Einordnung)

6.2.3 Nutzungsprofil Nr. 01 – Einzelbüro

In der Auswertung aller untersuchten Einzelbüros konnten folgende Ergebnisse erzielt werden.

Tabelle 17 - Detailinformationen zur Auswertung - Nutzungsprofil 01 Einzelbüro

Allgemeine Informationen	
Anzahl der Räume	190
min./max. Raumfläche	9,02/52,02 m²
ø Einzelraumfläche	20,15 m²
Datenherkunft (B/S/K)	160/29/1
Histogramm	
Anzahl der Klassen	10
Breite der Klassen	2,50 kWh/(m²a)

Angaben zur Werteverteilung	
Minimum	0,99 kWh/(m²a)
Kennwert gering	**4,50 kWh/(m²a)**
Grenzwert 1. Drittel	5,20 kWh/(m²a)
Kennwert mittel	**6,44 kWh/(m²a)**
Grenzwert 2. Drittel	7,69 kWh/(m²a)
Kennwert hoch	**12,63 kWh/(m²a)**
Maximum	24,57 kWh/(m²a)

Als Jahreskennwerte für den zonenbezogenen Nutzerstrombedarf ergeben sich anhand der getroffenen Berechnungsmethodik für die Intensitäten gering/mittel/hoch Werte von 4,50/6,44/12,63 kWh/(m²a).

Der Bereich „hoch“ weist dabei den größten Wertebereich auf. Die überwiegende Anzahl der berechneten Raumbedarfe liegt im Bereich zwischen 2,50 und 7,50 kWh/(m²a). In der Betrachtung der Absolutwerte liegen die Bedarfe der Räume in einem engen Bereich dicht beieinander.

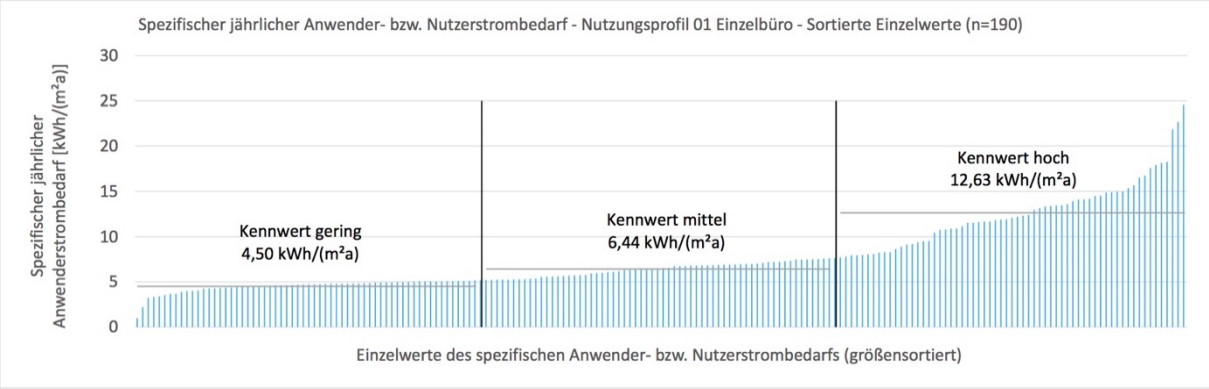

Abbildung 67 - Spezifischer jährlicher Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf - Nutzungsprofil 01 Einzelbüro

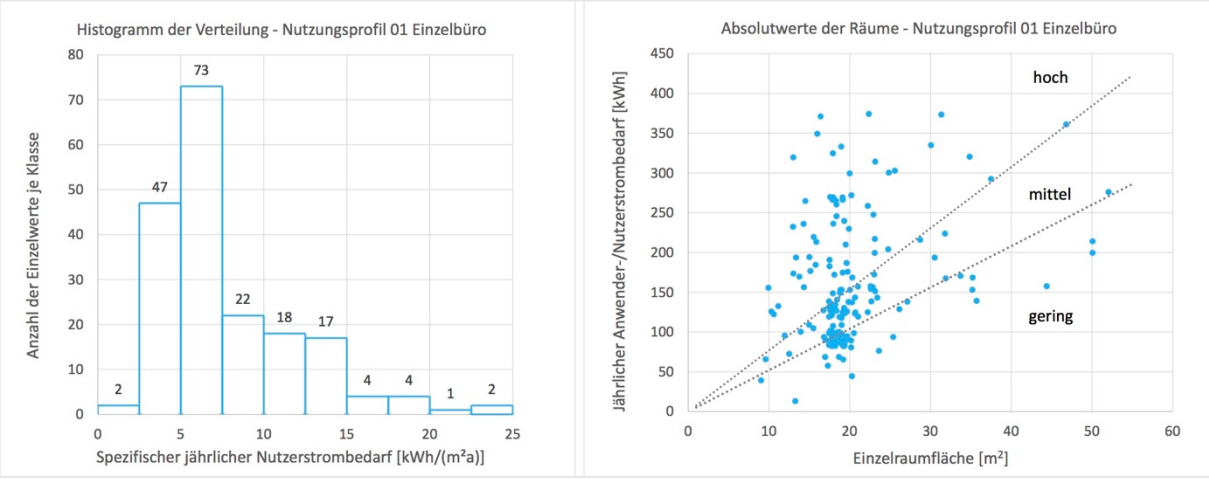

Abbildung 68 - Histogramm der Verteilung (links) und Absolutwerte der Räume (rechts) - Nutzungsprofil 01 Einzelbüro

Die Geräteausstattung der 190 Einzelbüros umfasst im Minimalfall ein Telefon sowie einen PC mit Monitor (alternativ ein Notebook oder ein All-in-One-Gerät). Je nach persönlichem Nutzerverhalten können

zahlreiche Arbeitshilfen den Arbeitsplatz ergänzen. In den häufigsten Fällen sind dies Wasserkocher (70), Arbeitsplatzdrucker (69) und Tischlampen (50). In den zugehörigen Räumen der drei betrachteten Nutzungsintensitäten gering/mittel/hoch konnten spezifische Ausstattungen beobachtet werden. Die folgende Tabelle fasst dazu die (meist vorgefundenen) Gerätekombinationen zusammen.

Tabelle 18 - Niveau der Geräteausstattung von Einzelräumen - Nutzungsprofil 01 Einzelbüro

geringes Niveau	mittleres Niveau	hohes Niveau
• 1 PC (allgemein oder Client) und 1 Monitor (alternativ: 1 Notebook oder 1 All-in-One-Gerät) • 1 Telefon • max. 1 Tischlampe • max. 1 Wasserkocher • bis zu 3 zusätzliche Kleingeräte (z.B. Aktenvernichter, CD-Player)	• 1 PC (allgemein oder Client) und 1-2 Monitore (alternativ: 1 Notebook oder 1 All-in-One-Gerät und je 1 Monitor) • 1 Telefon • 1 Tischlampe • 1 Wasserkocher und/oder 1 Kaffeemaschine • 1 Arbeitsplatzdrucker • bis zu 3 zusätzliche Kleingeräte (z.B. Aktenvernichter, CD-Player)	• 1 PC (allgemein oder Client) und 2 Monitore (alternativ: 1 Notebook oder 1 All-in-One-Gerät und je 1 Monitor) • ggf. zusätzlich 1 Notebook (in Parallelnutzung) • 1 Telefon • 1 Tischlampe • 1 Wasserkocher und/oder 1 Kaffeemaschine • 1 Arbeitsplatzdrucker • 3 oder mehr Kleingeräte • weitere größere Geräte (z.B. Kühlschrank)

Um Unsicherheiten in der Zuordnung von Räumen zu einem Ausstattungsniveau bzw. zu einer Nutzungsintensität zu verringern, sind für die am häufigsten vorkommenden Anwenderhilfen durchschnittliche Jahresbedarfe je Einzelgerät angegeben. Diese beziehen sich auf eine Arbeitstätigkeit von 8h/Tag bzw. 200 Arbeitstagen/Jahr und können für eine exemplarische Rechnung verwendet bzw. angepasst werden. Eine vollständige Liste aller erhobenen Geräte befindet sich im Anhang.

Tabelle 19 - Durchschnittliche Jahreswerte für den Strombedarf häufiger Geräte - Nutzungsprofil 01 Einzelbüro

Arbeitshilfe/Gerät	Gesamtanzahl der Geräte	Gesamtstrombedarf der Geräte [kWh/a]	ø Jahresbedarf je Einzelgerät [kWh/a]
PC allgemein[1]	68 (∑ 223)	3.727,42 (∑ 15.062,95)	**68**
PC Client[1]	112 (∑ 240)	3.087,40 (∑ 5.861,92)	**24**
Monitor[1]	238 (∑ 641)	10.036,58 (∑ 26.629,54)	**42**
Telefon[1,2]	187 (∑ 469)	2.404,11 (∑ 6.066,88)	**13**
Drucker (Arbeitsplatz)	69	3.217,22	**47**
Kaffeemaschine	49	1.614,02	**33**
Wasserkocher	70	856,90	**12**
Tischlampe	50	170,62	**3,4**
CD-Player	50	267,19	**5,3**
Kühlschrank[1,2]	11 (∑ 33)	1.523,00 (∑ 5.024,48)	**152**

[1]Die Berechnung des Durchschnittswertes beruht auf der Summe aller zugehörigen Geräte in den Nutzungen 01 und 02

[2]Die Durchschnittswerte beziehen sich auf einen Zeitraum von 24h/d und 365d/a

Um eine Bewertung des Nutzerstrombedarfs nach Arbeitsplätzen vorzunehmen, wurden ebenfalls die Bedarfswerte auf Basis des Arbeitsplatzes (AP) auswertet.

Tabelle 20 - Detailinformationen zur Auswertung (Arbeitsplätze) - Nutzungsprofil 01 Einzelbüro

Allgemeine Informationen	
Anzahl der Räume	190
Anzahl der Arbeitsplätze	190
ø AP je Raum	(1)
Datenherkunft (B/S/K)	160/29/1
Histogramm	
Anzahl der Klassen	8
Breite der Klassen	50 kWh/(AP·a)

Angaben zur Werteverteilung	
Minimum	13,14 kWh/(AP·a)
Kennwert gering	**84,45 kWh/(AP·a)**
Grenzwert 1. Drittel	98,62 kWh/(AP·a)
Kennwert mittel	**129,39 kWh/(AP·a)**
Grenzwert 2. Drittel	157,64 kWh/(AP·a)
Kennwert hoch	**244,79 kWh/(AP·a)**
Maximum	374,24 kWh/(AP·a)

Je Büroarbeitsplatz ergibt sich für die Nutzungsintensitäten gering, mittel und hoch jeweils ein Kennwert von 84,45, 129,29 und 244,79 kWh/(AP · a). Die Verteilung der Einzelwerte zeigt Abbildung 69.

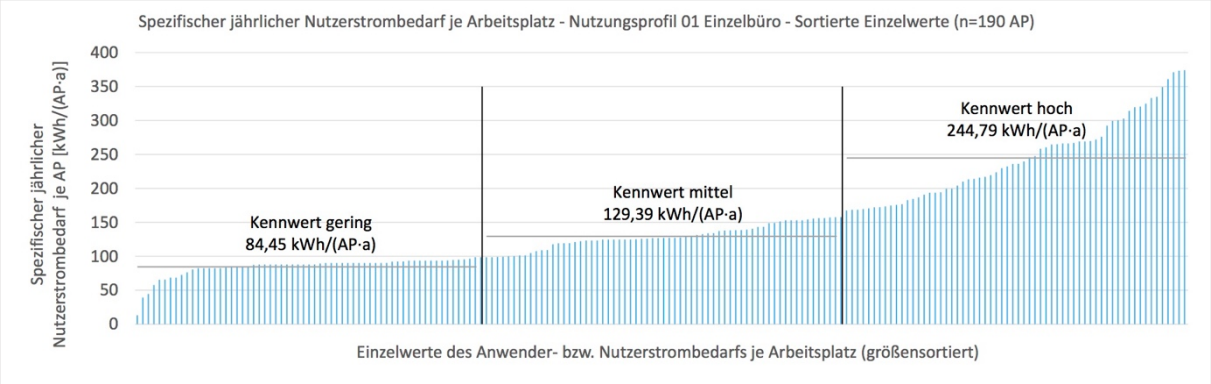

Abbildung 69 - Spezifischer jährlicher Nutzerstrombedarf je Arbeitsplatz - Nutzungsprofil 01 Einzelbüro

Die Mehrzahl der Arbeitsplätze weist einen Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf zwischen 50 und 150 kWh/(AP · a) auf, bis auf Einzelwerte weisen alle weiteren untersuchten Einzelbüros einen höheren Bedarf auf. In der Verteilung der Absolutwerte lässt sich erkennen, dass der Nutzerstrombedarf [kWh/a] mit wachsender Räumgröße tendenziell steigt (Abbildung 70).

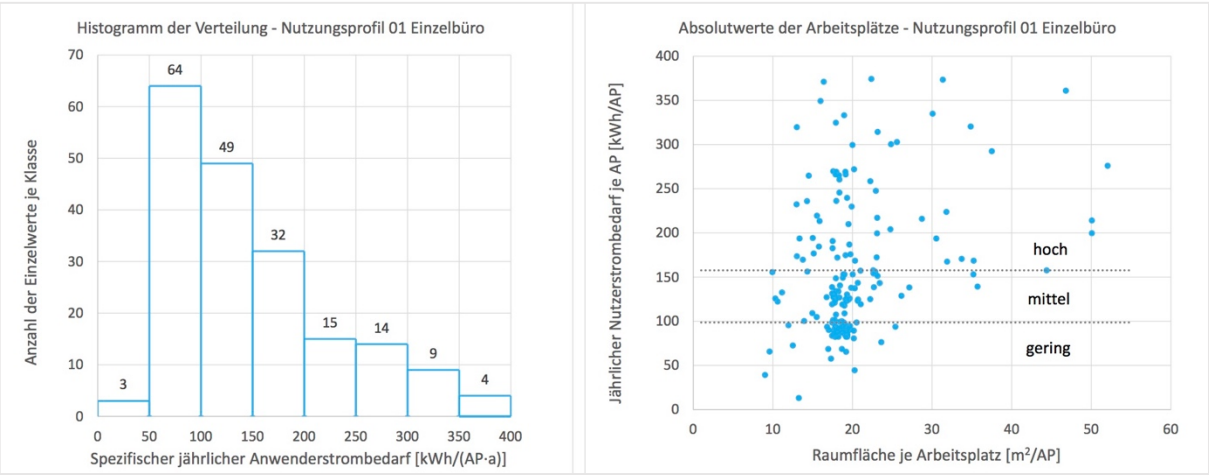

Abbildung 70 - Histogramm der Verteilung (links) und Absolutwerte der Räume (rechts) - Nutzungsprofil 01 Einzelbüro

6.2.4 Nutzungsprofil Nr. 02 – Gruppenbüro (2-6 Arbeitsplätze)

In der Auswertung aller untersuchten Gruppenbüros konnten folgende Ergebnisse erarbeitet werden.

Tabelle 21 - Detailinformationen zur Auswertung - Nutzungsprofil 02 Gruppenbüro

Allgemeine Informationen	
Anzahl der Räume	120
min./max. Raumfläche	14,33/73,82 m²
ø Einzelraumfläche	30,75 m²
Datenherkunft (B/S/K)	113/7/0
Histogramm	
Anzahl der Klassen	10
Breite der Klassen	3,00 kWh/(m²a)

Angaben zur Werteverteilung	
Minimum	5,00 kWh/(m²a)
Kennwert gering	**7,52 kWh/(m²a)**
Grenzwert 1. Drittel	9,33 kWh/(m²a)
Kennwert mittel	**12,05 kWh/(m²a)**
Grenzwert 2. Drittel	15,13 kWh/(m²a)
Kennwert hoch	**22,63 kWh/(m²a)**
Maximum	33,20 kWh/(m²a)

Als Jahreskennwerte für den zonenbezogenen Nutzerstrombedarf ergeben sich mit der getroffenen Berechnungsmethodik für die Intensitäten gering/mittel/hoch Werte von 7,52/12,05/22,63 kWh/(m²a). Im Vergleich mit den untersuchten Einzelbüros ergeben sich Durchschnittswerte, die jeweils gering unter dem Wertedoppel der Kennwerte liegen. Abbildung 71 zeigt die größensortierte Darstellung.

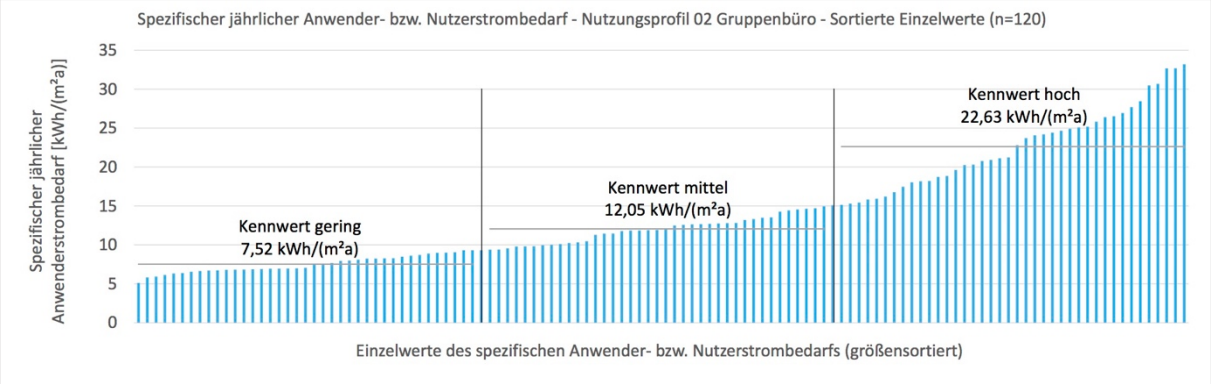

Abbildung 71 - Spezifischer jährlicher Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf - Nutzungsprofil 02 Gruppenbüro

Mehr als die Hälfte der berechneten Gruppenbüros (73) besitzt einen jährlichen Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf zwischen 5,00 und 14,00 kWh/(m²a), alle weiteren untersuchten Räume weisen einen höheren Bedarf auf. Die Gruppenbüros der Detailstichprobe umfassen bis auf wenige Ausnahmen eine Nettogrundfläche zwischen 14,33 und 44,60 m².

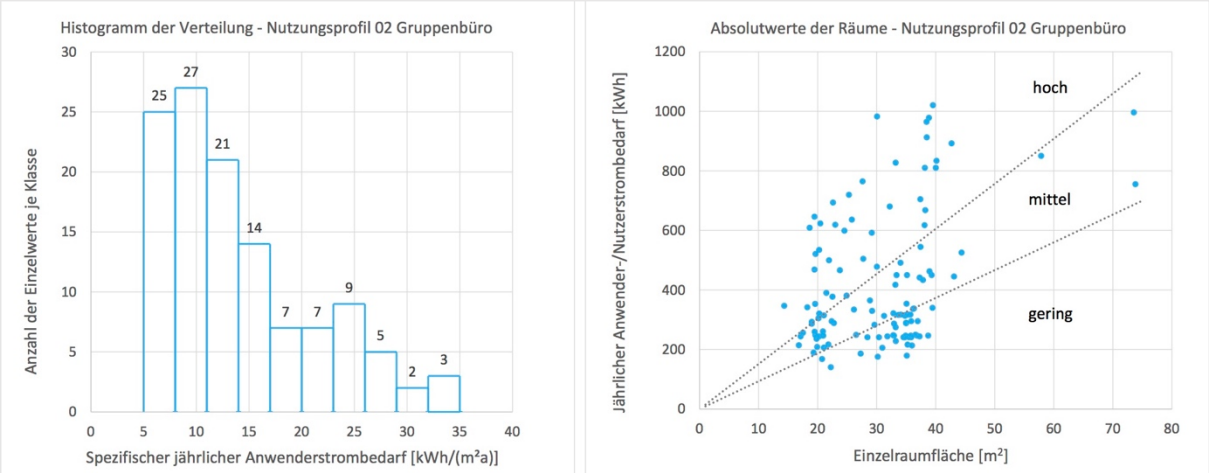

Abbildung 72 - Histogramm der Verteilung (links) und Absolutwerte der Räume (rechts) - Nutzungsprofil 02 Gruppenbüro

Die Geräteausstattung von Gruppenbüros entspricht im Wesentlichen der von Einzelbüros, allerdings mit einem Unterschied. Während ebenfalls je Arbeitsplatz ein PC und mindestens ein Monitor (bzw. ein Notebook oder ein All-in-One-Gerät) und ein Telefon als persönliche Arbeitshilfen vorhanden sind, befinden sich weitere Anwenderhilfen (z.B. Wasserkocher, Kaffeemaschinen, Kühlschränke) häufig in gemeinsamer Nutzung. Die durchschnittlichen Geräteausstattungen und damit verbundenen Nutzungsintensitäten der begangenen Gruppenbüros lassen wie folgt kategorisieren.

Tabelle 22 - Niveau der Geräteausstattung von Einzelräumen - Nutzungsprofil 02 Gruppenbüro

geringes Niveau	mittleres Niveau	hohes Niveau
je Arbeitsplatz • 1 PC (allgemein oder Client) und 1 Monitor (alternativ: 1 Notebook oder 1 All-in-One-Gerät) • 1 Telefon • max. 1 Tischlampe gemeinsam • 1 Wasserkocher oder 1 Kaffeemaschine • bis zu 3 zusätzliche Kleingeräte (z.B. Aktenvernichter, CD-Player)	je Arbeitsplatz • 1 PC (allgemein oder Client) und 1-2 Monitore (alternativ: 1 Notebook oder 1 All-in-One-Gerät und je 1 Monitor) • 1 Telefon • 1 Tischlampe gemeinsam • in Summe maximal 2 Wasserkocher und/oder Kaffeemaschinen • 1 Arbeitsplatzdrucker • bis zu 3 zusätzliche Kleingeräte • ggf. 1 Fax oder 1 Scanner	je Arbeitsplatz • 1 PC (allgemein oder Client) und ≥2 Monitore (alternativ: 1 Notebook oder 1 All-in-One-Gerät und je 1 Monitor) • ggf. zusätzlich 1 Notebook (in Parallelnutzung) • 1 Telefon • 1 Tischlampe gemeinsam • in Summe 2 oder mehr Wasserkocher und/oder Kaffeemaschinen • 1 Arbeitsplatzdrucker • 3 oder mehr Kleingeräte • ggf. 1 Fax oder 1 Scanner • weitere größere Geräte

Für die detaillierte Bewertung von Räumen hinsichtlich der Nutzungsintensität sind durchschnittliche Jahresbedarfswerte von häufigen Anwenderhilfen angegeben. Der Bezug liegt auf einer Arbeitszeit von 8 h/Tag und 200 Arbeitstagen/Jahr. Die vollständige Aufstellung befindet sich im Anhang.

Tabelle 23 - Durchschnittliche Jahreswerte für den Strombedarf häufiger Geräte - Nutzungsprofil 02 Gruppenbüro

Arbeitshilfe/Gerät	Gesamtanzahl der Geräte	Gesamtstrombedarf der Geräte [kWh/a]	ø Jahresbedarf je Einzelgerät [kWh/a]
PC allgemein[1]	155 (∑ 223)	11.335,53 (∑ 15.062,95)	**68**
PC Client[1]	128 (∑ 240)	2.774,52 (∑ 5.861,92)	**24**
Monitor[1]	403 (∑ 641)	16.592,96 (∑ 26.629,54)	**42**
Telefon[1,2]	282 (∑ 469)	3.662,77 (∑ 6.066,88)	**13**
Drucker (Arbeitsplatz)	70	2.156,95	**31**
Kaffeemaschine	71	3.886,58	**55**
Wasserkocher	91	1.666,25	**18**
Tischlampe	189	408,74	**2,2**
Radio	24	62,12	**2,6**
Kühlschrank[1,2]	22 (∑ 33)	3.501,48 (∑ 5.024,48)	**152**

[1]Die Berechnung des Durchschnittswertes beruht auf der Summe aller zugehörigen Geräte in den Nutzungen 01 und 02

[2]Die Durchschnittswerte beziehen sich auf einen Zeitraum von 24h/d und 365d/a

Auch hier wurden ebenfalls die Bedarfswerte auf Basis der vorhandenen Arbeitsplätze (AP) auswertet. Hierbei entfallen auf die untersuchten Gruppenbüros zwischen 2 und 5 Einzelarbeitsplätze, dabei ergibt sich statistisch ein Durchschnitt von 2,48 Arbeitsplätzen je Büro.

Tabelle 24 - Detailinformationen zur Auswertung - Nutzungsprofil 02 Gruppenbüro (Arbeitsplätze)

Allgemeine Informationen	
Anzahl der Räume	120
Anzahl der Arbeitsplätze	298
ø AP je Raum	2,48
Datenherkunft (B/S/K)	160/29/1
Histogramm	
Anzahl der Klassen	8
Breite der Klassen	50 kWh/(AP·a)

Angaben zur Werteverteilung	
Minimum	70,31 kWh/(AP·a)
Kennwert gering	**109,60 kWh/(AP·a)**
Grenzwert 1. Drittel	124,21 kWh/(AP·a)
Kennwert mittel	**151,65 kWh/(AP·a)**
Grenzwert 2. Drittel	173,41 kWh/(AP·a)
Kennwert hoch	**230,78 kWh/(AP·a)**
Maximum	346,84 kWh/(AP·a)

Je Büroarbeitsplatz in einem Gruppenbüro ergibt sich für die Nutzungsintensitäten gering, mittel und hoch jeweils ein Kennwert von 109,60, 151,51 bzw. 230,78 kWh/(AP · a). Im Vergleich zu einem Arbeitsplatz in einem Einzelbüro weisen die Kennwerte in den Intensitäten „gering“ und „mittel“ einen höheren Wert aus, was sich u.a. mit einer größeren Nutzungshäufigkeit von z.B. Kaffeemaschinen erklären lässt. Die Verteilung der Einzelwerte zeigt Abbildung 73.

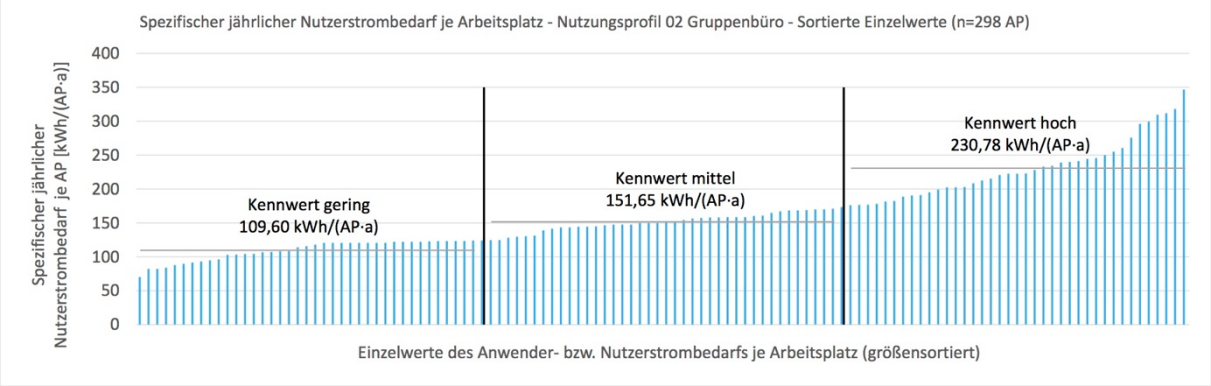

Abbildung 73 - Spezifischer jährlicher Nutzerstrombedarf je Arbeitsplatz - Nutzungsprofil 02 Gruppenbüro

Der überwiegende Teil der berechneten Gruppenbüros weist einen jährlichen Nutzerstrombedarf zwischen 100 und 250 kWh/(AP · a) aus, je Arbeitsplatz stehen zwischen 7,16 und 22,00 m² zur Verfügung.

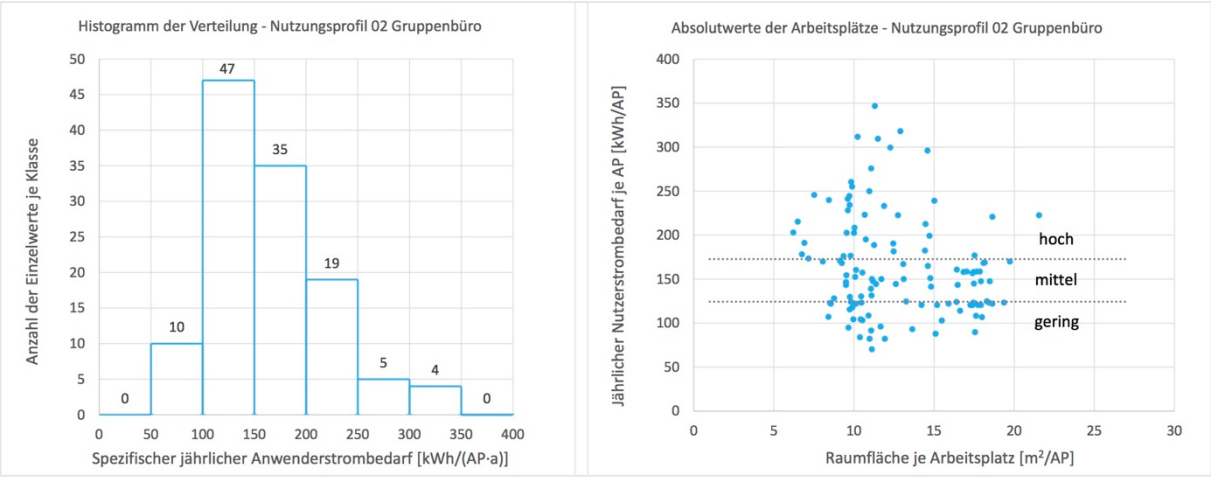

Abbildung 74 - Histogramm der Verteilung (li.) und Absolutwerte der Arbeitsplätze (re.) - Nutzungsprofil 02 Gruppenbüro

6.2.5 Nutzungsprofil Nr. 04 – Besprechung, Sitzung, Seminar

In den untersuchten Gebäuden konnten in Summe zwölf Räume der regulären Nutzung als Besprechungs-, Sitzungs- oder Seminarraum zugeordnet werden. Alle Einzelräume befinden sich in Bürogebäuden und weisen eine Nettogrundfläche zwischen 12,04 und 96,32 m² auf.

Tabelle 25 - Detailinformationen zur Auswertung - Nutzungsprofil 04 Besprechung, Sitzung, Seminar

Allgemeine Informationen	
Anzahl der Räume	12
min./max. Raumfläche	12,04/96,32 m²
ø Einzelraumfläche	45,62 m²
Datenherkunft (B/S/K)	12/0/0
Histogramm	
Anzahl der Klassen	3
Breite der Klassen	1,00 kWh/(m²a)

Angaben zur Werteverteilung	
Minimum	0,00 kWh/(m²a)
Kennwert gering	**0,46 kWh/(m²a)**
Grenzwert 1. Drittel	0,72 kWh/(m²a)
Kennwert mittel	**0,88 kWh/(m²a)**
Grenzwert 2. Drittel	1,27 kWh/(m²a)
Kennwert hoch	**2,30 kWh/(m²a)**
Maximum	3,00 kWh/(m²a)

Als Jahreskennwerte für den zonenbezogenen Nutzerstrombedarf ergeben sich mit der getroffenen Berechnungsmethodik für die Intensitäten gering/mittel/hoch Werte von 0,46/0,88/2,30 kWh/(m²a). Die größensortierte Darstellung wird in Abbildung 75 dargestellt.

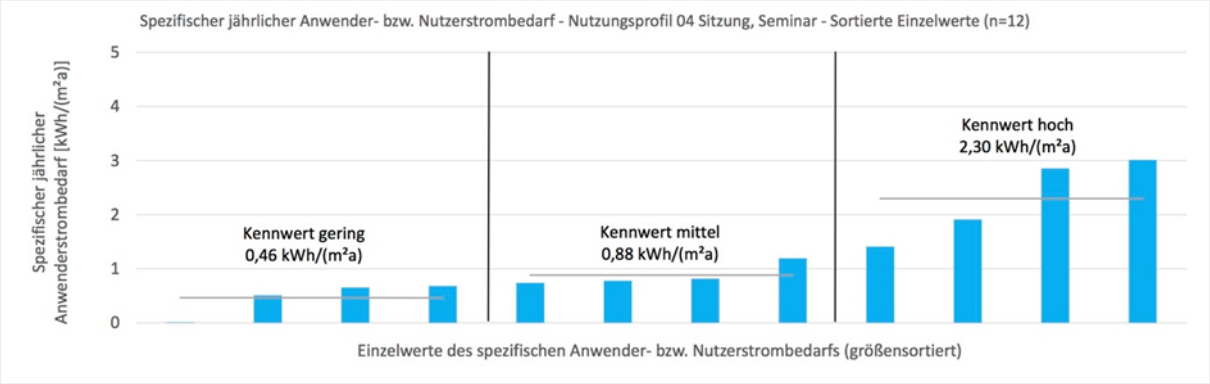

Abbildung 75 - Spezifischer jährlicher Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf - Nutzungsprofil 04 Bespr., Sitzung, Seminar

Von den betrachteten 12 Sitzungsräumen liegt der spezifische jährliche Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf unter den gewählten Randbedingungen unter 1 kWh/(m²a). Ein Raum besitzt keine Arbeitshilfen.

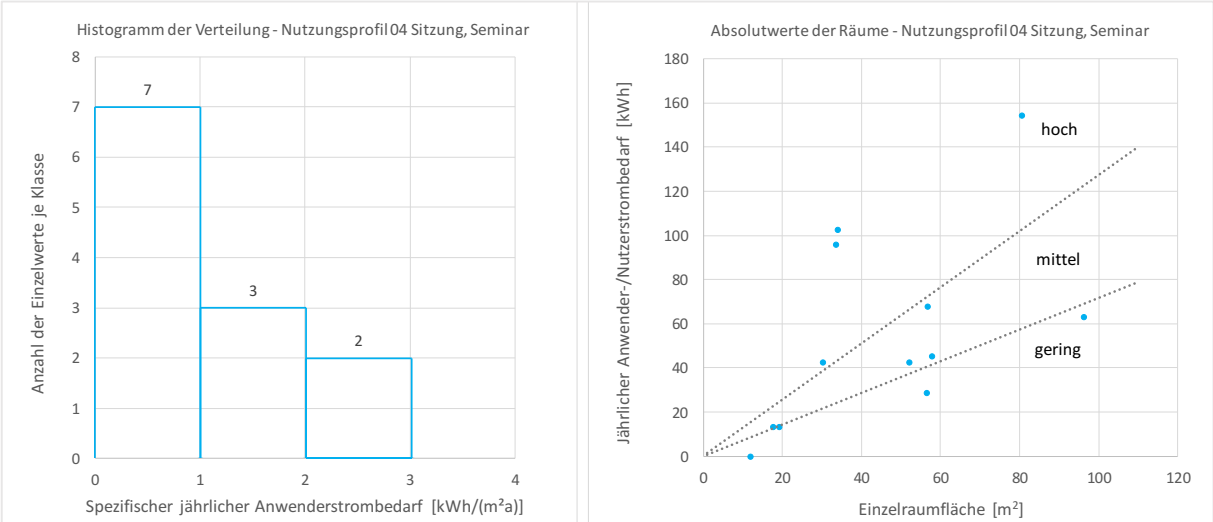

Abbildung 76 - Histogramm der Verteilung (li.) und Absolutwerte der Räume (re.) - Nutzungsprofil 04 Bespr., Sitzung, Seminar

Die aufgenommenen Räume wiesen große Unterschiede in der Ausstattung mit Arbeitshilfen auf. Während vorwiegend intern genutzte Beratungs- und Sitzungsräume ein geringes oder mittleres Niveau aufweisen, besitzen Räume mit dem Zweck einer übergreifenden Kommunikation mit der Außenwelt ein hohes Niveau an Geräteausstattung. Die folgende Übersicht fasst die Geräteausstattung zusammen.

Tabelle 26 - Niveau der Geräteausstattung von Einzelräumen - Nutzungsprofil 04 Besprechung, Sitzung, Seminar

geringes Niveau	mittleres Niveau	hohes Niveau
keine vorhandene Geräteausstattung oder • 1 Telefon • ggf. 1 Kaffeemaschine oder 1 Fernseher	• 1 Telefon • 1 Beamer, 1 Projektor oder 1 Fernseher • max. 1 Kaffeemaschine • 1 Notebook (nur während einer Sitzung vorhanden) • ggf. 1 Paar Lautsprecher (separat oder integriert)	• 1 Telefon • 1 Beamer oder 1 Fernseher • weitere Peripheriegeräte (BD-, DVD-, VCR-Player) • 1 Videokonferenzsystem (Tischgerät + Kamera) • 1 Paar Lautsprecher (separat oder integriert) • 1 Notebook (nur während einer Sitzung vorhanden) • ggf. weitere Geräte

Um im Einzelfall exemplarisch die Einordnung eines Raumes in die Nutzungsintensitäten gering, mittel oder hoch zu überprüfen, sind nachfolgend die durchschnittlichen Jahreswerte für den Nutzerstrombedarf von aufgefundenen Einzelgeräten angegeben. Die Angaben beziehen sich auf Sitzungsräume in Bürogebäuden, für die eine Nutzung von durchschnittlich 280h/Jahr in den betrachteten Räumen zugrunde gelegt wurde.

Tabelle 27 - Durchschnittliche Jahreswerte für den Strombedarf häufiger Geräte - Nutzungsprofil 04 Sitzung, Seminar

Arbeitshilfe/Gerät	Gesamtanzahl der Geräte	Gesamtstrombedarf der Geräte [kWh/a]	ø Jahresbedarf je Einzelgerät [kWh/a]
Telefon[2]	10	111,72	**11**
Fernseher	6	223,09	**37**
Lautsprecher	4	26,72	**6,7**
Beamer	2	135,13	**68**
Videokonferenzsystem	2	103,67	**52**
Projektor (OHP, Polylux)	1	21,50	**22**

[2]Die Durchschnittswerte beziehen sich auf einen Zeitraum von 24h/d und 365d/a

6.2.6 Nutzungsprofil Nr. 08 – Klassenzimmer (Schule), Gruppenraum (Kindertagesstätten)

Durch die Aufnahme und Analyse zahlreicher Schulgebäude und einer Kindertagesstätte konnten 355 Einzelräume in die Erhebung von Kennwerten eingehen, die der Nutzung „Klassenzimmer, Gruppenraum“ zugeordnet werden konnten. Dabei befindet sich der überwiegende Teil der Räume (338) in Grundschulen, Sekundarschulen und Gymnasien, die untersuchte Kita umfasst 15 Gruppenräume. Darüber hinaus gehen zwei häufig genutzte Schulungsräume in einem Bürogebäude in die Auswertung ein.

Tabelle 28 - Detailinformationen zur Auswertung - Nutzungsprofil 08 Klassenzimmer, Gruppenraum

Allgemeine Informationen	
Anzahl der Räume	355
min./max. Raumfläche	15,58/132,36 m²
ø Einzelraumfläche	60,08 m²
Datenherkunft (B/S/K)	2/338/15
Histogramm	
Anzahl der Klassen	10
Breite der Klassen	2,50 kWh/(m²a)

Angaben zur Werteverteilung	
Minimum	0,00 kWh/(m²a)
Kennwert gering	**0,29 kWh/(m²a)**
Grenzwert 1. Drittel	1,51 kWh/(m²a)
Kennwert mittel	**2,95 kWh/(m²a)**
Grenzwert 2. Drittel	4,13 kWh/(m²a)
Kennwert hoch	**6,52 kWh/(m²a)**
Maximum	23,60 kWh/(m²a)

Mit der verwendeten Systematik ergeben sich als Jahreskennwerte für den Nutzerstrombedarf für Klassen- und Gruppenräume 0,29 kWh/(m²a) in der Kategorie „gering, 2,95 kWh/(m²a) in der Kategorie „mittel“ sowie 6,52 kWh/(m²a) in der Kategorie hoch. Die Relation der Kennwerte zu den größengeordneten Einzelwerten ist in Abbildung 77 erkennbar.

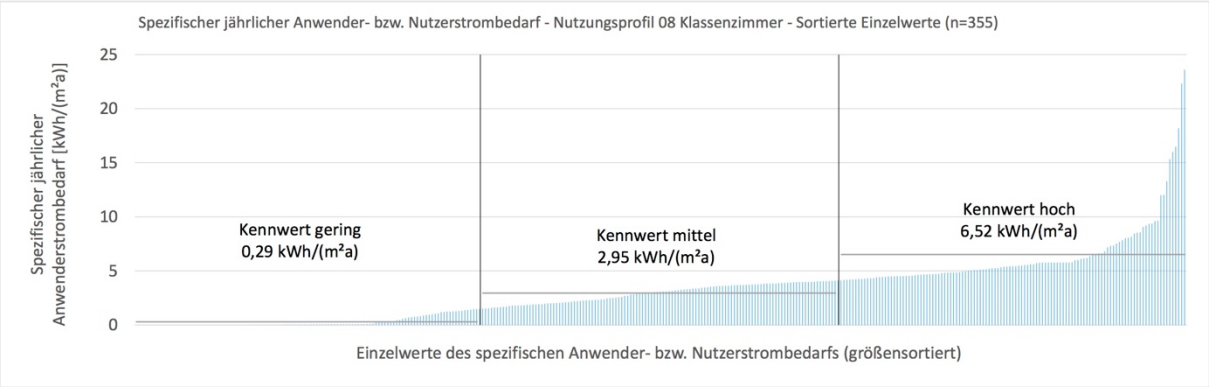

Abbildung 77 - Spezifischer jährlicher Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf - Nutzungsprofil 08 Klassenzimmer

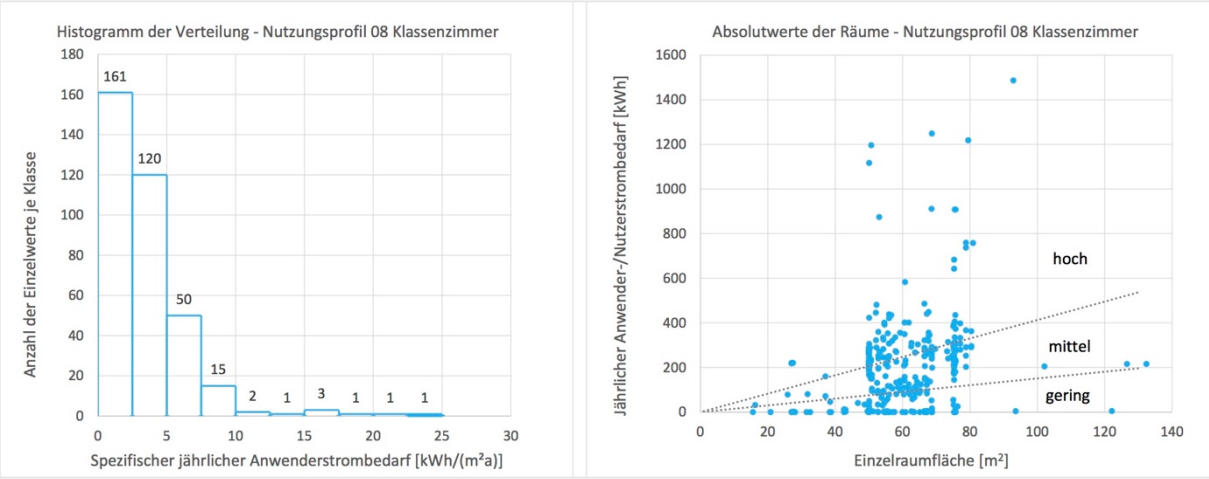

Abbildung 78 - Histogramm der Verteilung (li.) und Absolutwerte der Räume (re.) - Nutzungsprofil 08 Klassenzimmer

In der Verteilung der Einzelwerte (Abbildung 78) zeigt sich, dass 79% der Einzelwerte (281) einen flächenbezogenen Nutzerstrombedarf von bis zu 5 kWh/(m²a) aufweisen. Nur etwa 2,5% der Klassen- und Gruppenräume (9) weisen einen Nutzerstrombedarf von 10 kWh/(m²a) oder mehr auf.

Die vorhandene Geräteausstattung und die damit verbundene Nutzungsintensität ist bei Klassenzimmern und Gruppenräumen hängt maßgeblich von der Schulform, der fachlichen Ausrichtung der Einzelräume und dem Modernisierungsgrad ab. Die folgende Tabelle ordnet diese in Niveaus ein.

Tabelle 29 - Niveau der Geräteausstattung von Einzelräumen - Nutzungsprofil 08 Klassenzimmer, Gruppenraum

geringes Niveau	mittleres Niveau	hohes Niveau
keine vorhandene Geräteausstattung oder • 1 CD-Player oder Radio	• 1 Projektor (OHP, Polylux) • ggf. 1 CD-Player und/oder • 1 Beamer oder 1 interaktives Tafelsystem • 1 Paar Aktiv-Lautsprecher • 1 PC Client und 1 Monitor (alternativ 1 Notebook) • ggf. weitere Kleingeräte (z.B. USB-Tafelstift)	• 1 Projektor und/oder 1 oder mehr Beamer • mehr als 2 regelmäßig genutzte PC-Arbeitsplätze (PC u. Monitor, Notebooks) • ggf. 1 Arbeitsplatzdrucker • ggf. 1 Fernseher • ggf. weitere Geräte

So weisen Gruppenräume in der untersuchten Kindertagesstätte bzw. Klassenzimmer in Grundschulen überwiegend ein geringes Ausstattungsniveau auf. Die Ausstattung von Klassenzimmern mit einem Projektor und/oder einem Beamer (alternativ einer interaktiven Tafel) mit Zubehör entspricht dem vorgefundenen Standard (mittleres Niveau) bei Sekundarschulen und Gymnasien, vereinzelt auch in Klassenzimmern begangener Grundschulen. In die Kategorie „hoch“ können Klassenzimmer eingeordnet werden, die darüber hinaus mehrere regelmäßig genutzte PC-Arbeitsplätze umfassen. Dazu lassen sich in der Untersuchung hauptsächlich PC-Pools bzw. Fachunterrichtsräume für Informatik zuordnen. Die angegebenen Werte für den durchschnittlichen Jahresbedarf von nutzerbezogenen Einzelgeräten beziehen sich auf eine Unterrichtszeit von 800 Zeitstunden/Jahr. Dies entspricht im Durchschnitt der Nutzung der Klassenräume in den untersuchten Sekundarschulen, Gesamtschulen und Gymnasien. Die ausführliche Auflistung aller vorgefundenen Arbeitshilfen befindet sich im Anhang.

Tabelle 30 - Durchschnittliche Jahreswerte für den Strombedarf häufiger Geräte - Nutzungsprofil 08 Klassenzimmer

Arbeitshilfe/Gerät	Gesamtanzahl der Geräte	Gesamtstrombedarf der Geräte [kWh/a]	ø Jahresbedarf je Einzelgerät [kWh/a]
Projektor (OHP, Polylux) in einem Raum ohne Beamer	89	18.622,52	**209**
Projektor (OHP, Polylux) in einem Raum mit Beamer	107	3.280,97	**31**
Beamer (Weit- u. Kurzdistanz)	145	24.087,38	**166**
Lautsprecher (Aktivboxen)[2]	140	1.404,13	**10**
PC Client	356	5.057,26	**14**
Monitor	356	4.686,18	**13**
Notebook	41	869,68	**21**
CD-Player	87	144,68	**1,7**
Interaktive Tafelsysteme	10	2.757,71	**276**

[2]Die Durchschnittswerte beziehen sich auf einen Zeitraum von 24h/d und 365d/a

6.2.7 Nutzungsprofil Nr. 15 – Küche – Vorbereitung, Lager

In den untersuchten Gebäuden konnten in Summe 18 Räume aufgenommen werden, die als Vorbereitungsküche (z.B. zur Essensausgabe) genutzt werden. Davon stammen 16 Räume der Untersuchung aus Schulen und zwei aus der betrachteten Kindertagesstätte.

Tabelle 31 - Detailinformationen zur Auswertung - Nutzungsprofil 15 Küche, Vorbereitung, Lager

Allgemeine Informationen	
Anzahl der Räume	18
min./max. Raumfläche	8,95/53,80 m²
ø Einzelraumfläche	20,54 m²
Datenherkunft (B/S/K)	0/16/2
Histogramm	
Anzahl der Klassen	4
Breite der Klassen	100,00 kWh/(m²a)

Angaben zur Werteverteilung	
Minimum	14,04 kWh/(m²a)
Kennwert gering	**29,81 kWh/(m²a)**
Grenzwert 1. Drittel	52,08 kWh/(m²a)
Kennwert mittel	**74,46 kWh/(m²a)**
Grenzwert 2. Drittel	101,31 kWh/(m²a)
Kennwert hoch	**249,95 kWh/(m²a)**
Maximum	383,29 kWh/(m²a)

Als Jahreskennwerte für den zonenbezogenen Nutzerstrombedarf ergibt sich mit der getroffenen Berechnungsmethodik für die Intensität „gering“ ein Kennwert von 29,81 kWh/(m²a), für die Intensität „mittel“ ein Kennwert von 74,46 kWh/(m²a) sowie für „hoch“ ein Kennwert von 249,95 kWh/(m²a).

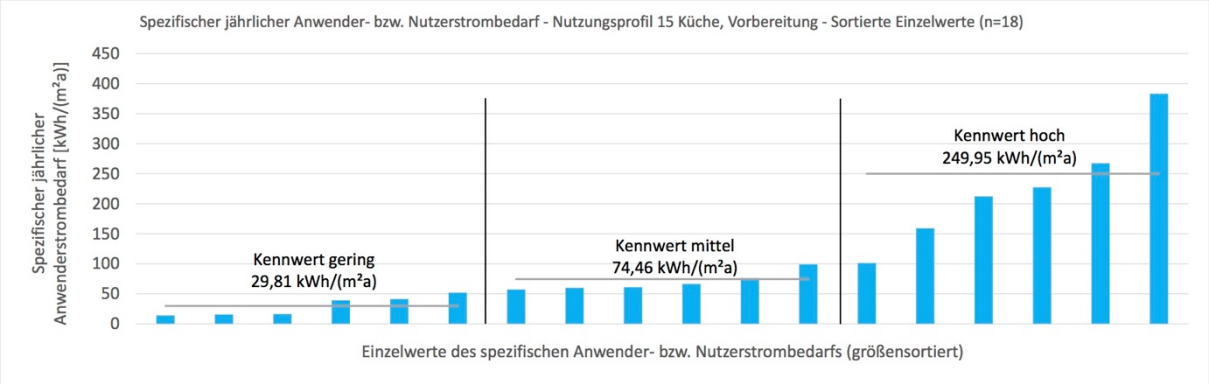

Abbildung 79 - Spezifischer jährlicher Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf - Nutzungsprofil 15 Küche, Vorbereitung

In der Betrachtung der Einzelwerte weisen zwölf der Räume einen spezifischen Nutzerstrombedarf von 100 kWh/(m²a) oder weniger auf. In der absoluten Verteilung sind zwei Räume auszumachen, die aufgrund ihrer Gerätekonfiguration einen erheblich hohen Nutzerstrombedarf besitzen.

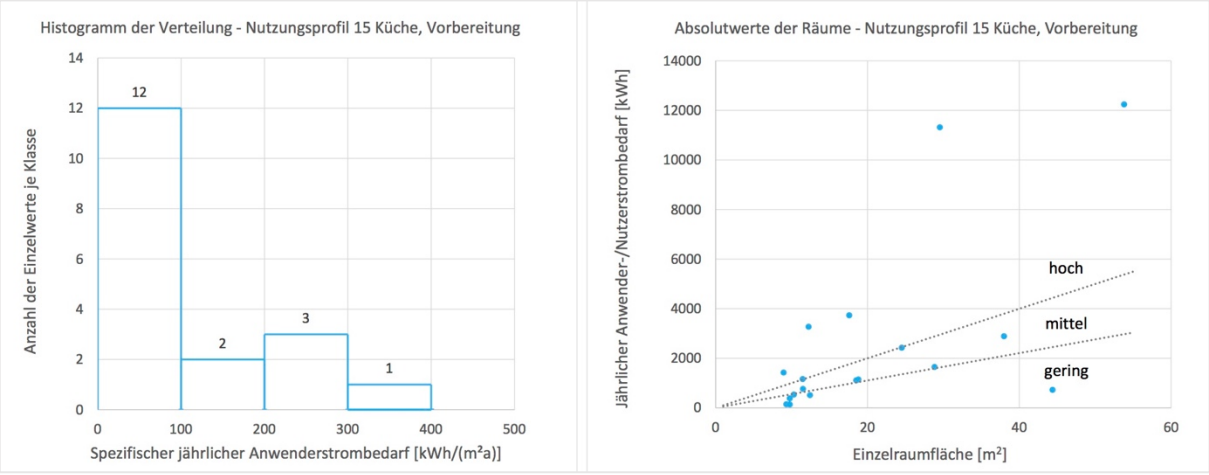

Abbildung 80 - Histogramm der Verteilung (li.) und Absolutwerte der Räume (re.) - Nutzungsprofil 15 Küche, Vorbereitung

Um die Zugehörigkeit von Räumen zur Nutzung 14 (Küche) oder zur Nutzung 15 (Küche – Vorbereitung, Lager) besser zu unterscheiden, kann die hier vorgenommene Einordnung anhand der Ausstattung behilflich sein. In die hier betrachtete Nutzung 15 wurden alle Räume einbezogen, die ausschließlich der Vor- und Nachbereitung der Speisenausgabe dienen. Die Räume besitzen keine Arbeitshilfen bzw. Geräte, die für die Bereitung von Speisen in großer Menge erforderlich sind (z.B. Dampfkonvektoren, Fritteusen, Bratplatten, Pizzaöfen).

Die hier untersuchten Räume stammen aus Schulen und Kindertagesstätten. Sie sind in ihrer Ausstattung für die Mittagsversorgung ausgelegt. Bei einer Anlieferung extern zubereiteter Speisen lassen sich Geräteausstattungen in Vorbereitungsküchen in geringem Niveau (Kita oder kleine Grundschule) und mittlerem Niveau (Grund- und Sekundarschule, Gymnasium) beobachten. Folgt keine Anlieferung der warmen Speisen, sondern eine Zubereitung in einer Küche vor Ort, müssen größere Mengen an Lebensmitteln regelmäßig vorgehalten werden. In diesen Fällen sind Kühl- und Tiefkühlgeräte in größerer Anzahl vorhanden, die den Strombedarf erheblich beeinflussen (hohes Niveau). Die vorgefundenen Ausstattungen sind anhand ihrer Nutzungsintensität nachfolgend eingeordnet.

Tabelle 32 - Niveau der Geräteausstattung von Einzelräumen - Nutzungsprofil 15 Küche, Vorbereitung, Lager

geringes Niveau	mittleres Niveau	hohes Niveau
• ggf. 1 Mikrowelle • ggf. 1 RFID-Terminal und • 1 Kühl- oder Gefrierschrank (bis ca. 110 Liter Volumen) oder • 1-2 Speisenwarmhaltewagen (je 2-3 Mulden)	• in Summe 1-2 Kühl- oder Gefrierschränke (110 bis 300 Liter Volumen) • 1-2 Speisenwarmhaltewagen • 1 Geschirrspüler • ggf. 1 Elektroherd • ggf. 1-2 Tellerwarmhalter • ggf. 1 RFID-Terminal • ggf. 1 Kaffeemaschine • ggf. 1 Radio	• in Summe ≥ 2 Kühl- oder Gefrierschränke (>300 Liter Volumen) • ≥ 2 Tiefgefrierschränke (>300 Liter Volumen) • 1 Gewerbe-Geschirrspüler (max. Leistung ca. 6-10 kW) • ggf. 1-2 Tellerwarmhalter • ggf. weitere Geräte

Für eine Detailbetrachtung der Einordnung in die hier definierten Nutzungsintensitäten bietet die folgende Übersicht eine Hilfestellung bei der Berechnung des durchschnittlichen Nutzerstrombedarfs pro Jahr und Einzelgerät. Als Bezugsgröße der Angaben kann eine Nutzung von 1,5h/Tag an 200 Tagen/Jahr (Mittagsversorgung in Schulen) zugrunde gelegt werden (vollständige Liste im Anhang).

Tabelle 33 - Durchschnittliche Jahreswerte für den Strombedarf häufiger Geräte - Nutzungsprofil 15 Küche, Vorbereitung

Arbeitshilfe/Gerät	Gesamtanzahl der Geräte	Gesamtstrombedarf der Geräte [kWh/a]	ø Jahresbedarf je Einzelgerät [kWh/a]
Elektroherd	4	1.902,15	**476**
Gefrierschrank (Gewerbe)[2]	2	1.306,55	**653**
Geschirrspüler (Haushalt)	2	1.614,74	**808**
Geschirrspüler (Gewerbe)	4	8.417,85	**2.104**
Kühlschrank (Haushalt)[2]	8	1.592,00	**199**
Kühlschrank (Gewerbe)[2]	2	1.496,50	**748**
Speisenwarmhaltewagen	13	4.994,50	**384**
Tiefkühlschrank (Gewerbe)[2]	10	22.162,80	**2.216**

[2]Die Durchschnittswerte beziehen sich auf einen Zeitraum von 24h/d und 365d/a

6.2.8 Nutzungsprofil Nr. 16 – WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden

In der Gesamtheit der begangenen Bürogebäude, Schulen sowie der Kindertagesstätte wurden in Summe 248 Einzelräume als WC- oder Sanitärraum identifiziert.

Vor Ort zeigte sich, dass die überwiegende Zahl der dokumentierten Räume keine Arbeitshilfen bzw. elektrischen Apparate außerhalb der Raumkonditionierung (Beleuchtung, ggf. Anlagen zur Warmwasserbereitung) besitzt. Allein in acht Sanitärräumen von Schulen wurden zusätzliche elektrische Geräte vorgefunden.

Tabelle 34 - Detailinformationen zur Auswertung - Nutzungsprofil 16 WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden

Allgemeine Informationen	
Anzahl der Räume	248 (8)[a]
min./max. Raumfläche	2,20/61,91 m²
ø Einzelraumfläche	9,31 m²
Datenherkunft (B/S/K)	46/190/12
Histogramm	
Anzahl der Klassen	8
Breite der Klassen	2,00 kWh/(m²a)

Angaben zur Werteverteilung	
Minimum	0,00 kWh/(m²a)
Kennwert gering	**0,00 kWh/(m²a)**
Grenzwert 1. Drittel	0,00 kWh/(m²a)
Kennwert mittel	**0,00 kWh/(m²a)**
Grenzwert 2. Drittel	0,00 kWh/(m²a)
Kennwert hoch	**0,61 (6,17)[a] kWh/(m²a)**
Maximum	15,33 kWh/(m²a)

[a] Die in Klammern angegebenen Werte beziehen sich auf die Auswertung von Räumen mit Arbeitshilfen bzw. Nutzergeräten

In der größensortierten Darstellung aller Einzelwerte wird ersichtlich, dass sich für die Bereiche „gering“ und „mittel“ ein Kennwert von 0,00 kWh/(m²a) und damit kein zu erwartender Bedarf für Nutzergeräte ergibt. Eine reine Betrachtung der Wertedrittel ist hier nicht zielführend. Rechnerisch ergibt sich für einen hohen Bedarf ein arithmetisches Mittel von 0,61 kWh/(m²a), bei alleiniger Betrachtung aller Räume mit Anwendergeräten ein Kennwert von 6,17 kWh/(m²a).

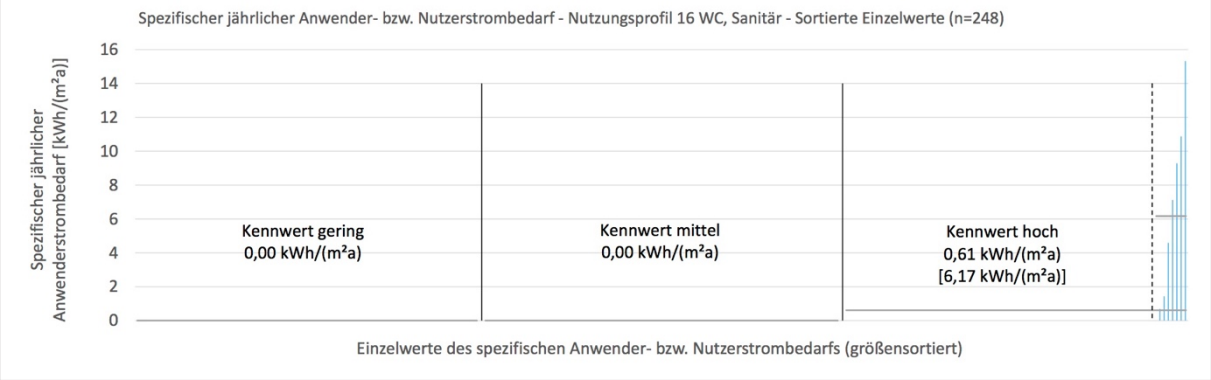

Abbildung 81 - Spezifischer jährlicher Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf - Nutzungsprofil 16 WC, Sanitär

Auch eine Betrachtung der Werteverteilung nach Klassen und absoluten Bedarfswerten zeigt die Teilung der untersuchten Räume in Bereiche mit (3 Werte von 0 bis 2 kWh/(m²a), 5 Werte >2,00 kWh/(m²a)) und Bereiche ohne elektrische Verbraucher (240 Werte) außerhalb der Konditionierung auf. Alle Räume mit einem Nutzerstrombedarf werden in die Kategorie „hoch“ eingeordnet.

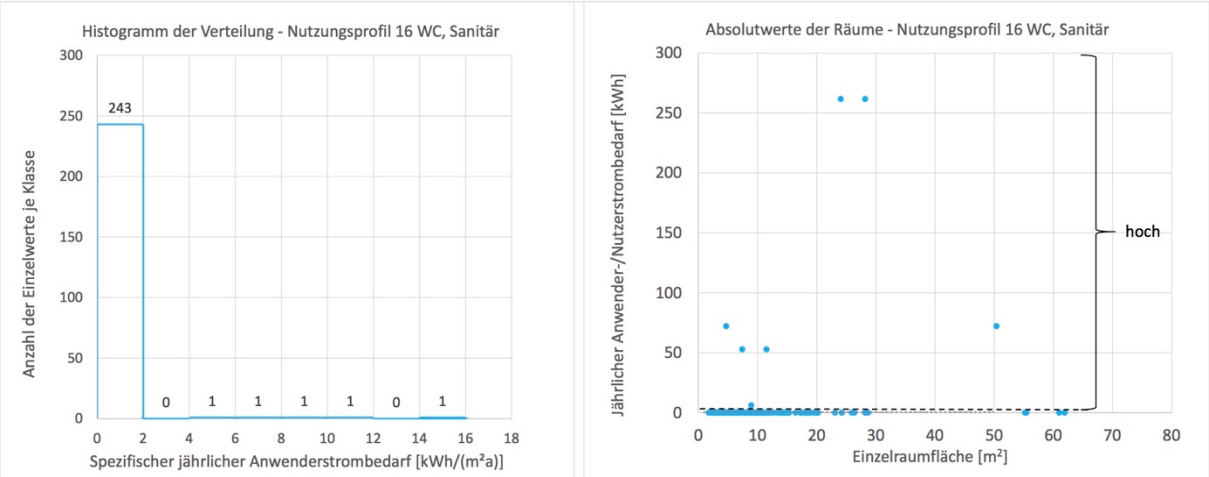

Abbildung 82 - Histogramm der Verteilung (links) und Absolutwerte der Räume (rechts) - Nutzungsprofil 16 WC, Sanitär

Die vorgefundenen Sanitärräume mit einer Geräteausstattung befinden sich in einer Sekundarschule und einem Gymnasium. Diese besitzen je nach Größe der Sanitäreinrichtung einen oder zwei Gebläse-Handtrockner mit Bewegungssensor oder Taster. Weitere vorhandene Bewegungssensoren (z.B. an einem Pissoir oder Handtuchspender) waren in den begangenen Objekten jeweils batteriebetrieben. Mit dem aktuellen Kenntnisstand wird diese Ausstattung als Kriterium für die Einordnung in das Niveau „hoch" angenommen. Weitere zukünftige Untersuchungen – speziell von Sanitärräumen mit Geräteausstattung – können die Formulierung einer Kennwertangabe bei vorhandener Ausstattung weiter konkretisieren und absichern.

Tabelle 35 - Niveau der Geräteausstattung von Einzelräumen- Nutzungsprofil 16 WC u. Sanitärräume

geringes Niveau	mittleres Niveau	hohes Niveau
keine vorhandene Geräteausstattung	keine vorhandene Geräteausstattung	• 1 Gebläse-Handtrockner je Toilette (+1 zusätzlich ab 20m²)

Die hier durchgeführten Berechnungen beziehen sich auf Handtrockner in Sanitärräumen von Schulen, die im Schnitt 8 Zeitstunden/Tag und an 200 Schultagen/Jahr genutzt werden können.

Tabelle 36 - Durchschnittliche Jahreswerte für den Strombedarf häufiger Geräte - Nutzungsprofil 16 WC u. Sanitärräume

Arbeitshilfe/Gerät	Gesamtanzahl der Geräte	Gesamtstrombedarf der Geräte [kWh/a]	ø Jahresbedarf je Einzelgerät [kWh/a]
Handtrockner	10	773,61	**77**

6.2.9 Nutzungsprofil Nr. 17 – Sonstige Aufenthaltsräume

Räume mit unregelmäßigem Aufenthalt oder Räume, die nicht in andere Nutzungsprofile eingeordnet werden können, werden dem Nutzungsprofil 17 (Sonstige Aufenthaltsräume) zugeordnet. Bei den detailliert untersuchten Gebäuden umfasst dies hauptsächlich z.B. Lehrerzimmer und Vorbereitungsräume in Schulen sowie Pausenaufenthaltsräume in einem Büro und der betrachteten Kita.

Tabelle 37 - Detailinformationen zur Auswertung - Nutzungsprofil 17 Sonstige Aufenthaltsräume

Allgemeine Informationen	
Anzahl der Räume	87
min./max. Raumfläche	6,89/174,75 m²
ø Einzelraumfläche	27,84 m²
Datenherkunft (B/S/K)	1/85/1
Histogramm	
Anzahl der Klassen	5
Breite der Klassen	2,00 kWh/(m²a)

Angaben zur Werteverteilung	
Minimum	0,00 kWh/(m²a)
Kennwert gering	**0,00 kWh/(m²a)**
Grenzwert 1. Drittel	0,00 kWh/(m²a)
Kennwert mittel	**0,53 kWh/(m²a)**
Grenzwert 2. Drittel	1,68 kWh/(m²a)
Kennwert hoch	**4,79 kWh/(m²a)**
Maximum	9,59 kWh/(m²a)

Als Jahreskennwert für den zonenbezogenen Nutzerstrombedarf ergibt sich mit der getroffenen Berechnungsmethodik für die Intensität „gering“ ein Kennwert von 0,00 kWh/(m²a), für die Intensität „mittel“ ein Kennwert von 0,53 kWh/(m²a) sowie für „hoch“ ein Kennwert von 4,79 kWh/(m²a).

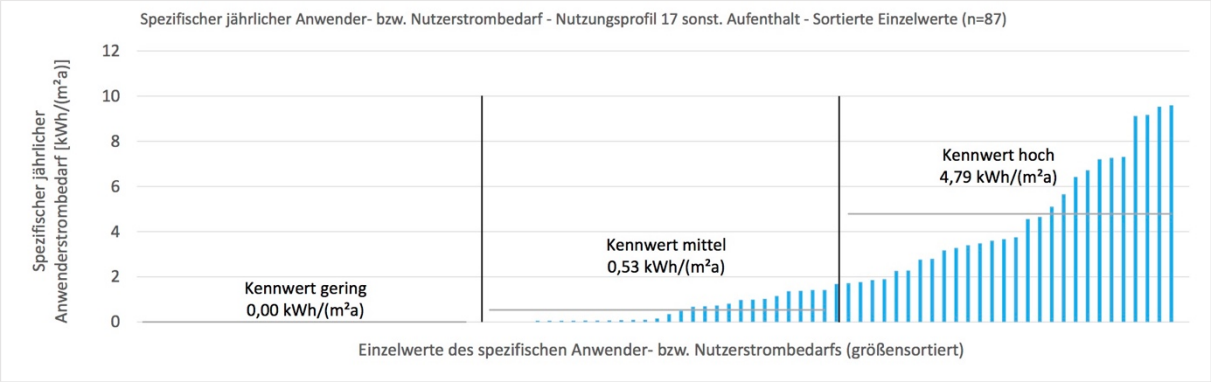

Abbildung 83 - Spezifischer jährlicher Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf - Nutzungsprofil 17 Sonst. Aufenthalt

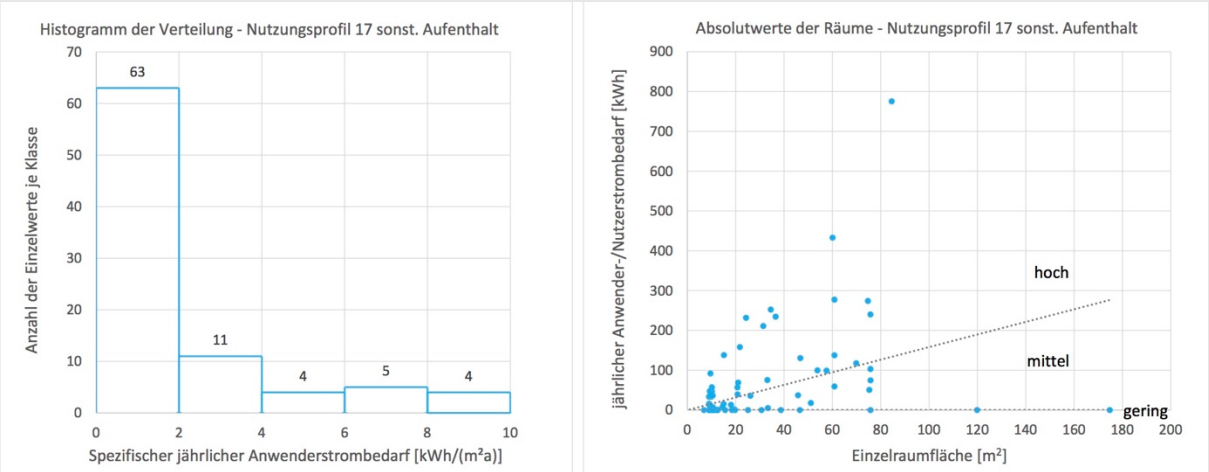

Abbildung 84 - Histogramm der Verteilung (li.) und Absolutwerte der Räume (re.) - Nutzungsprofil 17 Sonst. Aufenthalt

In der Werteverteilung zeigt sich, dass der überwiegende Teil der untersuchten Räume keinen oder einen jährlichen Anwenderstrombedarf kleiner als 2 kWh/(m²a) aufweist.

Wie bereits beschrieben, umfassen die hier ausgewerteten Räume überwiegend Vorbereitungsräume und Lehrerzimmer in Schulen. Die allgemeine Geräteausstattung – wenn vorhanden – ist mit der von Einzel- oder Gruppenbüros vergleichbar, allerdings mit einer deutlich geringeren und unregelmäßigen Nutzungsintensität. Anhand der vorgefundenen Nutzergeräte erfolgte die Einteilung von Ausstattungsniveaus.

Tabelle 38 - Niveau der Geräteausstattung von Einzelräumen - Nutzungsprofil 17 Sonstige Aufenthaltsräume

geringes Niveau	mittleres Niveau	hohes Niveau
keine vorhandene Geräteausstattung	• 1 Telefon • 1 CD-Player • 1 Wasserkocher oder 1 Kaffeemaschine • 1-2 PC mit Monitor (alternativ 1-2 Notebooks) • 1-2 Tischlampen • 1 Arbeitsplatzdrucker	• 1 Telefon • 1 CD-Player • 1 Wasserkocher und/oder 1 Kaffeemaschine • ≥ 2 PC mir Monitor (alternativ ≥ 2 Notebooks) • ≥ 2 Arbeitsplatzdrucker • ggf. weitere Geräte (z.B. Kühlschrank, Geschirrspüler)

Räume, die keine Nutzergeräte besitzen, werden dabei in das Niveau „gering“ eingeordnet. Die Konfiguration der Niveaus „mittel“ und hoch“ ist grundsätzlich ähnlich, sie unterscheiden sich in der Gesamtanzahl von Arbeitsbereichen und dem Vorhandensein verhältnismäßig stromintensiver Geräte (z.B. Kühlschränke, Geschirrspüler).

Für die Möglichkeit einer Einordnung vorgefundener Räume sind nachfolgend die Durchschnittswerte des Stromjahresbedarfs häufiger Nutzergeräte angegeben, die in der Berechnung verwendet wurden. Der Bezug liegt auf Vorbereitungsräumen in Schulen, die auf einem Nutzungszeitraum von 8 Zeitstunden/Tag und 200 Schultagen/Jahr beruhen. Die vollständige Geräteliste befindet sich im Anhang.

Tabelle 39 - Durchschnittliche Jahreswerte für den Strombedarf häufiger Geräte - Nutzungsprofil 17 Sonst. Aufenthaltsräume

Arbeitshilfe/Gerät	Gesamtanzahl der Geräte	Gesamtstrombedarf der Geräte [kWh/a]	ø Jahresbedarf je Einzelgerät [kWh/a]
Wasserkocher	25	439,38	**18**
Monitor	24	595,06	**25**
Telefon[2]	23	218,63	**9,5**
PC allgemein	21	540,69	**26**
Kaffeemaschine	21	736,10	**35**
Drucker (Arbeitsplatz)	15	403,86	**27**
CD-Player	15	11,26	**0,75**
Kühlschrank[2]	6	830,00	**138**

[2]Die Durchschnittswerte beziehen sich auf einen Zeitraum von 24h/d und 365d/a

6.2.10 Nutzungsprofil Nr. 18 – Nebenflächen (ohne Aufenthaltsflächen)

Räume, die keinem regelmäßigen Aufenthalt dienen und die keiner anderen Nutzung zuzuordnen sind, können in der Zonierung dem Nutzungsprofil 18 (Nebenflächen) zugeschlagen werden. In der Detailuntersuchung konnten 98 Räume als Nebenflächen identifiziert werden. Dabei stammen 19 Räume aus Bürogebäuden, 78 Räume aus Schulen und 1 Raum aus einem Kindergarten.

Tabelle 40 - Detailinformationen zur Auswertung - Nutzungsprofil 18 Nebenflächen

Allgemeine Informationen	
Anzahl der Räume	98
min./max. Raumfläche	1,86/138,82 m²
ø Einzelraumfläche	14,41 m²
Datenherkunft (B/S/K)	19/78/1
Histogramm	
Anzahl der Klassen	6
Breite der Klassen	20,00 kWh/(m²a)

Angaben zur Werteverteilung	
Minimum	0,00 kWh/(m²a)
Kennwert gering	**0,00 kWh/(m²a)**
Grenzwert 1. Drittel	0,00 kWh/(m²a)
Kennwert mittel	**0,83 kWh/(m²a)**
Grenzwert 2. Drittel	6,03 kWh/(m²a)
Kennwert hoch	**39,94 kWh/(m²a)**
Maximum	107,32 kWh/(m²a)

Als Jahreskennwerte für den Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf berechnet sich nach der gewählten Methodik ein Kennwert von 0,00 kWh/(m²a) für den Bereich „gering“, bzw. sind dort keine Anwendergeräte vorhanden. Für die Bereiche „mittel“ und „hoch“ ergibt sich ein Kennwert von 0,83 bzw. 39,94 kWh/(m²a). Die größensortierte Verteilung zeigt Abbildung 85.

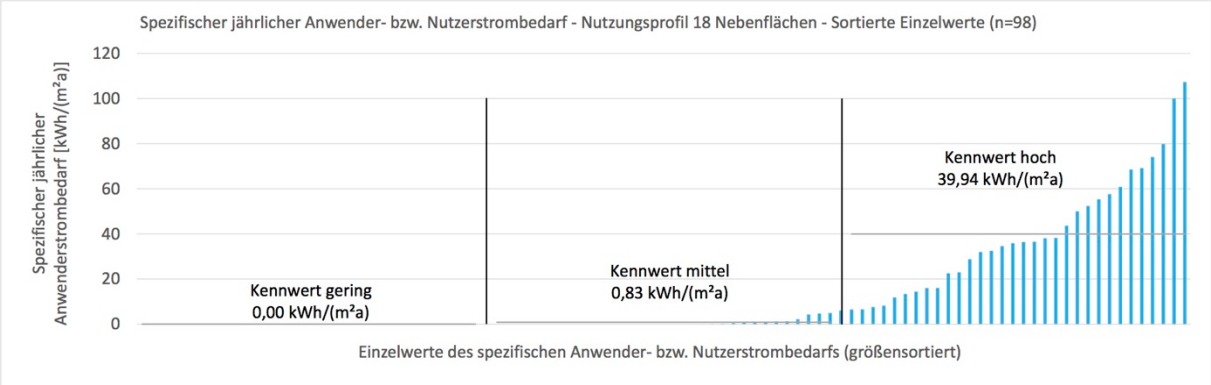

Abbildung 85 - Spezifischer jährlicher Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf - Nutzungsprofil 18 Nebenflächen

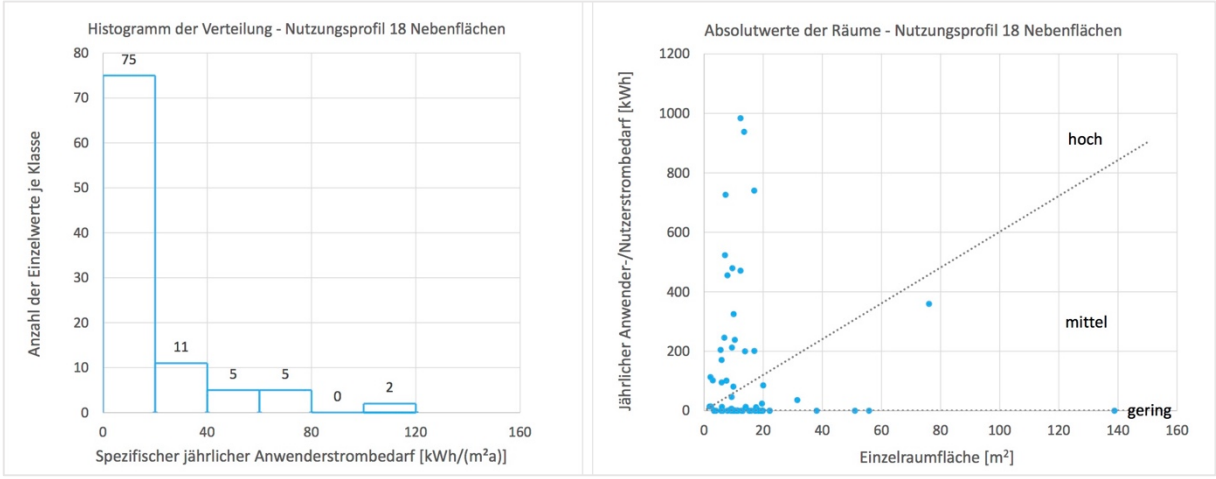

Abbildung 86 - Histogramm der Verteilung (links) und Absolutwerte der Räume (rechts) - Nutzungsprofil 18 Nebenflächen

Die Einzelwerte des spezifischen jährlichen Anwender- bzw. Nutzstrombedarfs liegen aufgrund der großen Raumanzahl ohne Bedarf überwiegend im Bereich zwischen 0 und 20 kWh/(m²a). Die größte Konzentration von Bedarfswerten mit Ausstattung 815) weist einen Bedarf zwischen 20 und 40 kWh/(m²a) auf. Die untersuchten Einzelräume besitzen bis auf wenige Ausnahmen eine Nettogrundflächen zwischen 0 und 20 m².

Allein Räume ohne eine Ausstattung mit Arbeitshilfen bzw. elektrischen Geräten wurden in das Niveau „gering" eingeordnet (z.B. Garderobenräume in Schulen). Die dokumentierten Nebenflächen, die Arbeitshilfen enthalten, werden fast ausnahmslos als Teeküche oder Kopierraum (ggf. auch in Kombination) genutzt. Eine Nutzung des Raumes als Teeküche oder als Kopierraum entspricht der formulierten Konfiguration für ein mittleres Niveau. Bei einer Kombination beider Nutzungszwecke oder einer jeweils größeren Nutzungsintensität (z.B. Vorhandensein eines Geschirrspülers in Teeküchen oder mehrere Netzwerkdrucker) besitzt der Raum ein hohes Ausstattungsniveau bzw. einen hohen erwarteten Jahresbedarf an den Nutzerstrom.

Tabelle 41 - Niveau der Geräteausstattung von Einzelräumen- Nutzungsprofil 18 Nebenflächen

geringes Niveau	mittleres Niveau	hohes Niveau
keine vorhandene Geräteausstattung	• 1 Netzwerkdrucker • ggf. 1 Telefon oder • 1 Mikrowelle • 1 Kaffeemaschine • 1 Wasserkocher • 1 Kühlschrank • ggf. 1 Toaster	• 1 Netzwerkdrucker und ggf. weitere Drucker und/oder • in Summe ≥2 Wasserkocher oder Kaffeemaschinen • 1 Mikrowelle • 1 Kühlschrank • 1 Geschirrspülmaschine • ggf. weitere Geräte

Für eine Hilfestellung der Einordnung in die hier definierten Nutzungsintensitäten kann die folgende Übersicht für eine näherungsweise Berechnung des durchschnittlichen Nutzerstrombedarfs pro Jahr und Einzelgerät nützlich sein. Als Bezugsgröße der Angaben kann ein Nutzungszeitraum von 10h/Tag an 240 Tagen/Jahr (Büros, Schulen) zugrunde gelegt werden (vollständige Liste im Anhang).

Tabelle 42 - Durchschnittliche Jahreswerte für den Strombedarf häufiger Geräte - Nutzungsprofil 18 Nebenflächen

Arbeitshilfe/Gerät	Gesamtanzahl der Geräte	Gesamtstrombedarf der Geräte [kWh/a]	ø Jahresbedarf je Einzelgerät [kWh/a]
Drucker (Netzwerk)	20	2.045,16	**102**
Geschirrspüler	13	3.494,13	**269**
Kaffeemaschine	18	1.673,10	**93**
Kühlschrank[2]	15	3.067,42	**204**
Mikrowelle	23	367,93	**16**
Wasserkocher	14	315,20	**23**

[2] Die Durchschnittswerte beziehen sich auf einen Zeitraum von 24h/d und 365d/a

6.2.11 Nutzungsprofil Nr. 19 – Verkehrsflächen

Verkehrsflächen bilden die zentralen Erschließungsflächen. Aufgrund ihres entsprechend regelmäßigen Vorkommens konnten in den begangenen Gebäuden 611 Räume (maßgeblich Flure und Treppenhäuser) in die Untersuchung eingehen. In den Begehungen wurde ersichtlich, dass die meisten Einzelräume keine Anwendergeräte aufweisen. Allein in 20 Einzelräumen befanden sich vereinzelte Apparate.

Tabelle 43 - Detailinformationen zur Auswertung - Nutzungsprofil 19 Verkehrsflächen

Allgemeine Informationen	
Anzahl der Räume	611 (20)[a]
min./max. Raumfläche	0,64/367,10 m²
ø Einzelraumfläche	33,52 m²
Datenherkunft (B/S/K)	132/472/7
Histogramm	
Anzahl der Klassen	9
Breite der Klassen	5,00 kWh/(m²a)

Angaben zur Werteverteilung	
Minimum	0,00 kWh/(m²a)
Kennwert gering	**0,00 kWh/(m²a)**
Grenzwert 1. Drittel	0,00 kWh/(m²a)
Kennwert mittel	**0,00 kWh/(m²a)**
Grenzwert 2. Drittel	0,00 kWh/(m²a)
Kennwert hoch	**1,09 (10,99)[a] kWh/(m²a)**
Maximum	41,75 kWh/(m²a)

[a] Die in Klammern angegebenen Werte beziehen sich auf die Auswertung von Räumen mit Arbeitshilfen bzw. Nutzergeräten

In der größensortierten Darstellung aller Einzelwerte wird ersichtlich, dass sich für die Bereiche „gering“ und „mittel“ ein Kennwert von 0,00 kWh/(m²a) und damit kein zu erwartender Bedarf für Nutzergeräte ergibt. Eine reine Betrachtung der Wertedrittel ist hier nicht zielführend. Rechnerisch ergibt sich für einen hohen Bedarf ein arithmetisches Mittel von 1,09 kWh/(m²a), bei alleiniger Betrachtung aller Räume mit Anwendergeräten ein Kennwert von 10,99 kWh/(m²a).

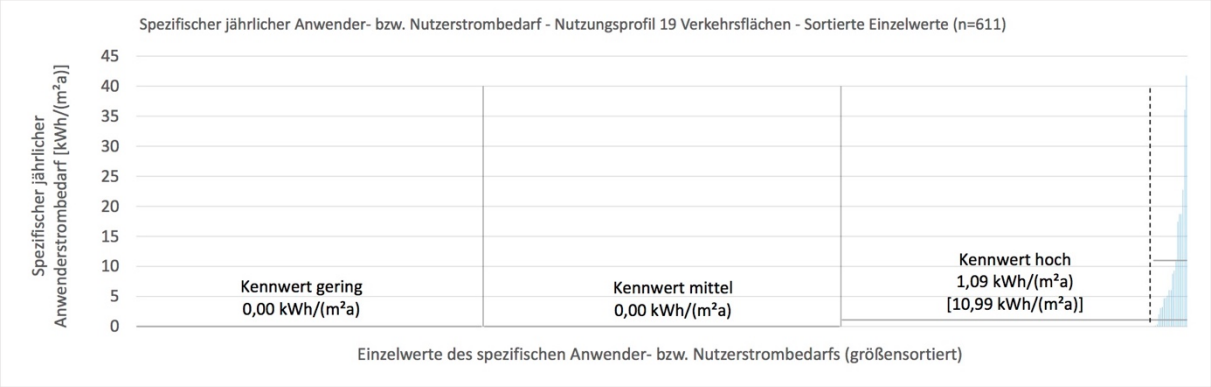

Abbildung 87 - Spezifischer jährlicher Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf - Nutzungsprofil 19 Verkehrsflächen

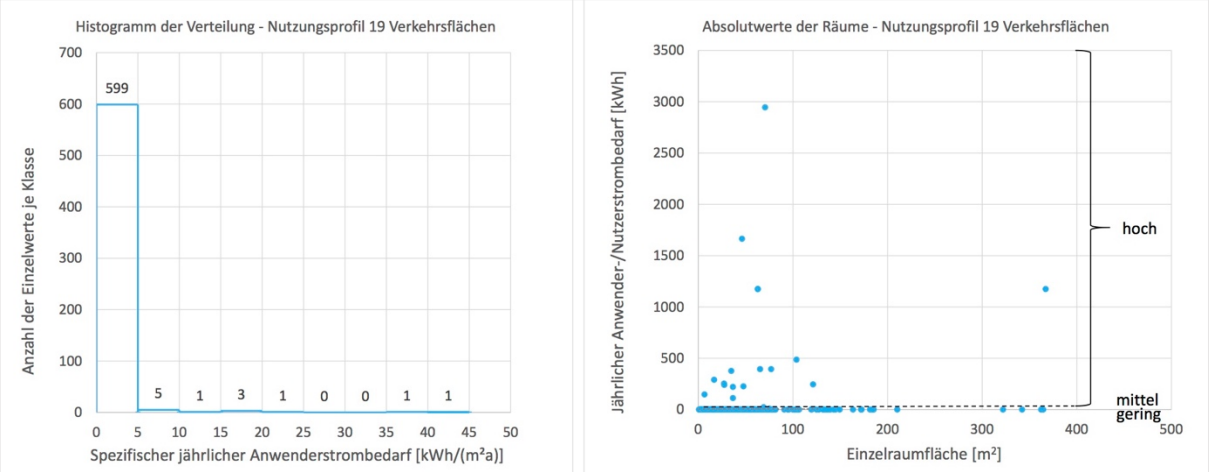

Abbildung 88 - Histogramm der Verteilung (links) und Absolutwerte der Räume (rechts) - Nutzungsprofil 19 Verkehrsflächen

In der Darstellung der Verteilung lässt sich ebenfalls die Teilung in Räume ohne und mit Anwendergeräten erkennen. Neben den 587 Räumen ohne Nutzergeräte weisen 12 einen spezifischen jährlichen Nutzerstrombedarf von 0 bis 5 kWh/(m²a) auf, die Bandbreite der weiteren acht Räume liegt zwischen 5 und 45 kWh/(m²a). Räume mit einer Geräteausstattung werden so dem Niveau „hoch" zugeordnet.

Bei den vorgefundenen Geräten handelt es sich in den häufigsten Fällen um Netzwerkdrucker, diverse Automaten oder flurintegrierte Teeküchenbereiche. Für eine bessere Einordnung des zu erwartenden Nutzerstrombedarfs wurde das Niveau „hoch" in drei Intensitäten kategorisiert. Der mit Abstand höchste Einzelbedarf entsteht in Bereichen mit Automaten mit einer Kühleinrichtung.

Tabelle 44 – Niveau der Geräteausstattung von Einzelräumen - Nutzungsprofil 19 Verkehrsflächen

geringes Niveau	mittleres Niveau	hohes Niveau
keine vorhandene Geräteausstattung	keine vorhandene Geräteausstattung	<u>Geringer Einzelbedarf</u> • 1 Telefon oder • 1 Aktenvernichter <u>Mittlerer Einzelbedarf</u> • 1 Netzwerkdrucker oder • 1 Wasserspender oder • 1 Kühlschrank, 1 Kaffeemaschine oder Wasserkocher oder • 1 Infoterminal (PC All-in-One) <u>Hoher Einzelbedarf</u> • 1 oder mehrere Automaten mit Kühlung (z.B. für Snacks, Getränke) oder für die Bereitung von Heißgetränken

Für die exemplarische Bedarfsberechnung von Verkehrsflächen wird in jedem Fall empfohlen, dies anhand der tatsächlich vorhandenen Einzelgeräte vorzunehmen und auf die gesamte zugehörige Verkehrsfläche hochzurechnen. Hierfür sind Werte für den durchschnittlichen Jahresstrombedarf vorgefundener Geräte angeben. Die Angaben der Drucker beziehen sich auf Flure in Bürogebäuden mit einem Nutzungszeitraum von 10h/Tag und 240 Tagen/Jahr, die vollständige Liste befindet sich im Anhang.

Tabelle 45 - Durchschnittliche Jahreswerte für den Strombedarf häufiger Geräte - Nutzungsprofil 19 Verkehrsflächen

Anwenderhilfe/Gerät	Gesamtanzahl der Geräte	Gesamtstrombedarf der Geräte [kWh/a]	ø Jahresbedarf je Einzelgerät [kWh/a]
Drucker (Netzwerk)	6	1.337,30	**223**
Telefon[1]	3	33,74	**11**
Automat mit Kühlung[2] (z.B. Flaschengetränke, Snacks)	3	4.609,98	**1.537**
Wasserspender mit Kühlung[2]	2	2.350,15	**1.175**

[2]Die Durchschnittswerte beziehen sich auf einen Zeitraum von 24h/d und 365d/a

6.2.12 Nutzungsprofil Nr. 20 – Lager, Technik, Archiv

Die aufgenommenen Räume der Nutzung Lager, Technik und Archiv weisen Parallelen zu den Nutzungen 16 (WC und Sanitärflächen) und 19 (Verkehrsflächen) auf. Sie gehören zu den funktional notwendigen Flächennutzungen in Nichtwohngebäuden und weisen ebenfalls eine grundsätzliche Unterscheidung nach Räumen mit und Räumen ohne Nutzergeräte auf. In den begangenen Gebäuden konnten insgesamt 406 Räume identifiziert werden, allerdings besaßen nur 62 Räume vorhandene Nutzergeräte.

Tabelle 46 - Detailinformationen zur Auswertung - Nutzungsprofil 20 Lager, Technik, Archiv

Allgemeine Informationen	
Anzahl der Räume	406 (62)[a]
min./max. Raumfläche	0,67/336,80 m²
ø Einzelraumfläche	22,42 m²
Datenherkunft (B/S/K)	139/260/7
Histogramm	
Anzahl der Klassen	11
Breite der Klassen	5,00 kWh/(m²a)

Angaben zur Werteverteilung	
Minimum	0,00 kWh/(m²a)
Kennwert gering	**0,00 kWh/(m²a)**
Grenzwert 1. Drittel	0,00 kWh/(m²a)
Kennwert mittel	**0,00 kWh/(m²a)**
Grenzwert 2. Drittel	0,00 kWh/(m²a)
Kennwert hoch	**3,31 (7,00)[a] kWh/(m²a)**
Maximum	51,31 kWh/(m²a)

[a] Die in Klammern angegebenen Werte beziehen sich auf die Auswertung von Räumen mit Arbeitshilfen bzw. Nutzergeräten

Für die Bereiche „gering“ und „mittel“ ergibt sich ein Kennwert von 0,00 kWh/(m²a) und damit kein zu erwartender Bedarf für Nutzergeräte. Eine reine Betrachtung der Wertedrittel nicht zielführend. Für den Kennwert „hoch“ ergibt sich im arithmetischen Mittel ein Wert von 3,31 kWh/(m²a), bei alleiniger Betrachtung aller Räume mit Anwendergeräten ein Kennwert von 7,00 kWh/(m²a).

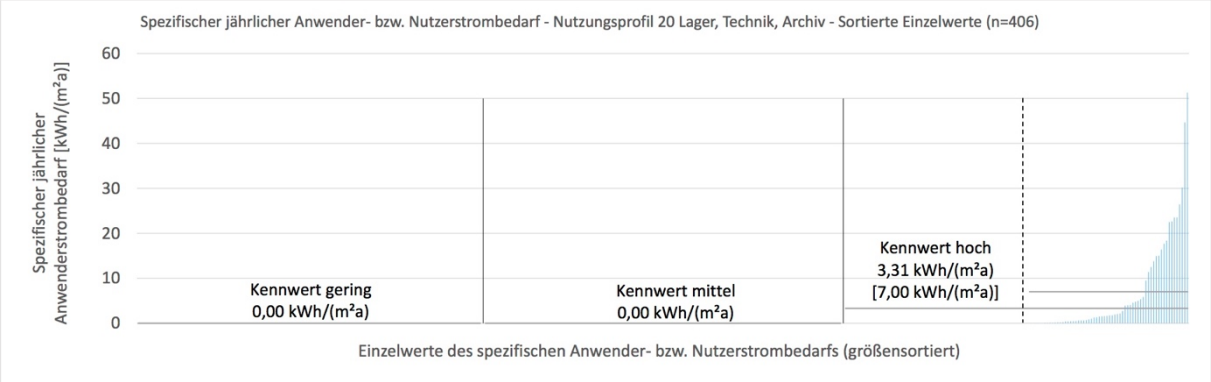

Abbildung 89 - Spezifischer jährlicher Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf - Nutzungsprofil 20 Lager, Technik, Archiv

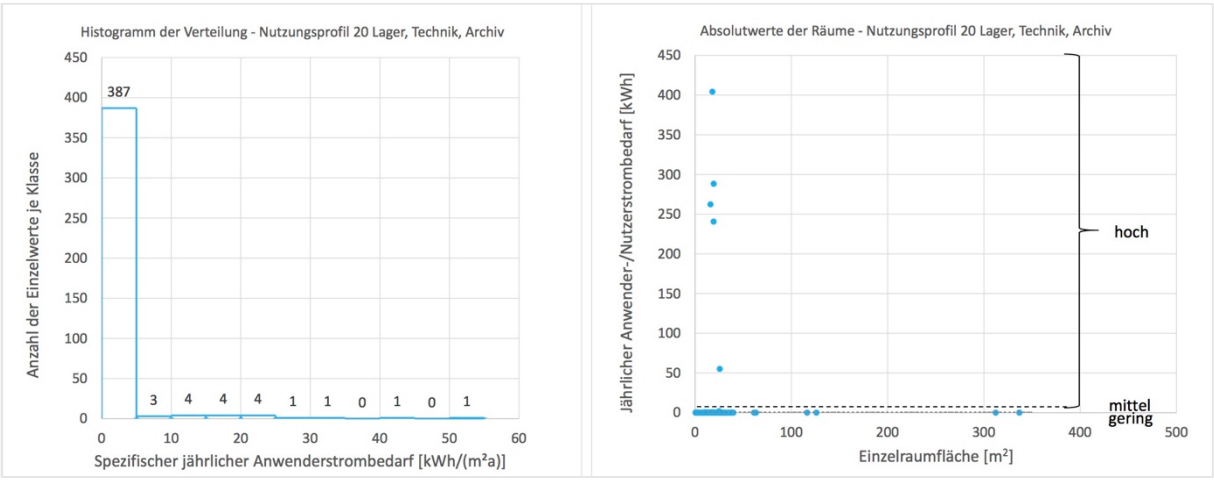

Abbildung 90 - Histogramm der Verteilung (links) und Absolutwerte der Räume (rechts) - Nutzungsprofil 20 Lager, Technik, A.

In der Darstellung der Verteilung lässt sich ebenfalls die Teilung in Räume ohne und mit Anwendergeräten erkennen. 387 Räume weisen einen spezifischen jährlichen Nutzerstrombedarf von 0 bis 5 kWh/(m²a) auf, wovon 43 Räume einen Nutzerstrombedarf aufweisen. Für die verbleibenden 19 Räume liegt der Bedarf zwischen 5 und 55 kWh/(m²a). Räume mit einer Geräteausstattung werden so dem Niveau „hoch" zugeordnet.

Um den zu erwartenden Nutzerstrombedarfs in Räumen mit Nutzergeräten wurde das Niveau „hoch" in drei Intensitäten kategorisiert. Ein geringer Einzelraumbedarf weist eine Ausstattung mit z.B. Wasserkocher, Kaffeemaschine und einem Arbeitsplatzdrucker (alternativ 1 Fax) auf. Je nach Vorhandensein größerer Geräte (z.B. Kühlschränke) oder PC-Technik wächst der Nutzerstrombedarf der zugehörigen Lager-, Technik- und Archivflächen. In der Gebäudebetrachtung umfassen Technikräume mit Anwenderhilfen meist Aufenthaltsräume für technisches Personal (Hausmeister, Putzkräfte), die ggf. mit weiteren, häufig genutzten Geräten ergänzt sind (z.B. Waschmaschinen).

Tabelle 47 – Niveau der Geräteausstattung von Einzelräumen - Nutzungsprofil 20 Lager, Technik, Archiv

geringes Niveau	mittleres Niveau	hohes Niveau
keine vorhandene Geräteausstattung	keine vorhandene Geräteausstattung	<u>Geringer Einzelbedarf</u> • 1 Wasserkocher und/oder 1 Kaffeemaschine • 1 Fax oder AP-Drucker • 1 Telefon • 1 Notebook <u>Mittlerer Einzelbedarf</u> • gering + 1 Kühlschrank • ggf. 1-2 PC mit Monitor(en) <u>Hoher Einzelbedarf</u> • ≥ 1 Waschmaschine(n) • oder weitere Großgeräte

Für eine Abschätzung des Nutzerstrombedarfs in Lager-, Technik- und Archivflächen sind Durchschnittswerte für den jährlichen Nutzerstrombedarf häufiger Geräte angegeben, wie sie sich aus der Bedarfsberechnung ergeben haben. Sie beziehen sich auf einen Nutzungszeitraum vom 8h/Tag und 200 Tagen/Jahr. Die vollständige Auflistung der vorgefundenen Geräte befindet sich im Anhang.

Tabelle 48 - Durchschnittliche Jahreswerte für den Strombedarf häufiger Geräte - Nutzungsprofil 20 Lager, Technik, Archiv

Anwenderhilfe/Gerät	Gesamtanzahl der Geräte	Gesamtstrombedarf der Geräte [kWh/a]	ø Jahresbedarf je Einzelgerät [kWh/a]
Kaffeemaschine	25	650,87	**26**
Wasserkocher	23	163,00	**7,1**
Drucker (Arbeitsplatz)	19	903,71	**48**
Telefon[2]	14	140,89	**10**
PC allgemein	13	562,78	**43**
Monitor	13	477,18	**37**
CD-Player	12	18,23	**1,5**
Kühlschrank[2]	11	1.825,60	**166**

[2] Die Durchschnittswerte beziehen sich auf einen Zeitraum von 24h/d und 365d/a

6.3 Jahreskennwerte für den Nutzerstrombedarf – genäherte Angaben

6.3.1 Allgemeine Hinweise, Umfang der erhobenen Daten

In den untersuchten Gebäuden konnten Einzelräume zu anderen als den im vorherigen Kapitel ausführlich beschriebenen Nutzungszonen zugeordnet werden. Aufgrund ihres seltenen Vorkommens und der Abbildung von Gegebenheiten, die allein eine Gebäudenutzung und keinen Gesamtquerschnitt der Bandbreite repräsentieren, können für zwei weitere Nutzungsprofile nur erste angenäherte Angaben ausgewiesen werden.

Dieser Abschnitt liefert so erster Erkenntnisse für die Nutzungsprofile 09 (Hörsaal, Auditorium) und 12 (Kantine), die in den analysierten Schulgebäuden vorgefunden wurden (Tabelle 49).

Tabelle 49 - Übersicht der Zonen mit genäherten Kennwerten für den Nutzerstrombedarf

Nummer	Nutzungsprofil/Zonenbezeichnung	Anzahl der Räume	Kennwerte
09	Hörsaal, Auditorium	6	angenähert
12	Kantine	11	angenähert

6.3.2 Nutzungsprofil Nr. 09 – Hörsaal, Auditorium

Das Nutzungsprofil 9 (Hörsaal, Auditorium) weist im Vergleich der Norm-Nutzungsbedingungen nach DIN V 18599-10 mit Nutzungsprofil 8 (Klassenzimmer, Gruppenraum) viele Gemeinsamkeiten auf. Unterschiede bestehen jedoch u.a. in einer längeren Nutzungszeit, einem größeren Raumindex und einer höheren Belegungsdichte mit Personen (und dadurch größere interne Wärmelasten mit weiterführenden Anforderungen an die Raumkonditionierung).

In die hier vorgenommene Auswertung gingen Aulen von Grund- und Sekundarschulen sowie Gymnasien. Diese werden regelmäßig für z.B. Chorproben, Schulaufführungen oder Prüfungen genutzt. Die begangenen Räumlichkeiten wiesen in ihrer Geräteausstattung vereinzelt Beamer oder Elemente von Veranstaltungstechnik auf (Stereoanlagen, Mikrofonanlagen, E-Pianos). Die Einzelfläche der Räume umfasst zwischen 74,59 m^2 und 377,59 m^2 (ø 181,58 m^2) und liegt damit im Durchschnitt deutlich über der Größe von Klassenzimmern. Abbildung 91 zeigt die spezifischen Jahreskennwerte für den Nutzerstrombedarf der untersuchten Räume.

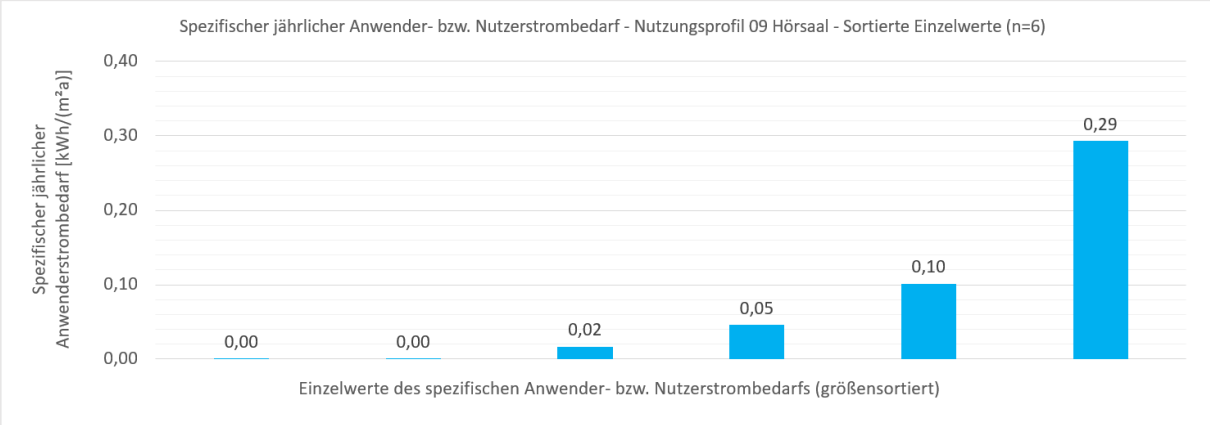

Abbildung 91 - Spezifischer jährlicher Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf - Nutzungsprofil 09 Hörsaal - Näherung

Für die betrachteten Räume ergibt sich kein oder nur ein sehr geringer Nutzerstrombedarf. Der Raum mit dem höchsten spezifischen Bedarf (0,29 kWh/(m²a)) besitzt die kleinste Einzelfläche (74,59 m²) und einen absoluten Nutzerstrombedarf von 22 kWh/a. In Relation zu anderen Bedarfsgrößen (z.B. zu der regelmäßig umfangreichen Beleuchtungsinstallation oder zu installierten Belüftungssystemen) ist dieser Anteil in den untersuchten Räumen vernachlässigbar klein.

Es wird angenommen, dass sich für den Nutzerstrombedarf von Hörsälen in anderen Gebäudenutzungen (z.B. in Hotels und Hochschulen) aufgrund eines höheren Niveaus an Geräteausstattung ein deutlich größerer Bedarf einstellt. Hierüber kann jedoch im Rahmen dieses Forschungsvorhabens keine Aussage getroffen werden.

6.3.3 Nutzungsprofil Nr. 12 – Kantine

In allen zehn untersuchten Schulen konnten insgesamt elf Einzelräume dem Nutzungsprofil 12 (Kantine) zugeordnet, da sie regulär für die Einnahme des Mittagessens genutzt werden. Die ausgewerteten Räume weisen eine Nettogrundfläche von 42,30 m² bis 336,33 m² auf, der Durchschnitt liegt bei 123,66 m². Eine größensortiere Anordnung der berechneten Angaben für den spezifischen Nutzerstrombedarf der Einzelräume zeigt Abbildung 92.

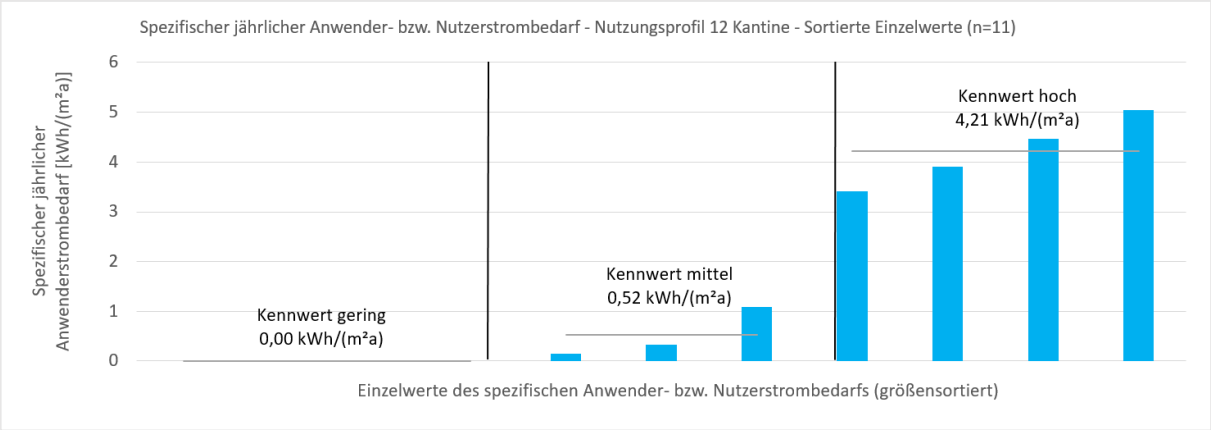

Abbildung 92 - Spezifischer jährlicher Nutzerstrombedarf - Nutzungsprofil 12 Kantine - Näherung

Für die untersuchten Räume ergibt sich im mittleren Niveau ein erster Kennwert von 0,52 kWh/(m²a), für eine verhältnismäßig hohe Nutzungsintensität kann ein erster Kennwert mit 4,21 kWh/(m²a) angegeben werden. In der Ausstattung fanden sich u.a. Glühweinkocher (für Tee benutzt), Kühlgeräte, Salattheken und Tellerwarmhalter. Eine reguläre Nutzung eines der genannten Geräte je Raum tendiert zu einem mittleren Niveau, die Verwendung mehrerer Verbraucher neigt zur Einordnung in eine hohe Nutzungsintensität.

Wie auch für Hörsaalnutzungen wird für Kantinen angenommen, dass die hier aufgenommenen Räume aus Schulgebäuden nicht ausreichen, um eine statistisch abgesicherte Aussage über den Querschnitt des Bestandes abzuleiten. Die hier angegebenen Kennwerte können jedoch als erste Einschätzung für den Nutzerstrombedarf von Kantinen in Schulgebäuden interpretiert werden.

6.4 Aussagen zu weiteren elektrischen Verbrauchern in Nichtwohngebäuden

6.4.1 Einordnung, Definitionen, Beispiele

Neben Arbeitshilfen bzw. Anwender- und Nutzergeräten und Anlagen zur Raumkonditionierung hinaus existieren weitere elektrische Verbraucher, die regelmäßig in Nichtwohngebäuden vorhanden sind. Diese lassen sich in die Kategorien „Zentrale Dienste“, „Diverse Technik“ und „Außenbeleuchtung“ einordnen. Als Hilfe der in diesem Projekt erfolgten Zuordnung sollen folgende Beschreibungen dienen.

- Der Kategorie „**Zentrale Dienste (ZD)“** werden ortsveränderliche Verbraucher zugeordnet, die für die konkrete Gebäudenutzung notwendig sind und in spezieller Konfiguration gebäudezentral Dienste für alle Nutzer bereitstellen. Sie lassen sich keinem Nutzer persönlich zuordnen, ihre Betriebsweise wird nicht aktiv durch reguläre Nutzer beeinflusst. Sie stehen außerdem zeitlich unbegrenzt und übergeordnet zur Verfügung (und befinden sich meist dauerhaft in Betrieb).

  Beispiele für Zentrale Dienste sind Serveranlagen und Serverkomponenten (z.B. Server-Racks, Switches, Router, Medienkonverter, Server-USV), Telefonanlagen (als Einzelgerät oder in modularer Bauweise) oder allgemeine Netzwerktechnik (z.B. im Gebäude verteilte WLAN-Router).

- Der Kategorie „**Diverse Technik (DT)**“ werden ortsfeste Verbraucher zugeordnet, die für den Betrieb eines Gebäudes als haustechnische Anlagen – neben Anlagen zur Raumkonditionierung – allgemein und nutzungsunabhängig zur Sicherstellung des Betriebs notwendig sind (unabhängig davon, ob das Gebäude z.B. als Hotel, Bürogebäude oder Museum genutzt wird).

  Beispiele für Diverse Technik sind Aufzüge, Alarm- und Brandmeldeanlagen, Sicherheitsbeleuchtungen, Zentralbatterien, Rauchabzugsanlagen oder Einrichtungen zur Druckerhöhung.

- Der Kategorie **„Außenbeleuchtung (AB)“** werden alle außerhalb der Gebäudehülle angebrachten Beleuchtungsinstallationen zugeordnet, die bei Dunkelheit vom Gebäude selbst aus betrieben werden und z.B. der Orientierung und einem höheren Sicherheitsempfinden dienen. Ihr Betrieb wird durch Dämmerungsschalter, Zeitschaltuhren oder Bewegungsmelder geregelt.

  Beispiele für Außenbeleuchtungen bilden Leuchten an Ein- und Durchgängen, Einfahrten, Innenhöfen oder Parkplätzen aber auch beleuchtete Adress- und Informationstafeln.

6.4.2 Einfluss von lokaler Abwärme auf die Energiebilanzierung

Die Mehrzahl der elektrischen Verbraucher wandelt den aufgenommenen Strom fast zu 100 % in Abwärme um, die in den jeweiligen Raum abgegeben wird. Eine Ausnahme bilden Geräte, deren abgegebene Wärmeenergie aus baulichen Gründen (z.B. Außenbeleuchtung) oder technischen Prozessen (z.B. Abwasser von Waschmaschinen) teilweise oder vollständig abgeführt wird. Der Strombedarf und die Abwärmeleistung sind dadurch unmittelbar miteinander verknüpft.

Für die Betrachtung des Gesamtstrombedarfs auf Gebäudeebene ist es unerheblich, an welchem Ort sich ein einzelner elektrischer Verbraucher befindet. In Bezug auf eine zonenweise Energiebilanzierung nach DIN V 18599 ergibt sich dabei jedoch eine Problemstellung: Die entstehende Abwärme jedes Verbrauchers beeinflusst als interne Last bzw. als Wärmequelle (zum Teil erheblich) die lokale Konditionierung des Aufstellortes. Dieser kann jedoch bei Verbrauchern von Zentrale Diensten, Diverse Technik und Außenbeleuchtung variieren. Zum Teil wird dies bereits durch Angaben in der Normung berücksichtigt.

Auf Grundlage der Beobachtungen in den begangenen Gebäuden soll hier ein Ansatz verfolgt werden, der die aufgenommenen Verbraucher der „Zentralen Dienste“, der „Diversen Technik“ und der Außenbeleuchtung nach ihrem Strombedarf und ihrem typischen Ort der Wärmeabgabe differenziert. Diese Betrachtung besitzt das Ziel, den Einfluss der Abwärme bilanziell detaillierter zu berücksichtigen.

6.4.3 Zentrale Dienste in Nichtwohngebäuden

Alle untersuchten Gebäude besitzen Geräteinstallationen, die sich den Zentralen Diensten zuordnen lassen. Dabei zeigt sich in der Regel eine strukturelle Zweiteilung: Ein Teil der Netzwerk- und Telefontechnik befindet sich konzentriert in einem Raum (Zuordnung der Zone „21 Rechenzentrum“), ein weiterer Teil ist zur Bereitstellung der Dienste innerhalb des Gebäudes verteilt.

Bei Objekten mit gering ausgeprägter Netzwerktechnik ist kein Serverraum vorhanden, die Installation reduzierte sich hier auf den Anteil innerhalb des Gebäudes. Tabelle 50 enthält Angaben über die Bestandteile häufiger Zentraler Dienste, die hier verwendete Berechnungsgrundlage sowie zur Zuordnung der Abwärme.

Tabelle 50- Typische Verbraucher der Zentralen Dienste – Berechnungsgrundlage Strombedarf und Abwärme

Typische Verbraucher Zentrale Dienste	Berechnungsgrundlage des Strombedarfs	Ort/Nutzungszone der freigesetzten Abwärme
Gebäudezentrale Installationen		
Zentrale Servertechnik (z.B. Server, Switches, Router, Medienkonvertern, USV/Batteriesysteme), zentrale Telefonanlagen (z.B. Racks, modulare Anlagen)	Nettogrundfläche des Gesamtgebäudes	21 Rechenzentrum
Variable Installationen		
Switches und ggf. WLAN-Router für die Unterverteilung des Netzwerkes innerhalb eines Gebäudes	Nettogrundfläche des Gebäudes	Gesamtgebäude (Installationsort variabel)

Aufgrund des geringen Gebäudeumfanges können nur erste Angaben über den Strombedarf Zentraler Dienste gemacht werden. Alle sieben untersuchten Bürogebäude wiesen Verbraucher der Zentralen Dienste in einem Serverraum sowie verteilt im Gebäude auf.

Dabei konnte festgestellt werden, dass unabhängig der Gebäudegröße eine „Grundinstallation“ an Kommunikationstechnik erforderlich ist. Entsprechend höher fällt ein flächenbezogener Bedarf bei kleineren Bürogebäuden aus. Tabelle 51 fasst die Ergebnisse zusammen.

Tabelle 51 - Zentrale Dienste – Ausstattungsmerkmale und Kennwerte in Büro- und Verwaltungsgebäuden

Ausstattungsniveau	Grundausstattung		erhöhte Ausstattung
Eingrenzung	< 2.500 m^2 NGF	≥ 2.500 - 4.000 m^2 NGF	ohne
Installationen im Serverraum	Telefonanlage • 1 Telefonanlage (Rack oder modular) • 1 Router oder Telefonmodem Serveranlage (einzeln oder als Chassis-System) • 1-2 Server (1-2U Racks oder separat) • 1-4 Switches (1U Racks) Server-Komponenten • ggf. Medienkonverter, Bandlaufwerke • ggf. USV-Anlagen, weitere Router		Telefonanlage • wie mittel ≥ 1 Serveranlage • > 2 Server • > 4 Switches Server-Komponenten • wie mittel
Installationen im restlichen Gebäude	Unterverteilungen aus je 1-2 Switches, ggf. WLAN-Router	Unterverteilungen aus je 1-4 Switches, ggf. WLAN-Router	Unterverteilungen aus je 1-4 Switches, WLAN-Router
ø jährlicher Strombedarf Zentrale Dienste	4,9 kWh/(m^2NGF·a)	2,8 kWh/(m^2NGF·a)	bis 12 kWh/(m^2NGF·a)
Anteil der Abwärme Serverraum	96 %	96 %	98 %
Anteil der Abwärme Restgebäude	4 %	4 %	2 %

Für Bürogebäude mit vergleichbarer Geräteausstattung und mit einer Nettogrundfläche bis ca. 2.500 m^2 ergab sich im Durchschnitt ein jährlicher Strombedarf für Zentrale Dienste (gebäudezentraler und variabler Anteil) von 4,9 kWh/(m^2NGF·a), bei Gebäuden über 2.500 m^2 bis 4.000 m^2 Nettogrundfläche ergab sich im Mittel ein jährlicher Bedarf von 2,8 kWh/(m^2NGF·a). Bei einem untersuchten Gebäude mit umfangreicher Servertechnik (u.a. 3 Serverschränke, 6 Serverracks, 6 Switches) ergab sich ein Wert von 12 kWh/m^2 Nettogrundfläche. In der Betrachtung der Abwärme entfallen im Durchschnitt je nach Ausstattung 96 % bzw. 98 % auf den Serverraum und 4 bzw. 2 % auf das restliche Gesamtgebäude. Für die untersuchten Schulen ließen sich drei unterschiedliche Ausstattungsintensitäten beobachten, die sich hinsichtlich der Strukturierung und Ausstattung unterscheiden (Tabelle 52).

Tabelle 52 - Zentrale Dienste – Ausstattungsmerkmale und Kennwerte in Schulen

Ausstattungsniveau	gering	mittel	hoch
Installationen im Serverraum	(kein Serverraum)	1 Telefonanlage, 1-2 Server, 1-2 Router, 1-4 Switches, ggf. Medienkonverter, ggf. USV-Anlagen	1 Telefonanlage, >2 Server, >2 Router, >4 Switches, 1-2 Medienkonverter, ggf. weitere Anlagen
Installationen im restlichen Gebäude	1 Telefonanlage, ggf. 1-2 Router ggf. 1-4 Switches ggf. 1 NAS-Server	mehrere Router, mehrere Switches	mehrere Router, mehrere Switches
ø jährlicher Strombedarf Zentrale Dienste	0,38 kWh/(m^2NGF·a)	0,79 kWh/(m^2NGF·a)	2,54 kWh/(m^2NGF·a)
Anteil der Abwärme Serverraum	0 %	64 %	95 %
Anteil der Abwärme Restgebäude	100 %	36 %	5 %

Bei wachsender Ausstattung an Server- und Netzwerktechnik konzentriert sich die Gesamtausstattung zunehmend auf Anlagen im Serverraum. Die untersuchte Kindertagesstätte wies einen jährlichen Strombedarf für Zentrale Dienste von 0,4 kWh/(m²NGF·a) auf, wobei die vorhandene Ausstattung der des Niveaus „gering“ entsprach (1 NAS-Server, 1 Switch, 1 Router).

6.4.4 Diverse Technik in Nichtwohngebäuden

6.4.4.1 Bestandteile, Zuordnung

In den untersuchten Büro- und Schulgebäuden traten unterschiedliche Anlagen der Diversen Technik regelmäßig bis einmalig auf. Für die bessere Differenzierung wird hier deshalb in „regelmäßig“ vorkommende und „weitere individuelle“ Anlagen unterschieden. Für die Installationen der Sicherheitsbeleuchtung, der Notlichtsteuerung sowie der Meldeanlagen können erste Kennwerte angegeben werden. Aufgrund des individuellen und seltenen Auftretens können für weitere Anlagen nur erste Ergebnisse wiedergegeben werden. Eine Übersicht der vorgefundenen Anlagen mit der zugeordneten Berechnungsgrundlage sowie dem Ort der freigesetzten Abwärme zeigt Tabelle 53.

Tabelle 53 - Typische Verbraucher der Diversen Technik – Berechnungsgrundlage Strombedarf und Abwärme

Typische Verbraucher Diverse Technik	Berechnungsgrundlage des Strombedarfs	Ort/Nutzungszone der freigesetzten Abwärme
Regelmäßige Anlagen		
Sicherheitsbeleuchtung	Nettogrundfläche oder Verkehrsfläche des Gesamtgebäudes	19 Verkehrsflächen
Zentralbatterie/Notlichtsteuerung		20 Lager, Technik, Archiv
Alarm- und Brandmeldeanlagen, Übertragungsgeräte	Strombedarf der Einzelkomponenten	20 Lager, Technik, Archiv
Weitere individuelle Anlagen		
Aufzugsanlagen	gebäudeindividuell nach Art, Anzahl und Nutzungsintensität der Anlagen	20 Lager, Technik, Archiv (Aufzugsmaschinenraum)
Druckerhöhungsanlagen		20 Lager, Technik, Archiv
Hebeanlagen (Ab- o. Regenwasser)		20 Lager, Technik, Archiv
Sprechanlagen		20 Lager, Technik, Archiv
Überwachungskameras (innen)		19 Verkehrsflächen
Überwachungskameras (außen)		außerhalb des Gebäudes
Zeiterfassungsterminals		19 Verkehrsflächen
Zentraluhr		20 Lager, Technik, Archiv

Zu den regelmäßig vorgefundenen Installationen gehört die Sicherheitsbeleuchtung, die aus einer Notlichtsteuerung mit Zentralbatteriesystem und im Gebäude verteilten Fluchtweg-Piktogrammen besteht. Mit der Anzahl der vorhandenen Piktogramme je Gebäude, Kenntnissen über die regelmäßige Betriebszeit, die installierten Leuchtmittel sowie die Flächenzusammensetzung der Gebäude war es möglich, flächenbezogene Kennwerte auf Grundlage von 13 Gebäuden zu berechnen.

Für die Sicherheitsbeleuchtung ergibt sich mit Bezug auf die Gesamt-Nettogrundfläche ein durchschnittlicher jährlicher Bedarf von 0,39 kWh/(m²NGF·a), bezogen auf die Verkehrsfläche des Gebäudes ergibt sich ein durchschnittlicher Bedarf von 1,66 kWh/(m²VF·a). Die Angaben beziehen sich auf eine Laufzeit von 16 h/d an 240d/a und einer installierten Leistung von 8 Watt je Piktogramm. Bei anderen Betriebseigenschaften können die Werte entsprechend umgerechnet werden. Für die Notlichtsteuerung ergaben sich je Gebäude absolute Bedarfswerte zwischen 175 und 350 kWh/a (ø204 kWh/a).

Eine typische Kombination von Meldeanlagen setzt sich je Gebäude aus einer Alarmanlage, einer Brandmeldeanlage (ggf. mit Bedientableau) und einem Übertragungsgerät mit Telefon- und/oder Mobilfunkverbindung zusammen, das im Meldefall ein Ereignis nach außen übermittelt. In den untersuchten Objekten ergab sich für diese Anlagenkombination ein jährlicher Gesamtbedarf zwischen 39 und 89 kWh/a (ø 63 kWh/a). Bei Vorhandensein einer Meldeanlage mit Übertragungsgerät kann der Bedarf um ca. ein Drittel reduziert werden.

Für alle weiteren vorgefundenen Anlagen der Diversen Technik können an dieser Stelle nur Einzelergebnisse aufgeführt werden, die individuellen Nutzungsintensitäten unterliegen. Sie dienen allein der Vollständigkeit.

Die vorgefundenen Personenaufzüge besitzen je nach Bauart eine Mechanik (mit Typenschild des Aggregats) sowie eine Steuerungseinheit. Die Maximalleistung im Betrieb lag zwischen 8,5 und 13 kW. Im Stillstand können je nach Steuerungslogik verschiedene Systemkomponenten (z.B. die Innenraumbeleuchtung) abgeschaltet werden. Je Hersteller sind Unterlagen über den Standby-Verbrauch verfügbar, dieser lag hier dauerhaft zwischen 20 und 50 Watt. Der Gesamtstrombedarf ist zusätzlich zum Standby-Verbrauch allerdings stark von der Frequentierung bzw. der Häufigkeit des Fahrbetriebes abhängig, der in den hier betrachteten Objekten jedoch sehr gering ausfiel.

In einer Schule konnte eine Druckerhöhungsanlage dokumentiert werden, die aus vier Trockenläuferpumpen mit einer maximalen Einzelleistung von je 2.200 W besteht und sich dauerhaft in Betrieb befindet. Eine indirekte Leistungsmessung der Gesamtanlage ergab im Leerlauf eine Leistungsaufnahme von insgesamt ca. 270 Watt, die damit sehr deutlich unter der Maximalleistung des Systems liegt.

Die dokumentierten Hebeanlagen werden in Verbindung mit einem Tank betrieben und heben anfallendes Regen- oder Schmutzwasser innerhalb des Hauses auf das Niveau der Kanalisation. Die im bedarfsgeregelten Betrieb (z.B. durch einen Schwimmer bei entsprechendem Füllstand) ausgelösten Pumpen wiesen eine Leistungsaufnahme von 900 bis 1.600 Watt auf.

Bei den untersuchten Sprechanlagen liegt laut Herstellerdokumentation die Leistungsaufnahme eines Verstärkers im Leerlauf zwischen 12 und 20 Watt (ca. 105-175 kWh/a).

Für die aufgenommenen Terminals der Zeiterfassung werden in den Herstellerunterlagen Leistungsaufnahmen von 3-5 Watt je Gerät angegeben (ca. 35 kWh/a).

Die vorgefundenen Zentraluhren besitzen eine Leistung im Impulsfall (ca. 2 Sekunden/Minute) von ca. 19 Watt, im Ruhezustand von ca. 0,3 Watt. Gewichtet ergibt sich eine mittlere Leistungsaufnahme von ca. 1 Watt (ca. 9 kWh/a).

6.4.5 Außenbeleuchtung von Nichtwohngebäuden

Für z.B. eine Orientierung in der Dunkelheit entlang des Gebäudes, eine Erhöhung des Sicherheitsempfindens, der Erschießung von Zugangswegen oder der Beleuchtung historischer oder repräsentativer Fassaden werden Außenbeleuchtungen eingesetzt.

Während Beleuchtungen an Ein- und Ausgängen häufig vorkommen, beschränkt sich ein weiterer Umfang der Installation nur auf einzelne Objekte, die z.B. einen Innenhof oder eine außergewöhnliche Fassade besitzen. Der Strombedarf für die Außenbeleuchtung lässt sich allein dem Gesamtgebäude zuordnen, die entstehende Abwärme wird vollständig an die Außenluft abgegeben. In bilanzieller Betrachtung

des konditionierten Raums ist der für die Außenbeleuchtung aufgebrachte Energieaufwand vollständig als Verlust einzuordnen. Tabelle 54 fasst typische Elemente der Außenbeleuchtung mit Angaben zu Strombedarf und Abwärme zusammen:

Tabelle 54 - Typische Verbraucher der Außenbeleuchtung - Berechnungsgrundlage Strombedarf und Abwärme

Typische Verbraucher Außenbeleuchtung	Berechnungsgrundlage des Strombedarfs	Ort/Nutzungszone der freigesetzten Abwärme
Beleuchtung von Ein-/Ausgängen	Anzahl der beleuchteten Ein- und Ausgänge	außerhalb des Gebäudes
Beleuchtung von Innenhöfen, Parkplätzen, Zugangswegen	Anzahl der Laternen und Laternenmasten	außerhalb des Gebäudes
Beleuchtung von Fassaden	Anzahl der Strahler	außerhalb des Gebäudes

Aufgrund der Übersichtlichkeit und individuellen Installation wird bei einer Bewertung bestehender Gebäude empfohlen, die vorhandenen Bestandteile der Außenbeleuchtung vor Ort zahlenmäßig zu erfassen. Die Angabe von Berechnungsergebnissen beruht auf den vorgefundenen Installationsorten der Beleuchtung und der Bandbreite der Leuchtmittel.

- Je **Ein- und Ausgang** ergibt sich ein mittlerer Bedarf von 169 kWh/a, dies entspricht z.B. zwei Kompakt-Leuchtstofflampen mit je 18 W und einem integrierten elektronischen Vorschaltgerät (ca. 38W Systemleistung)

- Je **Laterne** (am Haus oder als Hof- und Parkplatzbeleuchtung) ergibt sich ein mittlerer Bedarf von 380 kWh/a, dies entspricht z.B. einer 80 W Gasentladungslampe mit elektronischem Vorschaltgerät (Systemleistung 92 Watt)

- Je **Fassadenstrahler** ergibt sich ein mittlerer Bedarf von 1.284 kWh/a, dies entspricht z. B. einem Halogenstrahler mit einer Leistungsaufnahme von 300 Watt.

Die Berechnungen basieren auf einer Vollbetriebszeit der Außenbeleuchtung von 4.280 h/a, welcher dem aufsummierten Zeitraum zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang am Standort Magdeburg entspricht. Bei besseren Kenntnissen (z.B. über die Steuerung des Betriebes oder die installierte Systemleistung je Leuchte) können die Angaben angepasst werden.

Aufgrund der hohen Laufzeiten wurden bereits mehrere Außenbeleuchtungen zur Reduzierung des Strombedarfs mit LED-Leuchtmitteln ausgestattet. Im Regelfall besitzt jedes Gebäude mindestens einen Ein- und Ausgang mit Außenbeleuchtung, weitere Installationen sind von den örtlichen Gegebenheiten abhängig.

Eine Ableitung von Kennwerten – z.B. anhand der Nettogrundfläche – kann erfolgen, wenn die erfasste Stichprobe von Gebäuden insgesamt größer und auch hinsichtlich der Gebäudenutzungsarten umfassender ist.

6.5 Ergebnisse der Gebäudemodellierung

6.5.1 Allgemeines

Die Grundlage der Kennwerterhebung und der Formulierung von Ausstattungsniveaus bildet die Modellierung des Gesamtstrombedarfs von 7 Bürogebäuden, 10 Schulen und 1 Kindergarten aus der Gesamtstichprobe. Durch Aufnahme aller elektrischen Verbraucher, Hinterlegung von Leistungsangaben und Nutzungsintensitäten wurde ein Abgleich mit dem Gesamtstromverbrauch durchgeführt (Methodik siehe Abbildung 1). Dieser Abschnitt soll auf die Ergebnisse der Modellierung eingehen.

6.5.2 Modellierung Büro- und Verwaltungsgebäude

6.5.2.1 Nutzungsranddaten der modellierten Gebäude

Die folgende Tabelle fasst die Eckdaten der untersuchten Büro- und Verwaltungsgebäude zusammen.

Tabelle 55 - Eigenschaften der modellierten Büro- und Verwaltungsgebäude

Bezeichnung	G124	G129	G132
Nutzung	Bürogebäude	Bürogebäude	Büro mit Prüflabor
Nettogrundfläche	1.459,28 m^2	3.830,86 m^2	607,90 m^2
Beleuchtung	LSR (T8) mit VVG, manuelle Steuerung	LSR (T8) mit VVG, manuelle Steuerung	LSR (T8) mit VVG, manuelle Steuerung
Wärmeversorgung	Nahwärme, 1 Verteiler	Nahwärme, 1 Verteiler	Nahwärme, 1 Verteiler
Lüftungsanlage	keine	1 Anlage für Labor	keine
Kälteanlagen	1 DX, Serverraum	1 DX, Serverraum	2 DX, Prüflabor und 1 DX, Serverraum
Trinkwarmwasser	dezentrale Speicher	zentrale Bereitung	dezentrale Speicher
Außenbeleuchtung	KLSL an Eingängen	KLSL an Eingängen, HID-Außenleuchten	KLSL am Eingang
Sicherheitsbeleuchtung	ja, 8 Watt/Zeichen	nein	nein
Besonderheiten	keine	viel Servertechnik, kleines Versuchslabor	viel Servertechnik, großes Prüflabor
Anzahl der Räume	57	201	34
Anzahl Verbraucher	417	908	251

G136	G191	G199	G268
Bürogebäude	Bürogebäude	Bürogebäude	Bürogebäude
1.639,41 m^2	3.201,33 m^2	2.546,56 m^2	3.874,74 m^2
LSR (T8) mit VVG, manuelle Steuerung	LSR (T8) mit VVG, manuelle Steuerung	LSR (T8) mit VVG, manuelle Steuerung	LSR (T8) mit VVG, manuelle Steuerung
Nahwärme, 1 Verteiler	Gaskessel, 1 Verteiler	Nahwärme, 1 Verteiler	Nahwärme, 1 Verteiler
keine	keine	keine	keine
1 DX, Serverraum	keine	1 DX, Serverraum	2 DX, Serverraum
dezentrale Speicher	dezentrale Speicher	dezentrale Speicher	dezentrale Speicher
KLSL an Eingängen	KLSL an Eingängen, HID-Außenleuchten	KLSL an Eingängen	KLSL an Eingängen
ja, 8 Watt/Zeichen	ja, 8 Watt/Zeichen	ja, 8 Watt/Zeichen	nein
keine	keine	1 leerstehende Etage herausgenommen	keine
65	116	99	108
430	1.395	590	1.184

Für die Modellierung des Gesamtstrombedarfs wurden kleine und mittelgroße Bürogebäude ausgewählt, die eine Nettogrundfläche zwischen 607,90 m^2 und 3.874,74 m^2 umfassen. Im Vergleich der Raumkonditionierung besteht die Beleuchtungsinstallation in allen betrachteten Gebäuden aus manuell gesteuerten Leuchtstoffröhren (Sockel T8) mit verlustarmen Vorschaltgeräten (VVG) zum Stand des betrachteten Verbrauchszeitraumes (2017 bzw. 2018). Ein danach stattgefundener Austausch einzelner Leuchtmittel auf LED-Technik wurde dokumentiert, jedoch aus Gründen der Vergleichbarkeit nicht in die Berechnung einbezogen. Die Wärmeversorgung wird über eine Nahwärme-Übergabestation oder einen Kessel sichergestellt, mittels einer Hausverteilungsstation gelangt die Wärme über ein zentrales Rohrleitungsnetz zu statischen Heizflächen. Die Warmwasserbereitung findet in den hier betrachteten Gebäuden überwiegend dezentral durch elektrische Kleinspeicher statt. Eine Klimatisierung ist nur lokal in Einzelräumen mit hoher Abwärmebelastung (Serverräume, Prüflabore) vorhanden.

Je nach Größe und zugehöriger Außenanlagen umfasst die Außenbeleuchtung regulär die Eingangsbereiche sowie ggf. die Beleuchtung von Innenhöfen und Parkplätzen. Mit Bezug auf den Energiebedarf weisen zwei Gebäude Besonderheiten auf: Gebäude G129 und G132 weisen aufgrund ihrer Funktion überdurchschnittlich umfangreiche Servertechnik auf, Gebäude G132 darüber hinaus ein Prüflabor mit sehr intensiv genutzter, dauerhaft in Betrieb befindlicher Messtechnik.

6.5.2.2 Ergebnisvergleich mit dem Gesamtstromverbrauch

Zum Vergleich der Modellierung des Gesamtstrombedarfs liegen für die betrachteten Gebäude belastbare Angaben für den Gesamtstromverbrauch vor. Die Berechnungsergebnisse sind nachfolgend in Tabelle 56 mit Angabe des Bezugszeitraumes gegenübergestellt.

Tabelle 56 - Vergleich der Modellierungsergebnisse mit dem Gesamtstromverbrauch - Büro- und Verwaltungsgebäude

Gebäude	G124	G129	G132	G136	G191	G199	G268
Verbrauch [kWh/a]	25.000 (2017)	80.000[a] (2019)	75.240[b] (2018)	31.000 (2017)	75.720 (2017)	37.833 (2017)	65.500[b] (2017)
Bedarf [kWh/a]	25.515	81.627	74.721	30.653	75.851	37.613	64.460
Differenz Modell [%]	+ 2,06	+ 2,03	- 0,69	- 1,12	+ 0,17	- 0,58	- 1,59

[a] kein Einzelverbrauchswert verfügbar, Abschätzung des Gesamtstromverbrauches auf Grundlage von Kurzzeitmessungen

[b] Gesamtverbrauchswert mehrerer Gebäude einer Liegenschaft, jedoch ausschließlich betrachtetes Gebäude in Nutzung

Die Modellierung nähert sich sehr gut an alle betrachteten Büro- und Verwaltungsgebäude an. Die Abweichung der Bedarfsberechnung und dem Verbrauch liegt zwischen -1,59% und +2,06% und damit innerhalb beobachteter Schwankungen des jährlichen Gesamtstromverbrauchs aufgrund unterschiedlicher Belegung und Nutzungsintensität. Die gewählten Ansätze zur elektrischen Anlagentechnik und den nutzerbezogenen Verbrauchern bilden den Gesamtstromverbrauch in Summe sehr gut ab.

Das primäre Ziel der Modellierung lag dabei in der Verwendung ähnlicher, vergleichbarer Ansätze der Nutzungsintensität in allen Bürogebäuden und nicht in der Minimierung von Modellabweichungen. Die verwendeten Annahmen zur Bedarfsberechnung unterliegen (insbesondere bei Laufzeiten der Beleuchtung und Haustechnik) einer Bandbreite in der Schätzung, die bereits den besten Kenntnisstand berücksichtigt. Eine weitere Variation einzelner Ansätze ist in Summe nicht auf gesicherte Informationen zurückzuführen und wurde daher nicht durchgeführt.

6.5.2.3 *Verteilung des Gesamtstrombedarfs nach Einzelgewerken*

Die Betrachtung der Modellierung nach Einzelgewerken soll erste Aussagen liefern, welchen Anteil Anwenderhilfen am Gesamtstrombedarf eines Büro- und Verwaltungsgebäudes aufweisen können und welche Berücksichtigung allgemein im bisherigen Berechnungsverfahren nach DIN V 18599 erfolgt. Eine erste Einschätzung ist dazu nur in der Betrachtung aller elektrischer Verbraucher möglich. Die relativen Anteile der Einzelgewerke am Gesamtstrombedarf sind in Abbildung 93 grafisch und vollständig in Einzelwerten in Tabelle 57 dargestellt.

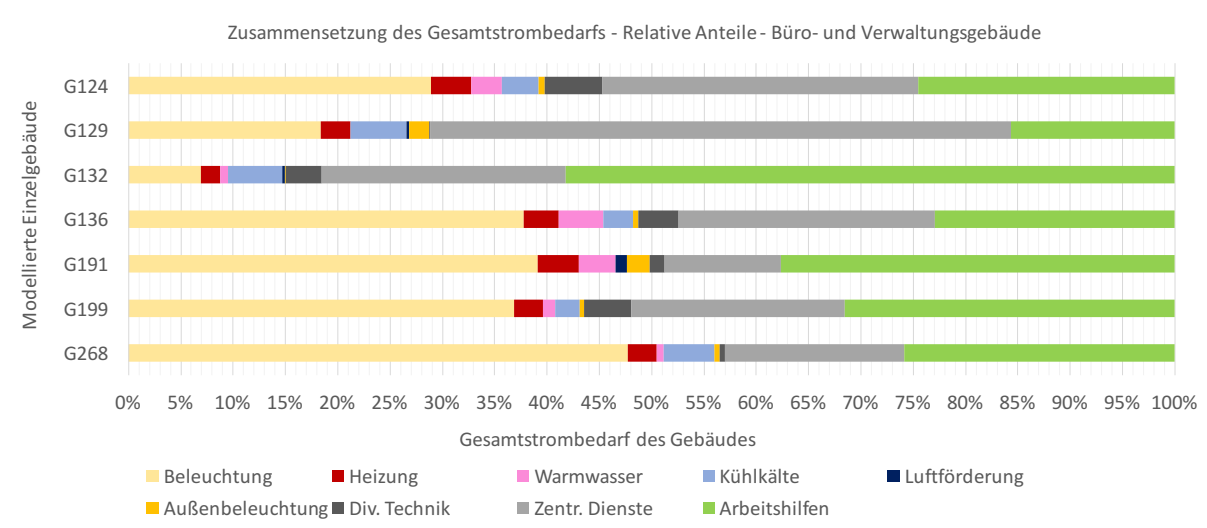

Abbildung 93 - Zusammensetzung des Gesamtstrombedarfs - Relative Anteile - Büro und Verwaltungsgebäude

Tabelle 57 - Relative Anteile der Gewerke am Gesamtstrombedarf - Detaillierte Werte - Büro- und Verwaltungsgebäude

Gebäude	Beleuchtung	Heizung	Warmwasser	Kühlkälte	Luftförderung	Außenbeleuchtung	Diverse Technik	Zentrale Dienste	Arbeitshilfen
G124	28,87%	3,89%	2,97%	3,45%	0,00%	0,64%	5,50%	30,18%	24,51%
G129	18,34%	2,86%	0,00%	5,38%	0,24%	1,93%	0,08%	55,48%	15,68%
G132	6,94%	1,81%	0,75%	5,20%	0,22%	0,11%	3,45%	23,30%	58,22%
G136	37,73%	3,34%	4,27%	2,88%	0,00%	0,53%	3,81%	24,53%	22,90%
G191	39,12%	3,94%	3,51%	0,00%	1,10%	2,16%	1,41%	11,09%	37,67%
G199	36,86%	2,71%	1,19%	2,35%	0,00%	0,43%	4,54%	20,41%	31,51%
G268	47,71%	2,81%	0,62%	4,88%	0,00%	0,50%	0,47%	17,17%	25,84%

Die größten Anteile am Gesamtstrombedarf von Bürogebäuden bilden in den betrachteten Gebäuden regulär die Beleuchtung, gefolgt von Arbeitshilfen und Zentralen Diensten. Alle weiteren Bestandteile besitzen in Summe nur einen Anteil von ca. 10-15% am Gesamtstrombedarf. Dieser kann sich beim Vorhandensein von Lüftungs- und Klimatechnik jedoch (hier nur in geringem Maße vorhanden) weiter erhöhen.

Der auf Arbeitshilfen entfallende Anteil am Gesamtstrombedarf liegt bei den hier untersuchten gewöhnlichen Büro- und Verwaltungsgebäuden zwischen 16% und 38%, in besonderen Fällen (G132) aber auch deutlich höher. Auf die Außenbeleuchtung entfallen zwischen 0,4% (Beleuchtung von Eingängen) und 2,2% (Beleuchtung der Eingänge und des Parkplatzes).

Mit Bezug auf den Bilanzumfang der DIN V 18599 werden die hier aufgeführten Anteile unterschiedlich berücksichtigt. Während die Bestandteile zur Raumkonditionierung (Beleuchtung, Heizung, Warmwasserbereitung, Kühlkälte und Luftforderung) mit dem End- oder Hilfsenergieträger Strom in die Bilanzierung eingehen, werden weitere Aufwendungen nur indirekt oder nicht einbezogen.

Indirekt berücksichtigt werden Aufwendungen für Zentrale Dienste (Server- und Telefontechnik) und Arbeitshilfen (Nutzergeräte) über ihre Abwärme in typischen Nutzungsprofilen (Server: 21 Rechenzentrum, Anwenderhilfen z.B. in 01 Einzelbüro). Durch eine fehlende Zuordnung bzw. veränderliche Anordnung eines Teils „Zentraler Dienste“ innerhalb des Gebäudes findet dieser Anteil jedoch keine Berücksichtigung in Bezug auf Abwärme.

Keine Berücksichtigung finden Aufwendungen an elektrischem Strom für Außenbeleuchtung, Diverse Technik, Zentrale Dienste und Arbeitshilfen. Insgesamt umfasst der Anteil dieser vier Bestandteile zwischen 44% (G268) und 61% (G124) des Gesamtstrombedarfs, in besonderen Fällen sogar bis zu 85% (G132).

6.5.3 Modellierung Schulen

6.5.3.1 Nutzungsranddaten der modellierten Gebäude

Zur besseren Vorstellung des Modellierungsumfanges sind nachfolgend die vorgefundenen Eigenschaften und technischen der detailliert untersuchten Schulgebäude angegeben. Die zehn Gebäude unterteilen sich in fünf Grundschulen, zwei Sekundarschulen und drei Gymnasien (Tabelle 58).

Aufgrund einzelner Verbrauchsablesungen, die neben dem bisher dokumentierten Schulgebäude auch weitere bauliche Anlagen (meist Turnhallen) umfassten, war bei einzelnen Gebäuden eine Erweiterung der bestehenden Flächenauswertung erforderlich. So erfolgte parallel zur Begehung und Aufnahme der elektrischen Verbraucher auch eine notwendige Dokumentation weiterer Nutzflächen.

Tabelle 58 - Eigenschaften der modellierten Grund- und Sekundarschulen

Bezeichnung	G173	G176	G177
Nutzung	Grundschule	Grundschule	Sekundarschule
Nettogrundfläche	3.332,78 m^2	3.443,45 m^2	2.714,66 m^2
Beleuchtung	LSR (T5) mit EVG, manuelle Steuerung	LSR (T5) mit EVG, TL-abh. Steuerung	LSR (T8) mit EVG, manuelle Steuerung
Wärmeversorgung	Nahwärme, 1 Verteiler	Gaskessel, 1 Verteiler	Gaskessel, 1 Verteiler
Lüftungsanlage	keine	keine	keine
Kälteanlagen	keine	1 DX, Serverraum	keine
Trinkwarmwasser	dezentrale Speicher	dezentrale Speicher	dezentrale Speicher
Außenbeleuchtung	KLSL an Eingängen	KLSL an Eingängen	KLSL an Eingängen, HID-Außenleuchten
Sicherheitsbeleuchtung	ja, 8 Watt/Zeichen	ja, 8 Watt/Zeichen	ja, 8 Watt/Zeichen
Besonderheiten	keine	keine	keine
Anzahl der Räume	144	105	64
Verbraucher (nur AH)	622 (129)	708 (99)	646 (190)

(Fortführung der Tabelle)

G179	G181	G188	G197
Grundschule	Sekundarschule	Grundschule	Grundschule
2.726,70 m^2	8.650,08 m^2	5.656,4 m^2	2.093,28 m^2
LSR (T5) mit VVG, manuelle Steuerung	LSR (T5) mit EVG, TL-abh. Steuerung	LSR (T5) mit EVG, manuelle Steuerung	LSR (T8) mit VVG, manuelle Steuerung
Nahwärme, 1 Verteiler	Nahwärme, 2 Verteiler	Pelletkessel, 1 Verteil.	Gaskessel, 1 Verteiler
keine	keine	1 Abluft Küche	keine
1 DX, Serverraum	1 DX, Serverraum	keine	keine
dezentrale Speicher	dezentrale Speicher	dezentr. Speicher, DLE	dezentrale Speicher
KLSL an Eingängen, HID-Außenleuchten	KLSL an Eingängen, HID-Außenleuchten	KLSL an Eingängen, HID-Außenleuchten	KLSL an Eingängen, HID-Außenleuchten
ja, 8 Watt/Zeichen	ja, 8 Watt/Zeichen	ja, 8 Watt/Zeichen	nein
inklusive der Turnhalle (265 m^2)	zwei verbundene Teilgebäude	Wärmeversorgung mit 2 Holzpelletkesseln	geringer technischer Ausstattungsgrad
82	217	139	53
591 (109)	2.060 (294)	697 (131)	401 (92)

Die untersuchten Grund- und Sekundarschulen umfassen eine Nettogrundfläche von 2.093,28 m^2 (kleine Grundschule mit 8 Klassen) bis 8.650,08 m^2 (großes Sekundarschulzentrum). Die Beleuchtung besteht in allen Gebäuden aus Leuchtstofflampen (fast ausschließlich Sockel T5 oder T8) mit verlustarmen (VVG) oder elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) – zum Teil mit tageslichtabhängiger Steuerung. Weiterhin bestehen Ähnlichkeiten in der Wärme- und Kälteversorgung, Warmwasserbereitung und der vorhandenen Außenbeleuchtung. Aus Platzgründen folgen die untersuchten Gymnasien in Tabelle 59.

Tabelle 59 - Eigenschaften der modellierten Gymnasien

Bezeichnung	G186	G190	G196
Nutzung	Gymnasium	Gymnasium	Gymnasium
Nettogrundfläche	7.485,70 m^2	15.412,09 m^2	6.368,71 m^2
Beleuchtung	LSR (T5) mit EVG, TL-abh. Steuerung	LSR (T8) mit EVG oder VVG, man. Steuerung	LSR (T5) mit EVG, TL-abh. Steuerung
Wärmeversorgung	Nahwärme, 2 Verteiler	Nahwärme, 2 Verteiler	Gaskessel, 1 Verteiler
Lüftungsanlage	1 Zu-/Abluft Küche	5 Zu-/Abluftanlagen (Klassenräume, Küche, Turnhallen 1,2,3)	TL-abh. Steuerung
Kälteanlagen	1 DX, Serverraum	keine	1 DX, Serverraum
Trinkwarmwasser	dezentrale Speicher	dezentrale Speicher, zentrale Zirkulation (Küchenbetrieb)	dezentrale Speicher, DLE
Außenbeleuchtung	KLSL an Eingängen, HID-Außenleuchten	KLSL an Eingängen, HID-Außenleuchten, Fassadenstrahler	KLSL an Eingängen, HID-Außenleuchten
Sicherheitsbeleuchtung	ja, 8 Watt/Zeichen	ja, 8 Watt/Zeichen	ja, 8 Watt/Zeichen
Besonderheiten	zwei verbundene Teilgebäude	2 Druckerhöhungsanlagen, 2 Küchen, Schulgebäude inklusive 3 Turnhallen (1.434 m^2)	hoher technischer Ausstattungsgrad
Anzahl der Räume	281	314	104
Verbraucher (nur AH)	2.125 (455)	2.800 (519)	1.644 (381)

Bestandteil der Bedarfsmodellierung waren auch drei mittelgroße bis große Gymnasien, die eine Nettogrundfläche von 6.368,71 m^2 bis zu 15.412,09 m^2 Nettogrundfläche umfassen. Bei wachsender Gebäudegröße zeigt sich hier auch eine wachsende technische Komplexität. So umfasst die flächengrößte untersuchte Schule mehrere Lüftungsanlagen, zwei umfangreiche Küchenbereiche sowie zwei Trinkwasser-Druckerhöhungsanlagen. Je nach Modernisierungsgrad besitzen die betrachteten Schulgebäude z.B. tageslichtabhängige Beleuchtungssysteme oder regenerative Wärmeerzeuger (G188).

6.5.3.2 Ergebnisvergleich mit dem Gesamtstromverbrauch

Der Gesamtstrombedarf aller zehn Schulgebäude wurde auf Grundlage der erhobenen elektrischen Geräte und Anlagen mit Berücksichtigung von Leistungs- und Laufzeiteigenschaften detailliert berechnet. Die Ergebnisse der Modellierung sind den bereitgestellten Jahresangaben des Gesamtstromverbrauchs in Tabelle 60 gegenübergestellt.

Tabelle 60 - Vergleich der Modellierungsergebnisse mit dem Gesamtstromverbrauch - Schulen

Gebäude	G173	G176	G177	G181	G179	G186	G188	G190	G196	G197
Verbrauch [kWh/a]	22.643 (2018)	33.704 (2018)	46.200 (2018)	84.817 (2017)	37.216 (2017)	110.476 (2017)	45.838 (2017)	261.507 (2017)	123.554 (2017)	31.421 (2017)
Bedarf [kWh/a]	23.044	33.519	46.682	87.554	37.732	106.752	45.875	259.236	120.058	30.781
Differenz Modell [%]	+ 1,77	- 0,55	+ 1,04	+ 3,23	+ 1,39	- 3,37	- 0,08	- 0,87	-2,83	- 2,04

Insgesamt zeigt sich wie bei den Büro- und Verwaltungsgebäuden eine sehr gute Annäherung der Modellberechnung an den realen Jahresverbrauch. Der berechnete Gesamtstrombedarf weicht maximal zwischen -3,4% und + 3,2% vom Messwert ab, im Schnitt bildet sich eine geringere Differenz aus. Die Modellierungsergebnisse besitzen damit eine vergleichsweise ähnliche Bandbreite wie die dokumentierten Schwankungen der Gesamtstromverbrauchswerte über einen Zeitraum von mehreren Jahren, die für einzelne Schulen vorliegen. Auf eine weitere Minimierung der Abweichung wurde verzichtet, da zu den bisher angenommenen Nutzungsintensitäten keine genaueren Kenntnisse vorliegen.

6.5.3.3 Verteilung des Gesamtstrombedarfs nach Einzelgewerken

Anhand der detaillierten Modellierung besteht die Möglichkeit, die Anteile des Gesamtstrombedarfs der untersuchten Schulgebäude auf die vorhandenen Einzelgewerke aufzuteilen und den Einfluss von Nutzerstrombedarf auf das Gesamtgebäude zu bewerten. Die Zusammensetzung der relativen Anteile zeigt Abbildung 94 auf.

Den mit Abstand größten Anteil am Gesamtstrombedarf nehmen die Aufwendungen für die Beleuchtung ein, gefolgt von den Arbeitshilfen. Je nach Anlagenkonfiguration und technischem Ausstattungsgrad (Digitalisierung der Schule, Server- und Netzwerktechnik) können ebenfalls größere Bedarfsanteile auf die Wärmeversorgung und Zentrale Dienste entfallen. Die hier untersuchten Schulen besitzen (wenn vorhanden) nur lokal begrenzte Kälteanlagen in Serverräumen, weshalb der Energieaufwand für weitere Kälteanlagen ebenfalls einen maßgeblichen Anteil am Gesamtstrombedarf einnehmen kann. Bei einem reduzierten Maß an technischer Ausstattung (G197) erhöht sich der relative Anteil des Strombedarfs für Beleuchtung.

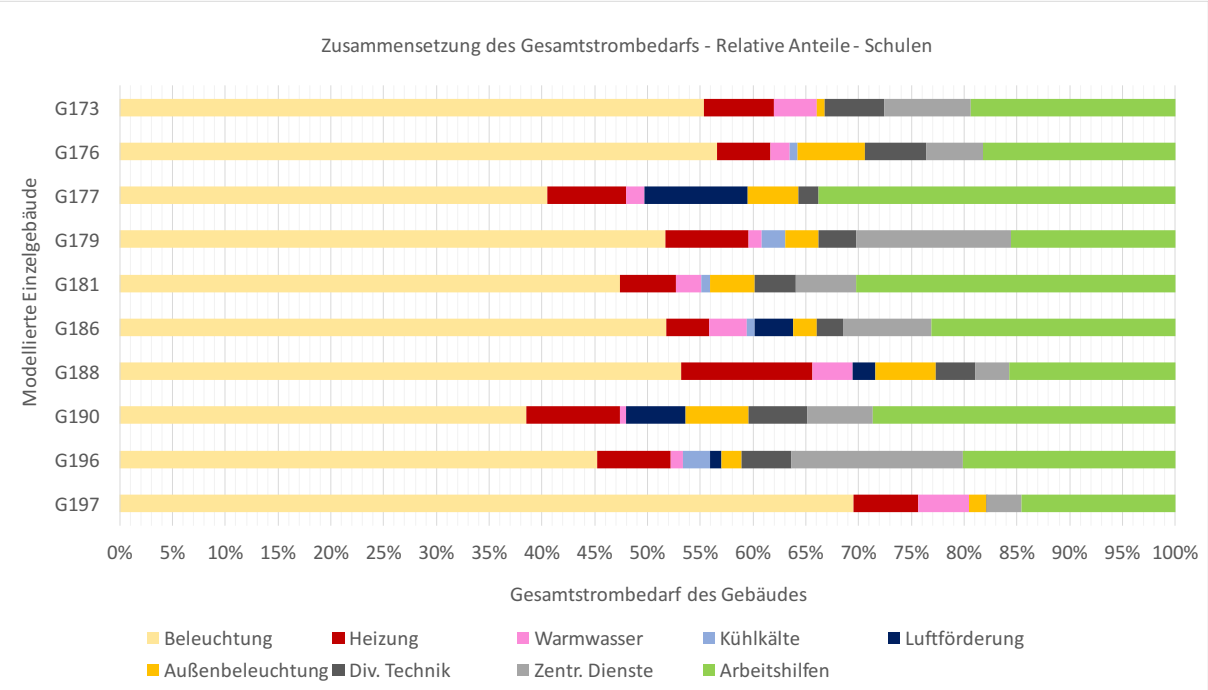

Abbildung 94 - Zusammensetzung des Gesamtstrombedarfs - Relative Anteile - Schulen

Die Werte der detaillierten Einzelanteile der Gewerke am Gesamtstrombedarf sind in nachfolgender Tabelle 61 für jede untersuchte Schule aufgeführt.

Tabelle 61 - Relativer Anteil der Gewerke am Gesamtstrombedarf - Detaillierte Werte - Schulen

Gebäude	Beleuchtung	Heizung	Warmwasser	Kühlkälte	Luftförderung	Außenbeleuchtung	Diverse Technik	Zentrale Dienste	Arbeitshilfen
G173	55,35%	6,63%	4,06%	0,00%	0,00%	0,70%	5,64%	8,27%	19,34%
G176	56,61%	5,03%	1,80%	0,74%	0,00%	6,40%	5,80%	5,39%	18,22%
G177	40,53%	7,47%	1,71%	0,00%	9,76%	4,82%	1,93%	0,00%	33,78%
G179	51,69%	7,87%	1,27%	2,25%	0,00%	3,16%	3,54%	14,65%	15,57%
G181	47,40%	5,27%	2,40%	0,83%	0,00%	4,29%	3,85%	5,73%	30,23%
G186	51,79%	4,04%	3,58%	0,73%	3,71%	2,21%	2,51%	8,36%	23,08%
G188	53,20%	12,41%	3,82%	0,00%	2,18%	5,71%	3,73%	3,25%	15,71%
G190	38,55%	8,88%	0,56%	0,00%	5,61%	6,00%	5,51%	6,21%	28,67%
G196	45,26%	6,90%	1,16%	2,57%	1,13%	1,91%	4,70%	16,23%	20,14%
G197	69,54%	6,15%	4,79%	0,00%	0,00%	1,62%	0,03%	3,34%	14,54%

Der Energieaufwand für Beleuchtung nimmt bei den modellierten Schulen zwischen knapp 41% und 57% des Gesamtstrombedarfs ein, bei Schulen mit insgesamt wenig technischer Ausstattung sogar bis zu knapp 70% (G197). Auf die Arbeitshilfen in Schulen (z.B. Beamer, Projektoren) entfallen zwischen etwa 15% und 34% der gesamten Stromaufwendungen. Die verhältnismäßig umfangreiche Servertechnik in den Schulen G179 und G196 spiegelt sich hier im überdurchschnittlichen Anteil der Zentralen Dienste wider. Ebenfalls erkennbar ist, dass sich der Anteil diverser Technik in allen Gebäuden mit Sicherheitsbeleuchtung und ggf. weiterer Anlagen (außer G197) in einer verhältnismäßig geringen Bandbreite zwischen 2% und etwa 5,5% bewegt.

6.5.4 Modellierung Kindertagesstätte

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurde neben Bürogebäuden und Schulen eine repräsentative Kindertagesstätte modelliert. Die Eigenschaften des Gebäudes sind in Tabelle 62 erläutert.

Tabelle 62 - Eigenschaften der modellierten Kindertagesstätte

Bezeichnung	**G168**	Kälteanlagen	keine
Nutzung	Kindertagesstätte	Trinkwarmwasser	zentrale Zirkulation
Nettogrundfläche	1.341,41 m^2	Außenbeleuchtung	KLSL entlang Fassade
Beleuchtung	LSR (T5) mit EVG, manuelle Steuerung	Sicherheitsbeleuchtung	ja, 4 Watt/Zeichen
		Besonderheiten	keine
Wärmeversorgung	Gaskessel, 1 Verteiler	Anzahl der Räume	49
Lüftungsanlage	keine	Verbraucher (nur AH)	307 (49)

Die untersuchte Kindertagesstätte umfasst 150 Betreuungsplätze und besitzt neben 16 Gruppen- bzw. Schlafräumen einen Mehrzweckraum und eine Vorbereitungsküche. Die Beleuchtungsinstallation besteht auch Leuchtstoffröhren (Sockel T5) und elektronischen Vorschaltgeräten (EVG). Die Wärmeerzeugung erfolgt mit einem Gas-Brennwertkessel, die Übergabe wird maßgeblich durch eine Fußbodenheizung und ergänzend durch statische Heizflächen realisiert. Es sind keine Kälte- und Lüftungsanlagen vorhanden. Zum Vergleich der durchgeführten Modellrechnung des Gesamtstrombedarfs lag ein Verbrauchswert des Gesamtobjektes für das Jahr 2017 vor. Tabelle 63 stellt die Ergebnisse dar.

Tabelle 63 - Vergleich der Modellierungsergebnisse mit dem Gesamtstromverbrauch - Kindertagesstätte

Gebäude	Verbrauch [kWh/a]	Bedarf [kWh/a]	Differenz Modell [%]
G168	21.306 (2017)	21.219	- 0,41

In der Modellierung konnte eine sehr gute Annäherung an den realen Gesamtstromverbrauch erzielt werden. Zentrale Einflussgrößen auf den Strombedarf bildeten die Beleuchtungsinstallation sowie die Nutzungsintensitäten der Küchengeräte, Waschmaschinen und Wäschetrockner (Abbildung 95).

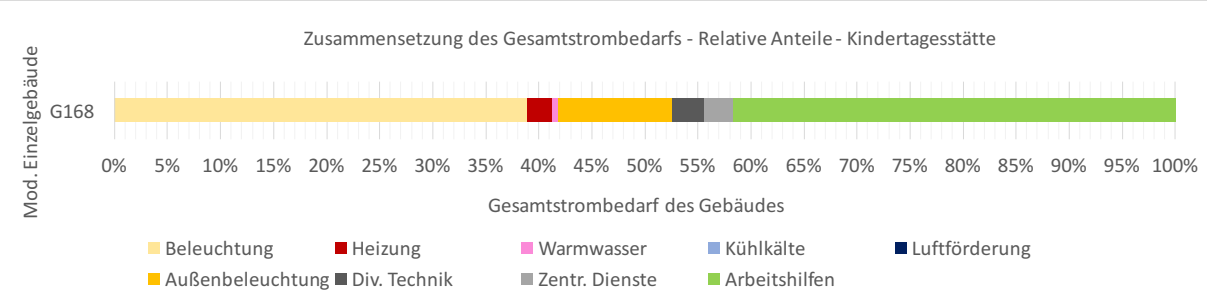

Abbildung 95 - Zusammensetzung des Gesamtstrombedarfs - Relative Anteile - Kindertagesstätte

Die größten Anteile des Gesamtstrombedarfs (Tabelle 64) entfallen in der betrachteten Kita auf Arbeitshilfen (42%.), Beleuchtung (39%) und Außenbeleuchtung (11%). Für eine gesicherte generelle Aussage sind jedoch Untersuchungen und Auswertungen weiterer Kindertagesstätten erforderlich.

Tabelle 64 - Relativer Anteil der Gewerke am Gesamtstrombedarf - Detaillierte Werte - Kindertagesstätte

Gebäude	Beleuchtung	Heizung	Warmwasser	Kühlkälte	Luftförderung	Außenbeleuchtung	Diverse Technik	Zentrale Dienste	Arbeitshilfen
G168	38,91%	2,33%	0,60%	0,00%	0,00%	10,74%	3,02%	2,70%	41,70%

6.5.5 Einflussgrößen in der Modellierung, Fehlerquellen

Die Modellierung des Gesamtstrombedarfs setzt sich aus einer Vielzahl von Einzelverbrauchern zusammen, die mit ihrem Vorhandensein und ihrer Nutzungsintensität das Ergebnis beeinflussen. Um Modellabweichungen zu reduzieren, sind nachfolgend verwendete Anpassungsmöglichkeiten in der Nutzungsintensität und typische Fehlerquellen zusammengefasst.

Anwenderhilfen, Anpassungsmöglichkeiten und Fehlerquellen:

- Berücksichtigung von Urlaub, Krankheits- und, Feiertagen (200…210 statt 240 Nutzungstage)
- häufige Abwesenheiten der Nutzer im regulären Alltag (z.B. durch Außentermine)
- geringere Nutzungsintensitäten durch Teilzeitbeschäftigungen
- Leerstand/Nichtnutzung eingerichteter Arbeitsplätze (z.B. bei offenen Stellen)
- Nutzung von Geräten durch Einzelpersonen oder gemeinschaftlich
- Intensität der Gerätenutzung bei mehrfachem Vorkommen (z.B. doppelt vorhandene Kaffeemaschinen, gleichzeitige Nutzung von Wasserkocher und Kaffeemaschine)
- Abschätzung der Laufzeit saisonaler Geräte (z.B. mobile Klimageräte)
- Kontinuität der hinterlegten Laufzeiten (z.B. wenn der PC täglich 8 Stunden in Betrieb ist, besitzt der Monitor eine ähnliche Betriebszeit)

Beleuchtung, Anpassungsmöglichkeiten und Fehlerquellen

- Beleuchtung eines Raumes in der Eingabe vergessen (großer Einzeleinfluss auf den Bedarf)
- Anpassung der Laufzeit bei selten genutzten Räumen (tendenziell zu hoch)
- gestaffelte Laufzeiten bei einzeln an/ausschaltbaren Lampenreihen je Raum
- Berücksichtigung von Teilbeleuchtung bei häufigen Abwesenheiten in Gruppenbüros
- Verringerung der Laufzeit durch geringe Streuung in der täglichen Nutzungszeit (z.B. Grundschule versus Gymnasium mit Abendschule, Bürobetrieb von 7 bis 19 Uhr versus 7 bis 17 Uhr)
- Verringerung der Laufzeit durch regelmäßige Nutzung von Tischlampen
- Effizienz der Beleuchtungssteuerung in der Praxis geringer als berechnet (z.B. durch Fehlsteuerung (Bewegungsmelder schalten das Licht ein, obwohl die „Toleranz“ der Nutzer es ausgelassen hätte) oder Nutzereingriff (manuelles Einschalten trotz ausreichender Helligkeit))
- Laufzeitunterschiede in Abhängigkeit von der Tageszeit (z.B. überwiegende Nutzung am Vormittag und Mittag versus Nutzung über den gesamten Tag verteilt)

EDV- und Servertechnik, Anpassungsmöglichkeiten und Fehlerquellen

- tatsächlicher Betrieb von Komponenten (z.B. Anteil benutzter Ports von Switches)
- Individuelle Nutzungsintensität von Servern (Anzahl benutzter/leerer Festplattensteckplätze)
- Berücksichtigung von Teillastzuständen (sonst Überschätzung des Bedarfs)
- kein gleichzeitiger Betrieb von USV und Komponenten (sonst Überschätzung um 100%)

Heizung, Anpassung und Fehlerquellen

- Zusammenhang und Aufgaben und Anzahl der Komponenten (Erzeuger, Ladepumpen, Zirkulationspumpen, Stellantriebe) sicher dokumentieren (sonst Gefahr der Über/Unterschätzung)
- Anzahl und Art der Pumpen vollständig dokumentieren (großer Einzeleinfluss auf den Bedarf)
- Betriebsweise des oder der Erzeuger und der Pumpen klären (alternativ, parallel)
- Pumpen: mittlere Leistung über die Heizperiode anhand der ablesbaren Einstellungen (wenn möglich) abschätzen, allgemein sehr ungenau
- Kessel: Betriebszeiten bei Kenntnissen über Wärmeproduktion abschätzen (näherungsweise ist die maximale Laufzeit der Quotient aus erzeugter Wärmemenge und Kesselleistung)
- Länge der Heizperiode anhand des energetischen Gebäudestandards anpassen

6.6 Bandbreitenuntersuchung weiterer Gebäude – Validierung

6.6.1 Datengrundlage und Zielsetzung

In diesem Forschungsprojekt wurden 18 Nichtwohngebäude, (7 Büro- und Verwaltungsgebäude, 10 Schulen, 1 Kindertagesstätte) begangen und detailliert untersucht, aus der Modellierung des Gesamtstrombedarfes konnten zonenbezogene Jahreskennwerte für den Nutzerstrombedarf erhoben werden.

Für weitere 20 Gebäude (davon 9 Büro- und Verwaltungsgebäude, 8 Schulen und 3 Kindertagesstätten) die nicht begangen worden sind, liegen neben der Zonenflächenzusammensetzung auch Gesamtstromverbrauchswerte (von Hauptzählern und ggf. Unterzählern oder Energieausweisen) für ein oder mehrere Jahre vor. Für die Einzelgebäude sind keine oder nur wenige qualitative Informationen über die Konditionierung oder die Nutzungsintensität vorhanden (z.B. gibt es eine Lüftungsanlage, Serverraum oder Fremdnutzungen). Es liegen keine Detailangaben zur Geräteausstattung vor.

Die hier durchgeführte Untersuchung soll aufzeigen, wie gut sich der Gesamtstrombedarf weiterer Gebäude anhand der erhobenen Kennwerte und Angaben aus Typologien abschätzen lässt und welche rechnerische Bandbreite ein Gesamtstrombedarf in Relation zum tatsächlichen Gesamtstromverbrauch aufweisen kann.

6.6.2 Berechnungsgrundlagen

Als Berechnungsgrundlage des Strombedarfs wurden unterschiedliche Datenquellen genutzt:

Kennwerte der eigenen Untersuchung:

- **Arbeitshilfen:** zonenbezogene spezifische Jahreskennwerte (Intensitäten gering/mittel/hoch)
- **Beleuchtung:** durchschnittliche zonenbezogene spezifische Jahreskennwerte
- **Zentrale Dienste, Diverse Technik, Außenbeleuchtung, Heizung, Warmwasser:** durchschnittliche spezifische Jahreskennwerte auf Basis der Gebäude-Nettogrundfläche

VDI 3807-4 [19] (Energie- und Verbrauchskennwerte für Gebäude, Teilkennwerte elektrische Energie):

- Spezifischer elektrischer Energiebedarf w (Teilkennwerte) nach Nutzungszonen für **Beleuchtung (BL), Luftförderung (LF) und Kühlkälte (KK)**,
- Teilkennwerte **„Zentrale Einrichtungen“ und „Diverse Technik“**

DIN V 18599-10 [7] (Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End-, und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 10: Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten):

- Zonenbezogene spezifische Kennwerte für **Arbeitshilfen** (Vereinfachung: Abwärme ist zu 100% elektrischen Ursprungs, als Ergänzung für noch nicht berechnete Kennwerte des Nutzerstrombedarfs)

Die im Vergleich verwendeten Angaben des Gesamtstromverbrauchs stammen von den Datengebern (Jahr 2017 und/oder Jahr 2018, 17 Gebäude) oder wurden aus verfügbaren Energieausweisen (Aushang) auf Basis des Energieverbrauchs (Jahre 2007 - 2009, 3 Gebäude) entnommen.

Für jedes Gebäude wurden die neun Einzelbestandteile des Gesamtstrombedarfs auf Basis der Zonenflächenanteile jeweils mit zwei unterschiedlichen Randbedingungen berechnet. Die gewählten Randbedingungen A und B sind in Tabelle 65 erläutert.

Tabelle 65 - Bestandteile der Bedarfsberechnung - gewählte Randbedingungen (A) und (B) der Bandbreitenuntersuchung

Bestandteil Strombedarf	gewählte Randbedingungen A	gewählte Randbedingungen B
Arbeitshilfen	je Nutzungszone: • Kennwert „gering“ in den Hauptnutzungen und in den Nutzungen 15 und 18 • Kennwert „mittel“ in den weiteren vorhandenen Nutzungen Zonen ohne erhobene Kennwerte • DIN V 18599-10: Kennwert „mittel“ für Abwärme aus Arbeitshilfen	je Nutzungszone: • Kennwert „hoch“ in den Hauptnutzungen und in den Nutzungen 15 und 18 • Grundschulen: Kennwert „mittel“ in der Hauptnutzung • Kennwert „mittel“ in den weiteren vorhandenen Nutzungen Zonen ohne erhobene Kennwerte • DIN V 18599-10: Kennwert „mittel“ für Abwärme aus Arbeitshilfen
Zentrale Dienste	• eigene Mittelwerte für Büro, Schulen und Kita (Angaben siehe Abschnitt 6.4.3)	• Angaben aus VDI 3807-4, Kennwert „mittel“ (Büro), Kennwert „gering“ (Schulen)
Diverse Technik	• eigene Mittelwerte für Büro, Schulen und Kita (Angaben siehe Abschnitt 6.4.4)	• Angaben aus VDI 3807-4, Kennwert „mittel“ für Schwachstromanlagen und ggf. Aufzüge
Außenbeleuchtung	• eigene Angaben, je Gebäude zwei Eingänge	• eigene Angaben, je Gebäude zwei Eingänge und ggf. Laternen (wenn bekannt)
Beleuchtung	je Nutzungszone: • durchschnittliche spezifische Jahreskennwerte aus eigener Modellierung	je Nutzungszone: • VDI 3807-4: spezifischer elektrischer Energiebedarf BL $w^{BL, Nz}$ [kWh/m^2_{EBF}·a], Bedarfsklasse „gering“
Luftförderung	je Nutzungszone: • VDI 3807-4: spezifischer elektrischer Energiebedarf LF $w^{LF, Nz}$ [kWh/m^2_{EBF}·a], Bedarfsklasse „gering“ • Büro: 10% der WC-Flächen belüftet, Schulen: Küchen, Hörsäle und Labore belüftet • ggf. keine Belüftung bei besseren Informationen	je Nutzungszone: • VDI 3807-4: spezifischer elektrischer Energiebedarf LF $w^{LF, Nz}$ [kWh/m^2_{EBF}·a], Bedarfsklasse „gering“ • Büro: 10% der WC-Flächen belüftet, Schulen: Küchen, Hörsäle und Labore belüftet • ggf. weitere Belüftung bei besseren Informationen
Kühlkälte	Serverräume (wenn vorhanden): • VDI 3807-4: spezifischer elektrischer Energiebedarf KK $w^{KK, Nz}$ [kWh/m^2_{EBF}·a], Bedarfsklasse „gering“ • sonst keine Klimatisierung	Serverräume (wenn vorhanden): • VDI 3807-4: spezifischer elektrischer Energiebedarf KK w^{KK}, Nz [kWh/m2EBF ·a], Bedarfsklasse „gering“ • ggf. weitere Bereiche
Heizung	• eigene spezifische Mittelwerte jeweils für Büro, Schulen und Kita aus der Modellierung (ø 0,67-1,20 kWh/(m^2a))	• VDI 3807-4: Verbrauchskennwerte Pumpen Heizung und Warmwasser, Kennwert „Grenzwert“ (∑ 2 kWh/(m^2a)) • Verhältnis von Heizung und Warmwasser aus eigener Berechnung übernommen
Warmwasser	• eigene spezifische Mittelwerte jeweils für Büro, Schulen und Kita aus der Modellierung (ø 0,26-0,36 kWh/(m^2a))	

Die Bedarfsklasse „gering“ wurde für die Energiebedarfe von Beleuchtung, Luftförderung und Kühlkälte der VDI 3807-4 im Rahmen der Berechnung gewählt, da die zugehörige Beschreibung zur Einordnung weitgehend den in Begehungen dokumentierten Ausstattungsgrad im Bestand widerspiegelt. Für jedes Gebäude wurden – soweit möglich – weitere vorhandene Informationen über die Konditionierung oder die Nutzungsintensität berücksichtigt.

Nach Berechnung jeweils beider Randbedingungen für alle Bestandteile des Gebäudestrombedarfs erfolgte eine Sortierung der jeweils kleinsten und größten Bedarfsergebnisse jeder Kategorie, um aufsummiert einen rechnerisch minimalen und maximalen Gesamtstrombedarf zu bestimmen. Diese Angaben wurden dann mit den vorhandenen Verbrauchswerten gegenübergestellt.

Die Bedarfsanteile der Kategorien, die aus den Randbedingungen A hervorgingen, bildeten in fast allen Fällen das jeweilige Minimum ab. Entsprechend bildeten die mit den Randbedingungen B berechneten Bedarfsanteile jeweils das Wertemaximum. Allein im Einzelanteil der Beleuchtung fiel in zwei Schulen und den drei untersuchten Kindertagesstätten das Berechnungsergebnis mit den Randbedingungen B geringfügig kleiner aus als mit den Randbedingungen A – die minimalen und maximalen Ergebnisse wurden hier in der Zuordnung entsprechend getauscht.

6.6.3 Berechnungsergebnisse

6.6.3.1 Bandbreiten des Gesamtstrombedarfs – Büro- und Verwaltungsgebäude

In der jeweils gruppierten Reihenfolge von minimalem Gesamtstrombedarf – Gesamtstromverbrauch – maximalem Gesamtstromverbrauch zeigt Abbildung 96 die Ergebnisbandbreiten der untersuchten Büro- und Verwaltungsgebäude.

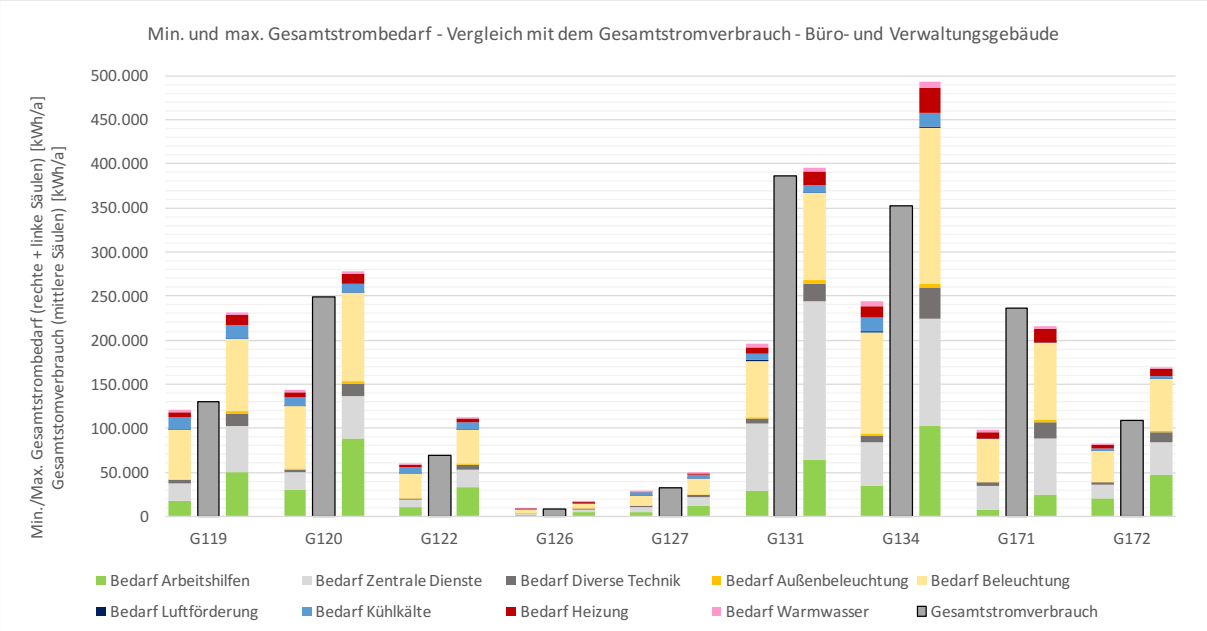

Abbildung 96 - Min. und max. Gesamtstrombedarf - Vergleich mit dem Gesamtstromverbrauch - Büro-/ Verwaltungsgebäude

Im Ergebnis liegt der reale Verbrauch bei acht von neun Gebäuden zwischen dem berechneten Minimum und Maximum des Bedarfs. Allein bei einem Büro- und Verwaltungsgebäude (G171) liegt der gesamtstromverbrauch über der Bedarfsberechnung, als Ursache hierfür kommt ein wissentlich integriertes Restaurant mit Küche in Betracht, über das keine Informationen vorliegen. Ob sich der Gesamtstromverbrauch eher am Minimum oder Maximum des Bedarfs orientiert, ist von der tatsächlichen – im Detail jedoch unbekannten – Ausstattung, Raumkonditionierung und Nutzungsintensität abhängig.

In der Detailbetrachtung der Einzelanteile weisen die Bedarfsanteile der Arbeitshilfen, Zentralen Dienste und der Diversen Technik mit den gewählten Berechnungsgrundlagen regelmäßig großen Bandbreiten auf. Als umso wichtiger zeigt sich deshalb die gebäudeindividuelle Betrachtung der Nutzungsintensität für eine möglichst realistische Annäherung einer Modellrechnung an den Gesamtstrombedarf. Die relative Unter- bzw. Überschätzung des Bedarfs auf Basis des Verbrauchs (100%) ist in Tabelle 66 zusammengefasst.

Tabelle 66 - Ergebnisse der minimalen und maximalen Strombedarfsberechnung - Büro- und Verwaltungsgebäude

Gebäude	G119	G120	G122	G126	G127	G131	G134	G171	G172
Δ Min. Bedarf Unterschätzung	-7,0%	- 43%	- 14%	- 6,7%	- 11%	- 49%	- 31%	- 58%	- 24%
Δ Max. Bedarf Überschätzung	+ 78%	+ 12%	+ 63%	+ 75%	+ 57%	+ 2,6%	+ 40%	- 8,2%	+ 56%

Der modellierte Gesamtstrombedarf der untersuchten Gebäude unterschätzt mit den gewählten Randbedingungen den realen Verbrauch um bis zu 58% bzw. überschätzt den realen Verbrauch um bis zu 78%. Im Vergleich dazu liegt die maximale Abweichung des Gesamtstrombedarfs in der Detailmodellierung bei ca. ±4%.

6.6.3.2 Bandbreiten des Gesamtstrombedarfs – Schulen

Eine Berechnung des minimalen und maximalen Gesamtstrombedarfs wurde für acht Schulen durchgeführt. Diese setzen sich aus sechs mittelgroßen Grund- und Sekundarschulen, sowie zwei großen berufsbildenden Schulen (G184 und G185) zusammen. Für letztere ist qualitativ bekannt, dass umfangreiche Luftförderungs- und Klimatechnik sowie gastronomische Versorgung vorhanden sind. Die Ergebnisse der Bedarfsuntersuchung für die acht ausgewählten Schulen sind in Abbildung 97 dargestellt.

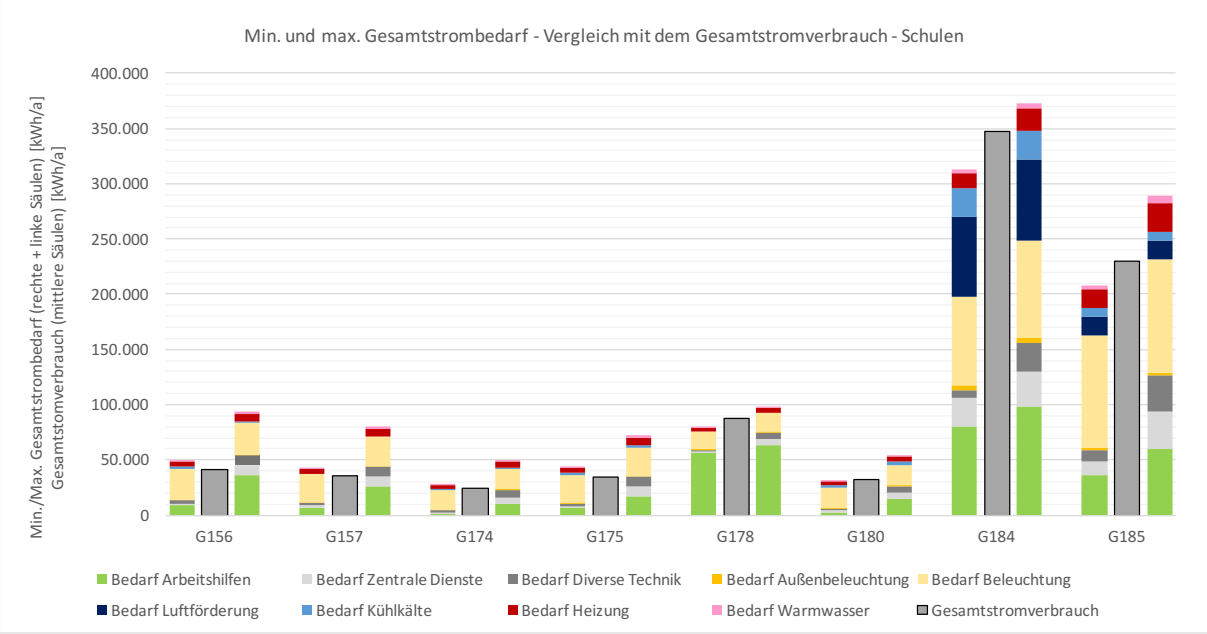

Abbildung 97 - Min. und max. Gesamtstrombedarf - Vergleich mit dem Gesamtstromverbrauch - Schulen

Der tatsächliche Gesamtstromverbrauch liegt bei vier der betrachteten Schulen zwischen dem minimal und maximal berechneten Gesamtstrombedarfswert, bei weiteren vier Schulen wird der tatsächliche Verbrauch auch im Minimalfall überschätzt. Auch hier sind keine oder wenige Kenntnisse über die Nut-

zungsintensität, die Raumkonditionierung und die Geräteausstattung vorhanden. Der Gesamtstromverbrauch tendiert im Vergleich der Berechnung eher zum Minimalbedarf. Die relative Über- bzw. Unterschätzung des Gesamtstromverbrauchs enthält Tabelle 67.

Tabelle 67 - Ergebnisse der minimalen und maximalen Strombedarfsberechnung - Schulen

Gebäude	G156	G157	G174	G175	G178	G180	G184	G185
Δ Min. Bedarf Unterschätzung	+ 19%	+ 18%	+ 16%	+ 28%	- 9,1%	- 2,8%	- 10%	- 9,4%
Δ Max. Bedarf Überschätzung	+ 126%	+ 122%	+ 104%	+ 112%	+ 12%	+ 68%	+ 7,5%	+ 26%

Besonders bei Schulgebäuden mit vergleichsweise geringem Stromverbrauch besteht eine große Streuung in der Bedarfsabschätzung. Eine geringere Bandbreite in der Bedarfsberechnung ergibt sich bei Schulen mit hohem absoluten Stromverbrauch. Die Berechnungen des minimalen und maximalen Gesamtstrombedarfs unterschätzen den tatsächlichen Verbrauch um bis zu 10% bzw. überschätzen den Gesamtstromverbrauch um bis zu 126%.

Der Anteil des Strombedarfs für Arbeitshilfen ist stark von der Schulform und dem Vorhandensein weiterer Anlagen zur Raumkonditionierung abhängig.

6.6.3.3 Bandbreiten des Gesamtstrombedarfs - Kindertagesstätten

Für drei Kindertagesstätten liegen Gesamtstromverbrauchswerte vor, welche einer minimalen und maximalen Gesamtstrombedarfsrechnung gegenübergestellt wurden. Für eine Einrichtung (G170) lagen genauere Informationen zur Wärmeversorgung mit einer Gaswärmepumpe vor, darüber hinaus weisen die Gebäude G169 und G170 eine ähnliche Nutzungsintensität wie das detailliert modellierte Gebäude G168 auf. Die Ergebnisse der Berechnung sind in Abbildung 98 dargestellt.

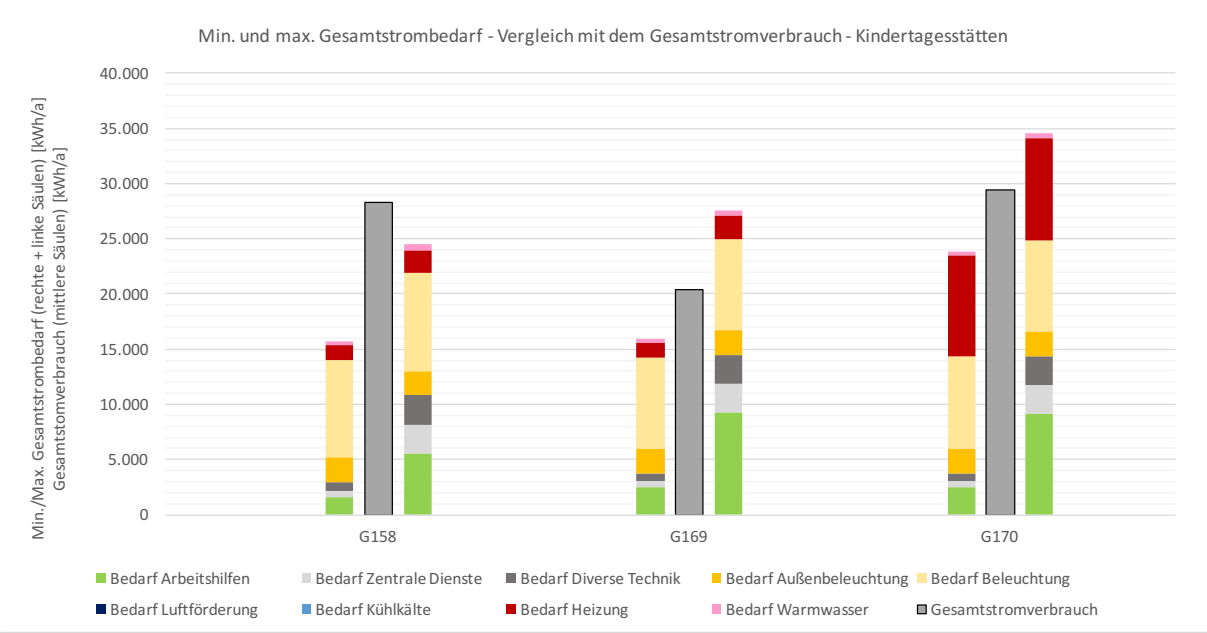

Abbildung 98 - Min. und max. Gesamtstrombedarf - Vergleich mit dem Gesamtstrombedarf - Kindertagesstätten

Der Gesamtstromverbrauch der untersuchten Gebäude G169 und G170 liegt innerhalb des minimalen und maximalen Gesamtstrombedarfs, der sich mit den gewählten Randbedingungen ergibt. Der Verbrauchswert der Kindertagesstätte G158 kann nicht in vollem Umfang abgebildet werden, es sind keine weiteren Informationen über die Ausstattung, Raumkonditionierung und Nutzungsintensität verfügbar. Die Bandbreite der Modellierungsergebnisse ist in Tabelle 68 gegenübergestellt.

Tabelle 68 - Ergebnisse des minimalen und maximalen Strombedarfsrechnung - Kindertagesstätten

Gebäude	G158	G169	G170
Δ Min. Bedarf Unterschätzung	- 45%	- 22%	- 19%
Δ Max. Bedarf Überschätzung	- 13%	+ 35%	+ 17%

Die Ergebnisse des minimal und maximal berechneten Gesamtstrombedarfs unterschätzen mit den vorliegenden Informationen den tatsächlichen Gesamtstromverbrauch um bis zu 45% bzw. überschätzen ihn um bis zu 35%.

6.6.4 Fazit der Berechnungen und Validierungen

Mit den erhobenen Kennwerten zum Nutzerstrombedarf, durchschnittlichen Angaben zu Zentralen Diensten, Diverser Technik und Außenbeleuchtung sowie verfügbaren (Teil-)Verbrauchskennwerten zur Raumkonditionierung kann grundsätzlich eine Bandbreite des Gesamtstrombedarfs berechnet werden. Die Ergebnisse sind in der Mehrzahl der hier berechneten Büro- und Verwaltungsgebäude, Schulgebäude und Kindertagesstätten geeignet, um hierfür eine grobe Einschätzung zu geben.

Die Qualität der Ergebnisse ist jedoch stark von den vorliegenden Kenntnissen zu jedem Gebäude und deren Detailtiefe abhängig. Ohne genauere Informationen über die vorhandenen Anlagen der Raumkonditionierung, dem Ausstattungsniveau der Arbeitshilfen, die Nutzungsintensität aller Verbraucher und sichere Angaben über die Flächennutzung ergeben sich große Unsicherheiten in der Abschätzung der Bedarfsgrößen. Für die Abschätzung des Gesamtstrombedarfs mit einer geringen Ergebnisbandbreite ist aufgrund vieler individueller Gegebenheiten und Freiheitsgrade eine detaillierte Aufnahme erforderlich.

7 Ergebnisverwertung

Grundsätzlich lassen sich zwei mögliche Anwenderkreise der hier erarbeiteten Ergebnisse diskutieren, die sich in den Randbedingungen und dem erwarteten Nutzen unterscheiden.

7.1.1 Nutzung in der Planung und Vergleichbarkeit von Gebäuden

In einer Vorplanung von Nichtwohngebäuden bestände die Möglichkeit, anhand weniger objektiver Planungsangaben (wie z.B. die Anzahl der Geschosse oder den Abmessungen des Gebäudes) und ohne nähere Kenntnisse zur Flächenverteilung die typischen Zonen eines Einzelgebäudes im Sinne einer „Planungsleitlinie“ abzuschätzen. Auf diese Weise könnte bei entsprechender Verknüpfung z.B. eine Schätzung des durchschnittlichen Stromverbrauches erfolgen. Bei einer Detailplanung von Gebäuden ist die die konkrete Flächenverteilung bekannt. Mit den Ergebnissen aus der Gebäudestichprobe bestände so die Möglichkeit, das geplante Objekt mit den durchschnittlichen Flächenanteilen aus der Stichprobe zu vergleichen und daraus eine Abschätzung des zu erwartenden Nutzerstrombedarfs vorzunehmen.

Der hier vorerst angezielte Anwenderkreis umfasst die Detailplanung mit näherer Kenntnis der Gebäudegeometrie entsprechend der Ausführungsplanung und bekannter Zuordnung der Einzelflächen zu definierten Nutzungsprofilen. Ein Schätzmodell für den Anwendungsfall der Vorplanung ist grundsätzlich geplant, bisher jedoch noch nicht umgesetzt. Die Ergebnisse spiegeln einen Allgemeinfall unter Berücksichtigung statistischer Verteilungen wider.

7.1.2 Vervollständigung der Normenreihe DIN V 18599

Die erarbeiteten Jahreskennwerte für den Nutzerstrombedarf in häufig vorkommenden Nutzungszonen können das bestehende Bilanzierungsverfahren der DIN V 18599 sinnvoll erweitern. Die Projektleiterin ist im Normkreis aktiv, sodass die bestehenden Randbedingungen der Norm-Nutzungsprofile in DIN V 18599-10 diskutiert (Abwärme als interne Wärmequelle) und ergänzt (Strombedarf) werden können.

Parallel dazu bilden die formulierte Musterzuordnungsliste von Raumbezeichnungen zu Nutzungszonen und die angegebenen Niveaus der Geräteausstattung (auch Ausstattungsprofile genannt) Hilfestellungen für den Norm-Anwender in der Zuordnung.

7.1.3 Erweiterung der Bilanzierungsmöglichkeiten

Mit der Betrachtung des zonenbezogenen Nutzerstrombedarfs und der Angabe von Jahreskennwerten eröffnet sich die Möglichkeit, den vorhandenen Bilanzumfang der DIN V 18599 optional auf den Gesamtstrombedarf zu erweitern. Je nach Umfang der Betrachtung kann so der nutzerspezifische Einfluss in die Energiebilanzierung einbezogen werden.

Die in diesem Forschungsprojekt erhobenen Kennwerte eignen sich aufgrund der ausgewählten Gebäude (und der vorhandenen Nutzungszonen) für eine erste Abschätzung des Gesamtstrombedarfes von Bürogebäuden, Schulen und Kindertagesstätten.

Um eine vollständige Aussage des jährlichen Nutzerstrombedarfs für alle noch verbleibenden Nutzungsprofile zu treffen, ist eine Weiterführung der hier verwendeten Methodik geplant. Denkbar wäre die Anwendung dieser Kenntnisse z.B. als Nachweisverfahren zur Bewertung des klimaneutralen Gesamtenergiebedarfs eines Gebäudes. Ein Anschlussvorhaben ist hierzu bereits eingereicht.

Darüber hinaus können die erarbeiteten Kennwerte weitere bestehende Bilanzierungsverfahren (z.B. das TEK-Tool des IWU) ergänzen bzw. die vorhandenen Informationen aktualisieren.

7.1.4 Fachartikel und Fachveröffentlichung

Die Bereitstellung der vollständigen Ergebnisse erfolgt in erster Linie über die Veröffentlichung dieses Abschlussberichtes. Darüber hinaus ist eine Information der Fachwelt über das durchgeführte Forschungsvorhaben im Rahmen eines Artikels in einer Fachzeitschrift wie z.B. „Bauphysik“ geplant.

7.1.5 Weiterverwendung in einem laufendem Promotionsverfahren

Das hier bearbeitete Forschungsvorhaben bildet einen Teilarbeitsschritt in einem seit 2017 laufenden Promotionsvorhaben. Die Ergebnisse werden weiterverwendet, um daraus nutzungsbezogene Stromlastprofile für den Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf zu erarbeiten und schließlich eine Einschätzung zur Verwendbarkeit von selbst erzeugtem, regenerativem PV-Strom im Nichtwohnbau zu abzugeben.

8 Ausblick

Mit den vorliegenden Forschungsergebnissen wurde eine erste Grundlage geschaffen, den bisherigen Bilanzierungsansatz der Raumkonditionierung um nutzer- und nutzungsabhängige Strombedarfsanteile zu erweitern. Ebenfalls stehen statistische Angaben zur Zonenflächenverteilung in häufig genutzten Nichtwohngebäuden zur Verfügung.

Die Modellierung des Gesamtstrombedarfs kann bei detailliert vorliegenden Kenntnissen eine sehr gute Näherung an den tatsächlichen Verbrauch erzielen. Die Ergebnisse aus Büro- und Verwaltungsgebäuden, Schulen und einer Kindertagesstätte konnten mit einer geeigneten Methode verwendet werden, um Jahreskennwerte für den Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf zu erarbeiten. Für zehn häufig vorkommende Nutzungsprofile sind detaillierte Kennwerte und für zwei weitere Nutzungsprofile erste angenäherte Angaben dokumentiert.

Die bisher betrachteten Gebäudenutzungen mit ihren vorhandenen Nutzungszonen bilden jedoch nur einen kleinen Querschnitt des Nichtwohnbestandes ab. Für die Möglichkeit einer vollständigen Betrachtung des Nutzerstrombedarfs sind weitere Forschungsmaßnahmen notwendig, um für alle verbleibenden Nutzungsprofile nach DIN V 18599-10 belastbare Kennwerte zu formulieren und bisher erfasste, erste Angaben weiter zu präzisieren. Die bisher angewendete Systematik kann mit den gesammelten Erfahrungen in der Durchführung eine effektive Bearbeitung erzielen.

Die Datenerhebung vor Ort ist dabei von hoher Bedeutung, da bisher keine detaillierten Informationen über die typische Ausstattung und Nutzungsintensität weiterer Zonen vorliegen. Die Modellberechnung weiterer Gebäude zeigt auch, dass allein Kenntnisse über die Zonenflächenverteilung und wenige Nutzungsinformationen nicht ausreichen, um den realen Verbrauch mit geringer Bandbreite abzuschätzen. Ein erster weiterer Schritt kann die Begehung weiterer Objekte (z.B. Museen, Veranstaltungsgebäude) aus der Gesamtstichprobe bilden, für die bereits Verbrauchsangaben vorliegen. Für weitere, seltener vorkommende Nutzungszonen (z.B. Pflegebereiche) müssen weitere Gebäude oder Gebäudeteile erhoben werden. Die Gesamteffizienz von Gebäuden besitzt eine wachsende Relevanz im Wandel von begrenzten Ressourcen zu regenerativen Energiequellen. Durch vollständige Kennwerte zum Nutzerstrombedarf können z.B. in einem zukünftigen Nachweisverfahren alle elektrischen Aufwendungen in einem Gebäude berücksichtigt und bewertet werden.

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Methodik zur Erhebung von Jahreskennwerten für den Nutzerstrombedarf.....10
Abbildung 2 - Schematische Darstellung von Geschossnutzungstypen in einem Bürogebäude.....19
Abbildung 3 - Anforderungen an steuerungsunfähige Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen in Bezug auf den Energieeffizienzindex (Auszug aus Tabelle 17, Verordnung Nr. 245/2009 EG [20]) 30
Abbildung 4 - Zusammenhang der Berechnung zur Erarbeitung von statistischen Flächenanteilen und Nutzstromkennwerten 36
Abbildung 5 - Struktureller Zusammenhang der Flächenauswertungsdatei.....37
Abbildung 6 - Struktureller Zusammenhang der Modellierungsdatei Gesamtstrombedarf.....39
Abbildung 7 - Schematisches Beispiel der Modellierungsdatei, Tabellenblatt „Leistungsangaben“ 40
Abbildung 8 - Schematisches Beispiel der Modellierungsdatei, Tabellenblatt „Laufzeiten" 40
Abbildung 9 - Schematisches Beispiel der Modellierungsdatei, Tabellenblatt „VDI 3807-4".....41
Abbildung 10 - Beispielauszug der Modellierungsdatei, Tabellenblatt „Berechnung" (1).....41
Abbildung 11 - Beispielauszug der Modellierungsdatei, Tabellenblatt „Berechnung" (2).....42
Abbildung 12 - Beispielauszug der Modellierungsdatei, Tabellenblatt „Berechnung" (3).....43
Abbildung 13 - Beispielauszug der Modellierungsdatei, Tabellenblatt "Berechnung" (4).....44
Abbildung 14 - Zeitaufwand der Modellierung (Gesamtstrombedarf) 45
Abbildung 15 - Gebäudedatenherkunft und -verteilung in der Gesamtstichprobe.....46
Abbildung 16 - Gebäudedatenherkunft und -verteilung - Kategorie "Büro und Verwaltung" 47
Abbildung 17 - Gebäudedatenherkunft und -verteilung - Kategorie "Schulen und Kitas" 47
Abbildung 18 - Gebäudedatenherkunft und -verteilung - Kategorie "Handel".....47
Abbildung 19 - Gebäudedatenherkunft und -verteilung - Kategorie "Hotel und Beherbergung".....48
Abbildung 20 - Gebäudedatenherkunft und -verteilung - Kategorie "Veranstaltung" 48
Abbildung 21 - Beispieldiagramm Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Schulen – Dachgeschosse 49
Abbildung 22 - Beispieldiagramm "Relative Zonenflächenanteile".....49
Abbildung 23 - Verteilung der Gebäudenettogrundfläche - Büro und Verwaltung - Gesamtgebäude...51
Abbildung 24 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Büro und Verwaltung - Gesamtgebäude....51
Abbildung 25 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Büro und Verwaltungsgebäude - Gesamtgebäude 52
Abbildung 26 - Auftretenshäufigkeit von Geschossnutzungstypen - Büro- und Verwaltungsgebäude - Gesamtgebäude 53
Abbildung 27 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen – Büro- und Verwaltung - Kellergeschosstypen 53
Abbildung 28 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Büro- und Verwaltungsgebäude - Kellergeschosstypen 54
Abbildung 29 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Büro- und Verwaltungsgebäude - Regelgeschosstypen 54
Abbildung 30 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Büro- und Verwaltungsgebäude - Regelgeschosstypen 55
Abbildung 31 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Büro- und Verwaltungsgebäude - Dachgeschosstypen 56
Abbildung 32 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Büro- und Verwaltungsgebäude - Kellergeschosstypen 56
Abbildung 33 - Verteilung der Gebäudenettogrundfläche - Schulen - Gesamtgebäude.....57
Abbildung 34 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Schulen - Gesamtgebäude.....57

Abbildung 35 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Schulen - Gesamtgebäude (1) 58
Abbildung 36 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Schulen - Gesamtgebäude (2) 59
Abbildung 37 - Auftretenshäufigkeit von Geschossnutzungstypen - Schulen - Gesamtgebäude 59
Abbildung 38 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Schulen - Kellergeschosstypen 60
Abbildung 39 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Schulen - Kellergeschosstypen 60
Abbildung 40 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Schulen - Regelgeschosstypen 61
Abbildung 41 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Schulen - Regelgeschosstypen (1) 61
Abbildung 42 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Schulen - Regelgeschosstypen (2) 62
Abbildung 43 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Schulen - Dachgeschosstypen 62
Abbildung 44 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Schulen - Dachgeschosstypen 63
Abbildung 45 - Verteilung der Gebäudenettogrundfläche - Kindertagesstätten - Gesamtgebäude 63
Abbildung 46 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Kindertagesstätten - Gesamtgebäude 64
Abbildung 47 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Kindertagesstätten - Gesamtgebäude 64
Abbildung 48 - Auftretenshäufigkeit von Geschossnutzungstypen - Kindertagesstätten - Gesamtgebäude 65
Abbildung 49 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Kindertagesstätten - Kellergeschosstypen 65
Abbildung 50 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Kindertagesstätten - Kellergeschosstypen 66
Abbildung 51 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Kindertagesstätten - Regelgeschosstypen 66
Abbildung 52 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Kindertagesstätten - Regelgeschosstypen 67
Abbildung 53 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Kindertagesstätten - Dachgeschosstypen 67
Abbildung 54 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Kindertagesstätten - Dachgeschosstypen 68
Abbildung 55 - Verteilung der Gebäudenettogrundfläche - Handel/Lebensmittel – Gesamtgebäude 68
Abbildung 56 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Handel/Lebensmittel - Gesamtgebäude 68
Abbildung 57 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Handel/Lebensmittel - Gesamtgebäude 69
Abbildung 58 - Verteilung der Gebäudenettogrundfläche - Hotel mit Restaurant – Gesamtgebäude 70
Abbildung 59 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Hotel mit Restaurant - Gesamtgebäude 70
Abbildung 60 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Hotel mit Restaurant - Gesamtgebäude 71
Abbildung 61 - Verteilung der Gebäudenettogrundfläche - Museen - Gesamtgebäude 72
Abbildung 62 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Museen - Gesamtgebäude 72
Abbildung 63 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Museen - Gesamtgebäude 73
Abbildung 64 - Verteilung der Gebäudenettogrundfläche - Theater, Schauspielhäuser – Gesamtgebäude 74
Abbildung 65 - Auftretenshäufigkeit von Nutzungszonen - Theater und Schauspielhäuser - Gesamtgebäude 74
Abbildung 66 - Relative Zonenflächenanteile an der Nettogrundfläche - Theater und Schauspielhäuser - Gesamtgebäude 75

Abbildung 67 - Spezifischer jährlicher Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf - Nutzungsprofil 01 Einzelbüro 77
Abbildung 68 - Histogramm der Verteilung (links) und Absolutwerte der Räume (rechts) - Nutzungsprofil 01 Einzelbüro 77
Abbildung 69 - Spezifischer jährlicher Nutzerstrombedarf je Arbeitsplatz - Nutzungsprofil 01 Einzelbüro 79
Abbildung 70 - Histogramm der Verteilung (links) und Absolutwerte der Räume (rechts) - Nutzungsprofil 01 Einzelbüro 79
Abbildung 71 - Spezifischer jährlicher Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf - Nutzungsprofil 02 Gruppenbüro 80
Abbildung 72 - Histogramm der Verteilung (links) und Absolutwerte der Räume (rechts) - Nutzungsprofil 02 Gruppenbüro 80
Abbildung 73 - Spezifischer jährlicher Nutzerstrombedarf je Arbeitsplatz - Nutzungsprofil 02 Gruppenbüro 82
Abbildung 74 - Histogramm der Verteilung (li.) und Absolutwerte der Arbeitsplätze (re.) - Nutzungsprofil 02 Gruppenbüro 82
Abbildung 75 - Spezifischer jährlicher Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf - Nutzungsprofil 04 Bespr., Sitzung, Seminar 83
Abbildung 76 - Histogramm der Verteilung (li.) und Absolutwerte der Räume (re.) - Nutzungsprofil 04 Bespr., Sitzung, Seminar 83
Abbildung 77 - Spezifischer jährlicher Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf - Nutzungsprofil 08 Klassenzimmer 85
Abbildung 78 - Histogramm der Verteilung (li.) und Absolutwerte der Räume (re.) - Nutzungsprofil 08 Klassenzimmer 85
Abbildung 79 - Spezifischer jährlicher Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf - Nutzungsprofil 15 Küche, Vorbereitung 87
Abbildung 80 - Histogramm der Verteilung (li.) und Absolutwerte der Räume (re.) - Nutzungsprofil 15 Küche, Vorbereitung 87
Abbildung 81 - Spezifischer jährlicher Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf - Nutzungsprofil 16 WC, Sanitär 89
Abbildung 82 - Histogramm der Verteilung (links) und Absolutwerte der Räume (rechts) - Nutzungsprofil 16 WC, Sanitär 90
Abbildung 83 - Spezifischer jährlicher Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf - Nutzungsprofil 17 Sonst. Aufenthalt 91
Abbildung 84 - Histogramm der Verteilung (li.) und Absolutwerte der Räume (re.) - Nutzungsprofil 17 Sonst. Aufenthalt 91
Abbildung 85 - Spezifischer jährlicher Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf - Nutzungsprofil 18 Nebenflächen 93
Abbildung 86 - Histogramm der Verteilung (links) und Absolutwerte der Räume (rechts) - Nutzungsprofil 18 Nebenflächen 93
Abbildung 87 - Spezifischer jährlicher Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf - Nutzungsprofil 19 Verkehrsflächen 95
Abbildung 88 - Histogramm der Verteilung (links) und Absolutwerte der Räume (rechts) - Nutzungsprofil 19 Verkehrsflächen 95
Abbildung 89 - Spezifischer jährlicher Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf - Nutzungsprofil 20 Lager, Technik, Archiv 97
Abbildung 90 - Histogramm der Verteilung (links) und Absolutwerte der Räume (rechts) - Nutzungsprofil 20 Lager, Technik, A. 97

Abbildung 91 - Spezifischer jährlicher Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf - Nutzungsprofil 09 Hörsaal - Näherung 99
Abbildung 92 - Spezifischer jährlicher Nutzerstrombedarf - Nutzungsprofil 12 Kantine - Näherung ... 100
Abbildung 93 - Zusammensetzung des Gesamtstrombedarfs - Relative Anteile - Büro und Verwaltungsgebäude 109
Abbildung 94 - Zusammensetzung des Gesamtstrombedarfs - Relative Anteile - Schulen 113
Abbildung 95 - Zusammensetzung des Gesamtstrombedarfs - Relative Anteile - Kindertagesstätte ... 114
Abbildung 96 - Min. und max. Gesamtstrombedarf - Vergleich mit dem Gesamtstromverbrauch - Büro- / Verwaltungsgebäude 118
Abbildung 97 - Min. und max. Gesamtstrombedarf - Vergleich mit dem Gesamtstromverbrauch - Schulen 119
Abbildung 98 - Min. und max. Gesamtstrombedarf - Vergleich mit dem Gesamtstrombedarf - Kindertagesstätten 120

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Spezifische Jahreskennwerte für den Anwender- bzw. Nutzerstrombedarf - Zusammenfassung 5
Tabelle 2 - Bestandteile des Gesamtstrombedarfs von Nichtwohngebäuden 6
Tabelle 3 - Reduzierungen im „Vereinfachten Berechnungsverfahren“ (Auszug aus Tabelle 4, Anlage 2 der EnEV 2014) 14
Tabelle 4 - Musterzuordnung von Raumbezeichnungen zu Norm-Nutzungsprofilen der DIN V 18599-10 15
Tabelle 5 - Definitionen von Geschossnutzungstypen 18
Tabelle 6 - Zuordnung von Hauptnutzungsprofilen zu Gebäudenutzungen 18
Tabelle 7 - Einschätzung des Zeitaufwandes in der Flächendatenerfassung und -auswertung 20
Tabelle 8 - Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile bei der Datenaufnahme mit einem Tablet oder einem Papierbogen 23
Tabelle 9 - Unterschiede zwischen der Teilaufnahme und der Gesamtaufnahme eines Gebäudes 24
Tabelle 10 - Englischsprachige Suchbegriffe zur Recherche von Leistungsangaben 26
Tabelle 11 - Allgemeine Betriebszustände von elektrischen Verbrauchern 27
Tabelle 12 - System-States (Auszug) nach ACPI für Computersysteme [18] 28
Tabelle 13 - Berechnungsgrundlage der Vollbetriebsstunden - Raumkonditionierung 35
Tabelle 14 - Berechnungsgrundlage der Vollbetriebsstunden - Zentrale Dienste, Diverse Technik, Außenbeleuchtung 35
Tabelle 15 - Kennwerte eines Box-Whisker-Plots [2] 50
Tabelle 16 - Übersicht der Zonen mit detaillierten Kennwerten für den jährlichen Nutzerstrombedarf 76
Tabelle 17 - Detailinformationen zur Auswertung - Nutzungsprofil 01 Einzelbüro 77
Tabelle 18 - Niveau der Geräteausstattung von Einzelräumen - Nutzungsprofil 01 Einzelbüro 78
Tabelle 19 - Durchschnittliche Jahreswerte für den Strombedarf häufiger Geräte - Nutzungsprofil 01 Einzelbüro 78
Tabelle 20 - Detailinformationen zur Auswertung (Arbeitsplätze) - Nutzungsprofil 01 Einzelbüro 79
Tabelle 21 - Detailinformationen zur Auswertung - Nutzungsprofil 02 Gruppenbüro 80
Tabelle 22 - Niveau der Geräteausstattung von Einzelräumen - Nutzungsprofil 02 Gruppenbüro 81
Tabelle 23 - Durchschnittliche Jahreswerte für den Strombedarf häufiger Geräte - Nutzungsprofil 02 Gruppenbüro 81
Tabelle 24 - Detailinformationen zur Auswertung - Nutzungsprofil 02 Gruppenbüro (Arbeitsplätze) ... 82
Tabelle 25 - Detailinformationen zur Auswertung - Nutzungsprofil 04 Besprechung, Sitzung, Seminar 83
Tabelle 26 - Niveau der Geräteausstattung von Einzelräumen - Nutzungsprofil 04 Besprechung, Sitzung, Seminar 84
Tabelle 27 - Durchschnittliche Jahreswerte für den Strombedarf häufiger Geräte - Nutzungsprofil 04 Sitzung, Seminar 84
Tabelle 28 - Detailinformationen zur Auswertung - Nutzungsprofil 08 Klassenzimmer, Gruppenraum. 85
Tabelle 29 - Niveau der Geräteausstattung von Einzelräumen - Nutzungsprofil 08 Klassenzimmer, Gruppenraum 86
Tabelle 30 - Durchschnittliche Jahreswerte für den Strombedarf häufiger Geräte - Nutzungsprofil 08 Klassenzimmer 86
Tabelle 31 - Detailinformationen zur Auswertung - Nutzungsprofil 15 Küche, Vorbereitung, Lager 87
Tabelle 32 - Niveau der Geräteausstattung von Einzelräumen - Nutzungsprofil 15 Küche, Vorbereitung, Lager 88
Tabelle 33 - Durchschnittliche Jahreswerte für den Strombedarf häufiger Geräte - Nutzungsprofil 15 Küche, Vorbereitung 88

Tabelle 34 - Detailinformationen zur Auswertung - Nutzungsprofil 16 WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden 89
Tabelle 35 - Niveau der Geräteausstattung von Einzelräumen- Nutzungsprofil 16 WC u. Sanitärräume 90
Tabelle 36 - Durchschnittliche Jahreswerte für den Strombedarf häufiger Geräte - Nutzungsprofil 16 WC u. Sanitärräume 90
Tabelle 37 - Detailinformationen zur Auswertung - Nutzungsprofil 17 Sonstige Aufenthaltsräume 91
Tabelle 38 - Niveau der Geräteausstattung von Einzelräumen - Nutzungsprofil 17 Sonstige Aufenthaltsräume 92
Tabelle 39 - Durchschnittliche Jahreswerte für den Strombedarf häufiger Geräte - Nutzungsprofil 17 Sonst. Aufenthaltsräume 92
Tabelle 40 - Detailinformationen zur Auswertung - Nutzungsprofil 18 Nebenflächen 93
Tabelle 41 - Niveau der Geräteausstattung von Einzelräumen- Nutzungsprofil 18 Nebenflächen 94
Tabelle 42 - Durchschnittliche Jahreswerte für den Strombedarf häufiger Geräte - Nutzungsprofil 18 Nebenflächen 94
Tabelle 43 - Detailinformationen zur Auswertung - Nutzungsprofil 19 Verkehrsflächen 95
Tabelle 44 – Niveau der Geräteausstattung von Einzelräumen - Nutzungsprofil 19 Verkehrsflächen 96
Tabelle 45 - Durchschnittliche Jahreswerte für den Strombedarf häufiger Geräte - Nutzungsprofil 19 Verkehrsflächen 96
Tabelle 46 - Detailinformationen zur Auswertung - Nutzungsprofil 20 Lager, Technik, Archiv 97
Tabelle 47 – Niveau der Geräteausstattung von Einzelräumen - Nutzungsprofil 20 Lager, Technik, Archiv 98
Tabelle 48 - Durchschnittliche Jahreswerte für den Strombedarf häufiger Geräte - Nutzungsprofil 20 Lager, Technik, Archiv 98
Tabelle 49 - Übersicht der Zonen mit genäherten Kennwerten für den Nutzerstrombedarf 99
Tabelle 50- Typische Verbraucher der Zentralen Dienste – Berechnungsgrundlage Strombedarf und Abwärme 102
Tabelle 51 - Zentrale Dienste – Ausstattungsmerkmale und Kennwerte in Büro- und Verwaltungsgebäuden 103
Tabelle 52 - Zentrale Dienste – Ausstattungsmerkmale und Kennwerte in Schulen 103
Tabelle 53 - Typische Verbraucher der Diversen Technik – Berechnungsgrundlage Strombedarf und Abwärme 104
Tabelle 54 - Typische Verbraucher der Außenbeleuchtung - Berechnungsgrundlage Strombedarf und Abwärme 106
Tabelle 55 - Eigenschaften der modellierten Büro- und Verwaltungsgebäude 107
Tabelle 56 - Vergleich der Modellierungsergebnisse mit dem Gesamtstromverbrauch - Büro- und Verwaltungsgebäude 108
Tabelle 57 - Relative Anteile der Gewerke am Gesamtstrombedarf - Detaillierte Werte - Büro- und Verwaltungsgebäude 109
Tabelle 58 - Eigenschaften der modellierten Grund- und Sekundarschulen 110
Tabelle 59 - Eigenschaften der modellierten Gymnasien 111
Tabelle 60 - Vergleich der Modellierungsergebnisse mit dem Gesamtstromverbrauch - Schulen 112
Tabelle 61 - Relativer Anteil der Gewerke am Gesamtstrombedarf - Detaillierte Werte - Schulen 113
Tabelle 62 - Eigenschaften der modellierten Kindertagesstätte 114
Tabelle 63 - Vergleich der Modellierungsergebnisse mit dem Gesamtstromverbrauch - Kindertagesstätte 114
Tabelle 64 - Relativer Anteil der Gewerke am Gesamtstrombedarf - Detaillierte Werte - Kindertagesstätte 114

Tabelle 65 - Bestandteile der Bedarfsberechnung - gewählte Randbedingungen (A) und (B) der Bandbreitenuntersuchung 117
Tabelle 66 - Ergebnisse der minimalen und maximalen Strombedarfsberechnung - Büro- und Verwaltungsgebäude 119
Tabelle 67 - Ergebnisse der minimalen und maximalen Strombedarfsberechnung - Schulen 120
Tabelle 68 - Ergebnisse des minimalen und maximalen Strombedarfsrechnung - Kindertagesstätten 121
Tabelle 69 - Statistische Verteilung der Zonenflächenanteile - Büro- und Verwaltungsgebäude 133
Tabelle 70 - Statistische Verteilung der Zonenflächenanteile - Schulen 135
Tabelle 71 - Statistische Verteilung der Zonenflächenanteile - Kindertagesstätten 137
Tabelle 72 - Statistische Verteilung der Zonenflächenanteile - Handel/Lebensmittel 138
Tabelle 73 - Statistische Verteilung der Zonenflächenanteile - Hotel mit Restaurant 139
Tabelle 74 - Statistische Verteilung der Zonenflächenanteile - Museen 140
Tabelle 75 - Statistische Verteilung der Zonenflächenanteile - Theater und Schauspielhäuser 141
Tabelle 76 - ø Jahreskennwerte für den Strombedarf - Gesamtliste Einzelgeräte - Nutzungsprofil 01 Einzelbüro 142
Tabelle 77 - ø Jahreskennwerte für den Strombedarf - Gesamtliste Einzelgeräte - Nutzungsprofil 02 Gruppenbüro 143
Tabelle 78 - ø Jahreskennwerte für den Strombedarf - Gesamtliste Einzelgeräte - Nutzungsprofil 04 Sitzung, Seminar 144
Tabelle 79 - ø Jahreskennwerte für den Strombedarf - Gesamtliste Einzelgeräte - Nutzungsprofil 08 Klassenzimmer 144
Tabelle 80 - ø Jahreskennwerte für den Strombedarf - Gesamtliste Einzelgeräte - Nutzungsprofil 15 Küche, Vorbereitung 145
Tabelle 81 - ø Jahreskennwerte für den Strombedarf - Gesamtliste Einzelgeräte - Nutzungsprofil 16 WC, Sanitär 146
Tabelle 82 - ø Jahreskennwerte für den Strombedarf - Gesamtliste Einzelgeräte - Nutzungsprofil 17 Sonst. Aufenthalt 146
Tabelle 83 - ø Jahreskennwerte für den Strombedarf - Gesamtliste Einzelgeräte - Nutzungsprofil 18 Nebenflächen 147
Tabelle 84 - ø Jahreskennwerte für den Strombedarf - Gesamtliste Einzelgeräte - Nutzungsprofil 19 Verkehrsflächen 148
Tabelle 85 ø Jahreskennwerte für den Strombedarf - Gesamtliste Einzelgeräte - Nutzungsprofil 20 Lager, Technik, Archiv 148

11 Quellenverzeichnis

[1] **Böge, W. & Plaßmann, W. (Hrsg.) (2007).** Vieweg-Handbuch Elektrotechnik: Grundlagen und Anwendungen für Elektrotechniker. Seite 311-313. Wiesbaden: Vieweg + Teubner Verlag

[2] **Cramer, E. & Kamps, U. (2008).** Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik: Ein Skript für Studierende der Informatik, der Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften. Seite 40-42. Wiesbaden: Springer Verlag.

[3] **DIN EN 60038 (VDE 0175-1):2012-04**. CENELEC-Normspannungen. Berlin: VDE-Verlag

[4] **DIN V 18599-1:2011-12**. Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung. Teil 1 – Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger. Berlin: Beuth Verlag

[5] **DIN V 18599-4:2011-12**. Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung. Teil 4 – Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung. Berlin: Beuth Verlag

[6] **DIN V 18599-5:2011-12**. Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung. Teil 5 – Endenergiebedarf von Heizsystemen. Berlin: Beuth Verlag

[7] **DIN V 18599-10:2011-12**. Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung. Teil 10 – Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten. Berlin: Beuth Verlag

[8] **EnEV (2014).** Verordnung über den energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV).

[9] **Hennings, D. (2000).** Leitfaden Elektrische Energie im Hochbau (LEE). Darmstadt: Institut Wohnen und Umwelt (IWU). Abgerufen am 15.02.2020 unter https://www.iwu.de/fileadmin/tools/lee/lee-text.pdf

[10] **Hörner, M., Bagherian B. & Jedek, C. (2014).** Teilenergiekennwerte von Nichtwohngebäuden (TEK) – Querschnittsanalyse der Ergebnisse in der Feldphase. Darmstadt: Institut Wohnen und Umwelt (IWU). Abgerufen am 19.02.2019 unter https://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/tektool/IWU_TEK-QSA-Bericht.pdf

[11] **Richtlinie 2000/55/EG** des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. September 2000 über die Energieeffizienzanforderungen an Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften. Seite L 279/33 vom 01.11.2000. Abgerufen am 08.10.2019 unter https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8f82cf9e-53fd-49ac-ae1f-efd1866784dd.0003.02/DOC_1&format=PDF

[12] **Richtlinie 2005/32/EG** des Europäischen Parlaments und des Rates vom 06. Juli 2005 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energiebetriebener Produkte und zur Änderung der Richtlinie 94/42/EWG des Rates sowie der Richtlinien 96/57/EG und 2000/55/EG des Europäischen Parlaments und des Rates. Amtsblatt der Europäische Union. Seite L 191/29 vom 22.07.2005. Abgerufen am 08.10.2019 unter https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:191:0029:0058:DE:PDF

[13] Richtlinie 2000/55/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. September 2000 über die Energieeffizienzanforderungen an Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften. Seite L 279/33 vom 01.11.2000. Abgerufen am 08.10.2019 unter https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8f82cf9e-53fd-49ac-ae1f-efd1866784dd.0003.02/DOC_1&format=PDF

[14] Richtlinie 2005/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 06. Juli 2005 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energiebetriebener Produkte und zur Änderung der Richtlinie 94/42/EWG des Rates sowie der Richtlinien 96/57/EG und 2000/55/EG des Europäischen Parlaments und des Rates. Amtsblatt der Europäische Union. Seite L 191/29 vom 22.07.2005. Abgerufen am 08.10.2019 unter https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:191:0029:0058:DE:PDF

[15] Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte. Amtsblatt der Europäischen Union. Seite L 285/10 vom 31.10.2009. Abgerufen am 08.10.2019 unter https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:285:0010:0035:de:PDF

[16] Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamteffizienz von Gebäuden (Neufassung). Amtsblatt der Europäischen Union. Seite L 153/13 vom 18.06.2010. Abgerufen am 16.01.2019 unter https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:DE:PDF

[17] SIA 380/4:2006. Elektrische Energie im Hochbau. Zürich: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA).

[18] Unified EFI Inc. (2015): Advanced Configuration and Power Interface Specification (ACPI). Version 6.0. Seite 411-416. Abgerufen am 10.03.2020 unter https://uefi.org/sites/default/files/resources/ACPI_6.0.pdf

[19] VDI 3807 Blatt 4: (08-2008). Energie- und Wasserverbrauchskennwerte für Gebäude, Teilkennwerte elektrische Energie. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure e.V.

[20] Verordnung (EG) Nr. 245/2009 der Kommission vom 18. März 2009 zur Durchführung der Richtlinie 2005/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Leuchtstofflampen ohne eingebautes Vorschaltgerät, Hochdruckentladungslampen sowie Vorschaltgeräte und Leuchten zu ihrem Betrieb und zur Aufhebung der Richtlinie 2000/55/EG. Amtsblatt der Europäischen Union. Seite L 76/17 vom 24.03.2009. Abgerufen am 08.10.2019 unter https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32009R0245

[20] Verordnung (EG) Nr. 1275/2008 der Kommission vom 17. Dezember 2008 zur Durchführung der Richtlinie 2005/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Ökodesgin-Anforderungen an den Stromverbrauch elektrischer und elektronischer Haushalts- und Bürogeräte im Bereitschafts- und im Aus-Zustand. Amtsblatt der Europäischen Union, Seite L 339/45 vom 18.12.2008. Abgerufen am 08.10.2019 unter https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:339:0045:0052:de:PDF

[21] Verordnung (EU) Nr. 206/2012 der Kommission vom 06. März 2012 zur Durchführung der Richtlinie 2009/125/EU des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Raumklimageräten und Komfortventilatoren. Amtsblatt d. Europäischen Union, S. L 72/2 vom 10.03.2012. Abruf am 08.10.2019: https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:072:0007:0027:DE:PDF

12 Anhang

12.1 Statistische Verteilung der Zonenflächenanteile

12.1.1 Büro- und Verwaltungsgebäude

Tabelle 69 - Statistische Verteilung der Zonenflächenanteile - Büro- und Verwaltungsgebäude

Bezug der Verteilung	**Nutzungsprofil DIN V 18599-10**	01+02+03 Büronutzungen	04 Sitzung	05 Schalterhalle	12 Kantine	13 Restaurant	14 Küche	15 Küche, Lager, Vorbereit.	16 WC, Sanitär	17 sonstige Aufenthaltsräume
Gesamtgebäude (n=46)	Anzahl	46	44	2	7	1	8	7	46	23
	Rel. Hfk	100,00%	95,65%	4,35%	15,22%	2,17%	17,39%	15,22%	100,00%	50,00%
	Min	13,60%	0,72%	6,45%	0,81%	-	0,19%	0,19%	1,61%	0,12%
	Q 25%	**32,03%**	**2,40%**	**-**	**3,82%**	**-**	**0,39%**	**0,38%**	**2,82%**	**0,41%**
	Median	**36,86%**	**4,00%**	**-**	**3,85%**	**-**	**0,50%**	**0,93%**	**3,25%**	**0,82%**
	Q 75%	**47,76%**	**6,15%**	**-**	**5,08%**	**-**	**0,65%**	**1,37%**	**3,86%**	**1,67%**
	Max	60,32%	14,34%	14,39%	17,71%	3,97%	1,20%	3,04%	8,47%	7,36%
Typ Kellergeschoss (n=35)	Anzahl	1	4		1				19	4
	Rel. Hfk	2,86%	11,43%		2,86%				54,29%	11,43%
	Min	-	3,09%		-				0,37%	0,68%
	Q 25%	**-**	**6,22%**		**-**				**0,91%**	**1,18%**
	Median	**-**	**7,42%**		**-**				**1,62%**	**1,45%**
	Q 75%	**-**	**7,78%**		**-**				**2,96%**	**2,81%**
	Max	1,04%	8,40%		33,38%				41,04%	6,61%
Typ Regelgeschoss (n=46)	Anzahl	46	42	2	6	1	7	6	45	21
	Rel. Hfk	100,00%	91,30%	4,35%	13,04%	2,17%	15,22%	13,04%	97,83%	45,65%
	Min	20,82%	0,60%	9,07%	1,09%	-	0,25%	0,41%	1,89%	0,16%
	Q 25%	**42,31%**	**2,82%**	**-**	**4,70%**	**-**	**0,64%**	**0,78%**	**3,02%**	**0,65%**
	Median	**48,29%**	**5,08%**	**-**	**5,23%**	**-**	**0,71%**	**1,39%**	**4,28%**	**0,98%**
	Q 75%	**55,63%**	**9,11%**	**-**	**5,31%**	**-**	**1,06%**	**1,76%**	**4,66%**	**1,99%**
	Max	68,03%	18,67%	24,39%	9,18%	1,27%	1,62%	4,61%	8,47%	12,47%
Typ Dachgeschoss (n=15)	Anzahl	2	1			1	1	1	2	2
	Rel. Hfk	13,33%	6,67%			6,67%	6,67%	6,67%	13,33%	13,33%
	Min	7,42%	-			-	-	-	0,90%	3,99%
	Q 25%	**-**	**-**			**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
	Median	**-**	**-**			**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
	Q 75%	**-**	**-**			**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
	Max	16,42%	10,56%			35,31%	3,51%	2,39%	2,81%	11,60%

(Fortsetzung)

Bezug der Verteilung	Nutzungsprofil DIN V 18599-10	18 Nebenflächen	19 Verkehrsfläche	20 Lager, Technik	21 Rechenzentrum	29 Bibliothek, Freihand	30 Bibliothek, Magazin	32 Parkhaus	35 Fitnessraum	36 Labor
Gesamtgebäude (n=46)	Anzahl	40	46	46	34	1	4	1	1	5
	Rel. Hfk	86,96%	100,00%	100,00%	73,91%	2,17%	8,70%	2,17%	2,17%	10,87%
	Min	0,18%	14,63%	2,80%	0,09%	-	2,46%	-	-	0,10%
	Q 25%	**1,24%**	**19,58%**	**13,27%**	**0,37%**	**-**	**3,79%**	**-**	**-**	**0,95%**
	Median	**1,52%**	**25,10%**	**22,15%**	**0,60%**	**-**	**8,32%**	**-**	**-**	**1,99%**
	Q 75%	**2,40%**	**27,86%**	**28,76%**	**1,03%**	**-**	**12,88%**	**-**	**-**	**5,63%**
	Max	5,73%	38,77%	46,07%	2,46%	3,37%	14,28%	35,19%	2,00%	12,82%
Typ Kellergeschoss (n=35)	Anzahl	9	35	35	6			1		2
	Rel. Hfk	25,71%	100,00%	100,00%	17,14%			2,86%		5,71%
	Min	0,58%	5,05%	13,87%	0,85%			-		5,33%
	Q 25%	**1,22%**	**15,95%**	**61,05%**	**1,47%**			**-**		**-**
	Median	**1,98%**	**22,96%**	**71,80%**	**1,77%**			**-**		**-**
	Q 75%	**5,12%**	**28,99%**	**77,30%**	**4,29%**			**-**		**-**
	Max	8,74%	46,08%	92,41%	7,92%			81,08%		17,62%
Typ Regelgeschoss (n=46)	Anzahl	39	46	43	32	1	2			5
	Rel. Hfk	84,78%	100,00%	93,48%	69,57%	2,17%	4,35%			10,87%
	Min	0,23%	13,66%	0,23%	0,10%	-	2,90%			0,13%
	Q 25%	**1,40%**	**22,05%**	**2,80%**	**0,45%**	**-**	**-**			**0,95%**
	Median	**1,85%**	**26,23%**	**7,02%**	**0,68%**	**-**	**-**			**1,20%**
	Q 75%	**2,85%**	**31,19%**	**13,52%**	**1,18%**	**-**	**-**			**6,98%**
	Max	5,73%	44,24%	34,17%	3,17%	4,70%	5,25%			16,34%
Typ Dachgeschoss (n=15)	Anzahl	1	15	13			2		1	
	Rel. Hfk	6,67%	100,00%	86,67%			13,33%		6,67%	
	Min	-	2,96%	38,63%			56,60%		-	
	Q 25%	**-**	**6,62%**	**69,51%**			**-**		**-**	
	Median	**-**	**13,11%**	**86,89%**			**-**		**-**	
	Q 75%	**-**	**19,40%**	**94,23%**			**-**		**-**	
	Max	0,74%	49,77%	97,04%			84,42%		11,87%	

12.1.2 Schulen

Tabelle 70 - Statistische Verteilung der Zonenflächenanteile - Schulen

Bezug der Verteilung	Nutzungsprofil DIN V 18599-10	01+02 Büronutzungen	08 Klassenzimmer	09 Hörsaal	12 Kantine	14 Küche	15 Küche, Lager, Vorbereit.	16 WC, Sanitär	17 sonstige Aufenthaltsräume	18 Nebenflächen
Gesamtgebäude (n=36)	Anzahl	36	36	10	30	12	25	36	33	22
	% rel. HFK	100,00%	100,00%	27,78%	83,33%	33,33%	69,44%	100,00%	91,67%	61,11%
	Min	1,15%	25,48%	1,72%	0,52%	0,25%	0,33%	1,22%	1,06%	0,22%
	Q 25%	**1,81%**	**35,61%**	**2,53%**	**2,14%**	**0,34%**	**0,52%**	**2,40%**	**3,10%**	**0,54%**
	Median	**2,33%**	**38,63%**	**3,05%**	**3,56%**	**0,69%**	**0,61%**	**2,79%**	**6,13%**	**0,80%**
	Q 75%	**2,73%**	**42,83%**	**4,39%**	**4,62%**	**1,05%**	**1,42%**	**3,35%**	**6,82%**	**1,19%**
	Max	15,32%	53,24%	6,08%	7,70%	2,86%	2,96%	9,63%	11,45%	5,00%
Typ Kellergeschoss (n=30)	Anzahl	4	6		9	5	7	12	7	8
	Rel. Hfk	13,33%	20,00%		30,00%	16,67%	23,33%	40,00%	23,33%	26,67%
	Min	0,27%	4,10%		1,53%	1,71%	1,73%	0,81%	1,28%	0,49%
	Q 25%	**1,26%**	**6,99%**		**8,67%**	**4,22%**	**2,00%**	**1,79%**	**2,26%**	**1,18%**
	Median	**2,11%**	**13,84%**		**13,69%**	**4,97%**	**2,66%**	**3,05%**	**3,15%**	**2,49%**
	Q 75%	**2,73%**	**23,45%**		**18,07%**	**5,24%**	**5,19%**	**12,37%**	**4,13%**	**5,38%**
	Max	3,03%	29,63%		22,36%	12,65%	8,98%	21,11%	6,35%	16,31%
Typ Regelgeschoss (n=36)	Anzahl	35	36	10	21	7	20	34	33	19
	Rel. Hfk	97,22%	100,00%	27,78%	58,33%	19,44%	55,56%	94,44%	91,67%	52,78%
	Min	1,26%	35,82%	2,25%	2,26%	0,32%	0,41%	0,35%	1,55%	0,13%
	Q 25%	**2,28%**	**43,82%**	**3,23%**	**3,09%**	**0,48%**	**0,69%**	**2,53%**	**4,23%**	**0,46%**
	Median	**2,89%**	**49,52%**	**3,90%**	**4,55%**	**0,57%**	**0,85%**	**3,10%**	**6,28%**	**0,83%**
	Q 75%	**3,24%**	**54,53%**	**5,42%**	**5,94%**	**0,77%**	**1,67%**	**3,67%**	**8,17%**	**1,24%**
	Max	15,32%	63,15%	7,44%	12,69%	1,73%	2,19%	9,63%	14,09%	5,00%
Typ Dachgeschoss (n=9)	Anzahl	2	1					2	2	1
	Rel. Hfk	22,22%	11,11%					22,22%	22,22%	11,11%
	Min	23,66%	-					5,29%	26,18%	-
	Q 25%	**-**	**-**					**-**	**-**	**-**
	Median	**-**	**-**					**-**	**-**	**-**
	Q 75%	**-**	**-**					**-**	**-**	**-**
	Max	49,05%	35,78%					6,47%	43,93%	0,89%

(Fortsetzung)

Bezug der Verteilung	**Nutzungsprofil DIN V 18599-10**	19 Verkehrsfläche	20 Lager, Technik	21 Rechenzentrum	28 Bibliothek, Lesesaal	29 Bibliothek, Freihand	34 Saunabereich	36 Labor
Gesamtgebäude (n=36)	Anzahl	36	36	16	2	2	1	1
	Rel. Hfk	100,00%	100,00%	44,44%	5,56%	5,56%	2,78%	2,78%
	Min	17,31%	0,31%	0,10%	1,22%	1,23%	-	-
	Q 25%	**23,63%**	**11,20%**	**0,15%**	**-**	**-**	**-**	**-**
	Median	**27,63%**	**16,23%**	**0,29%**	**-**	**-**	**-**	**-**
	Q 75%	**30,14%**	**20,83%**	**0,44%**	**-**	**-**	**-**	**-**
	Max	37,15%	34,48%	1,06%	2,98%	2,10%	2,33%	2,67%
Typ Kellergeschoss (n=30)	Anzahl	30	30	3				
	Rel. Hfk	100,00%	100,00%	10,00%				
	Min	14,90%	20,82%	0,26%				
	Q 25%	**20,87%**	**46,62%**	**-**				
	Median	**24,69%**	**65,11%**	**1,34%**				
	Q 75%	**28,73%**	**74,78%**	**-**				
	Max	37,53%	83,47%	1,91%				
Typ Regelgeschoss (n=36)	Anzahl	36	34	13	2	2	1	1
	Rel. Hfk	100,00%	94,44%	36,11%	5,56%	5,56%	2,78%	2,78%
	Min	17,85%	0,31%	0,13%	1,91%	2,27%	-	-
	Q 25%	**24,02%**	**1,82%**	**0,20%**	**-**	**-**	**-**	**-**
	Median	**28,08%**	**4,45%**	**0,38%**	**-**	**-**	**-**	**-**
	Q 75%	**31,16%**	**6,61%**	**0,48%**	**-**	**-**	**-**	**-**
	Max	40,94%	15,52%	1,06%	3,75%	2,54%	2,94%	3,11%
Typ Dachgeschoss (n=9)	Anzahl	9	8					
	Rel. Hfk	100,00%	88,89%					
	Min	1,45%	16,81%					
	Q 25%	**11,94%**	**46,77%**					
	Median	**17,54%**	**83,74%**					
	Q 75%	**18,31%**	**89,87%**					
	Max	47,41%	98,55%					

12.1.3 Kindertagesstätten

Tabelle 71 - Statistische Verteilung der Zonenflächenanteile - Kindertagesstätten

Bezug der Verteilung	Nutzungsprofil DIN V 18599-10	01 Einzelbüro	08 Klassenzimmer	14 Küche	15 Küche, Lager, Vorbereit.	16 WC, Sanitär	17 sonstige Aufenthaltsräume	18 Nebenflächen	19 Verkehrsfläche	20 Lager, Technik
Gesamtgebäude (n=34)	Anzahl	34	34	6	27	34	28	5	34	33
	Rel. Hfk	100,00%	100,00%	17,65%	79,41%	100,00%	82,35%	14,71%	100,00%	97,06%
	Min	1,32%	32,68%	1,34%	0,61%	5,87%	0,99%	0,78%	13,21%	2,26%
	Q 25%	**1,42%**	**41,54%**	**1,77%**	**1,53%**	**10,72%**	**2,76%**	**1,37%**	**19,32%**	**8,03%**
	Median	**1,81%**	**48,66%**	**2,74%**	**2,18%**	**12,83%**	**2,94%**	**2,39%**	**21,14%**	**9,97%**
	Q 75%	**2,32%**	**50,25%**	**3,72%**	**2,57%**	**13,30%**	**4,06%**	**5,20%**	**23,88%**	**11,57%**
	Max	9,27%	62,27%	4,61%	12,69%	21,25%	4,83%	7,43%	34,48%	32,75%
Typ Kellergeschoss (n=9)	Anzahl	2	2	2	1	4	3	1	9	9
	Rel. Hfk	22,22%	22,22%	22,22%	11,11%	44,44%	33,33%	11,11%	100,00%	100,00%
	Min	2,99%	12,91%	6,31%	-	1,62%	9,30%	-	8,44%	9,13%
	Q 25%	**-**	**-**	**-**	**-**	**7,20%**	**-**	**-**	**10,86%**	**49,54%**
	Median	**-**	**-**	**-**	**-**	**9,35%**	**14,60%**	**-**	**17,89%**	**65,89%**
	Q 75%	**-**	**-**	**-**	**-**	**10,49%**	**-**	**-**	**22,81%**	**80,00%**
	Max	8,34%	35,65%	11,36%	13,77%	13,06%	15,76%	1,62%	45,43%	91,56%
Typ Regelgeschoss (n=34)	Anzahl	34	34	4	26	34	27	5	34	31
	Rel. Hfk	100,00%	100,00%	11,76%	76,47%	100,00%	79,41%	14,71%	100,00%	91,18%
	Min	1,32%	40,44%	1,34%	1,15%	7,10%	1,02%	1,02%	12,44%	0,90%
	Q 25%	**1,52%**	**48,25%**	**2,53%**	**1,52%**	**11,79%**	**2,68%**	**1,28%**	**19,33%**	**5,29%**
	Median	**1,82%**	**49,39%**	**3,45%**	**2,21%**	**12,84%**	**2,87%**	**3,45%**	**21,18%**	**8,86%**
	Q 75%	**2,75%**	**51,18%**	**4,65%**	**2,67%**	**13,30%**	**4,08%**	**5,20%**	**25,07%**	**11,24%**
	Max	9,27%	62,96%	6,66%	12,69%	21,25%	5,12%	10,85%	34,48%	11,94%
Typ Dachgeschoss (n=1)	Anzahl								1	1
	Rel. Hfk								100,00%	100,00%
	Min								-	-
	Q 25%								**-**	**-**
	Median								**-**	**-**
	Q 75%								**-**	**-**
	Max								10,68%	89,32%

12.1.4 Handel/Lebensmittel

Tabelle 72 - Statistische Verteilung der Zonenflächenanteile - Handel/Lebensmittel

Bezug der Verteilung	Nutzungsprofil DIN V 18599-10	01 Einzelbüro	06 Einzelhandel	07 Handel+Kühlung	12 Kantine	14 Küche	16 WC, Sanitär	17 sonst. Aufenthaltsr.
Gesamtgebäude (n=26)	Anzahl	22	26	18	2	2	26	23
	% rel. HFK	84,62%	100,00%	69,23%	7,69%	7,69%	100,00%	88,46%
	Min	0,71%	42,31%	4,14%	2,11%	0,37%	0,28%	0,28%
	Q 25%	**0,88%**	**62,41%**	**9,44%**	**-**	**-**	**0,64%**	**0,93%**
	Median	**1,13%**	**67,64%**	**11,99%**	**-**	**-**	**0,96%**	**1,44%**
	Q 75%	**1,27%**	**71,28%**	**14,70%**	**-**	**-**	**1,14%**	**1,81%**
	Max	1,86%	80,30%	20,95%	14,20%	1,85%	7,30%	4,07%

Bezug der Verteilung	Nutzungsprofil DIN V 18599-10	18 Nebenflächen	19 Verkehrsfläche	20 Lager, Technik
Gesamtgebäude (n=26)	Anzahl	11	23	26
	% rel. HFK	42,31%	88,46%	100,00%
	Min	0,09%	0,68%	7,13%
	Q 25%	**0,50%**	**2,06%**	**13,79%**
	Median	**0,77%**	**2,34%**	**17,84%**
	Q 75%	**1,11%**	**3,63%**	**21,57%**
	Max	2,08%	9,22%	34,05%

12.1.5 Hotel mit Restaurant

Tabelle 73 - Statistische Verteilung der Zonenflächenanteile - Hotel mit Restaurant

Bezug der Verteilung	Nutzungsprofil DIN V 18599-10	01+02 Büro	06 Einzelhandel	09 Hörsaal	11 Hotelzimmer	13 Restaurant	14 Küche	16 WC, Sanitär
Gesamtgebäude (n=9)	Anzahl	9	2	9	9	9	9	9
	Rel. Hfk	100,00%	22,22%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
	Min	0,55%	0,65%	2,12%	31,33%	1,52%	0,21%	0,10%
	Q 25%	**0,98%**	**-**	**2,61%**	**38,97%**	**3,48%**	**1,14%**	**0,45%**
	Median	**1,36%**	**-**	**6,43%**	**47,02%**	**3,92%**	**1,48%**	**0,50%**
	Q 75%	**1,75%**	**-**	**11,11%**	**59,96%**	**4,66%**	**2,34%**	**0,94%**
	Max	3,31%	0,95%	18,70%	73,90%	9,25%	3,26%	2,50%

Bezug der Verteilung	Nutzungsprofil DIN V 18599-10	18 Nebenflächen	19 Verkehrsfläche	20 Lager, Technik	32 Parkhaus	34 Saunabereich	35 Fitnessraum
Gesamtgebäude (n=9)	Anzahl	8	9	9	2	5	2
	Rel. Hfk	88,89%	100,00%	100,00%	22,22%	55,56%	22,22%
	Min	0,14%	14,19%	1,42%	12,01%	0,66%	1,72%
	Q 25%	**0,51%**	**14,76%**	**5,74%**	**-**	**0,86%**	**-**
	Median	**1,27%**	**21,85%**	**7,37%**	**-**	**1,16%**	**-**
	Q 75%	**3,05%**	**23,30%**	**10,29%**	**-**	**1,75%**	**-**
	Max	9,11%	36,18%	15,35%	26,80%	2,11%	1,76%

12.1.6 Museen

Tabelle 74 - Statistische Verteilung der Zonenflächenanteile - Museen

Bezug der Verteilung	Nutzungsprofil DIN V 18599-10	02 Gruppenbüro	06 Einzelhandel	09 Hörsaal	12 Kantine	13 Restaurant	14 Küche	15 Küche, Lager, Vorbereit.
Gesamtgebäude (n=8)	Anzahl	8	2	3	1	3	2	1
	Rel. Hfk	100,00%	25,00%	37,50%	12,50%	37,50%	25,00%	12,50%
	Min	0,37%	0,41%	2,21%	-	2,83%	0,58%	-
	Q 25%	**4,11%**	**2,43%**	**2,53%**	**-**	**-**	**-**	**-**
	Median	**5,23%**	**4,45%**	**2,85%**	**-**	**3,35%**	**-**	**-**
	Q 75%	**6,55%**	**6,47%**	**9,79%**	**-**	**-**	**-**	**-**
	Max	15,89%	8,49%	16,72%	1,48%	4,06%	0,71%	0,85%

Bezug der Verteilung	Nutzungsprofil DIN V 18599-10	16 WC, Sanitär	17 sonstige Aufenthaltsräume	18 Nebenflächen	19 Verkehrsfläche	20 Lager, Technik	27 Ausstellung	29 Bibliothek, Freihand
Gesamtgebäude (n=8)	Anzahl	8	4	6	8	8	8	1
	Rel. Hfk	100,00%	50,00%	75,00%	100,00%	100,00%	100,00%	12,50%
	Min	1,07%	0,40%	0,67%	5,06%	9,43%	27,00%	-
	Q 25%	**1,62%**	**0,66%**	**1,02%**	**11,10%**	**16,31%**	**41,36%**	**-**
	Median	**2,16%**	**1,08%**	**1,78%**	**15,59%**	**19,13%**	**50,94%**	**-**
	Q 75%	**3,28%**	**1,43%**	**3,02%**	**16,09%**	**26,81%**	**53,18%**	**-**
	Max	5,72%	1,50%	8,18%	17,37%	41,71%	59,73%	2,22%

12.1.7 Theater und Schauspielhäuser

Tabelle 75 - Statistische Verteilung der Zonenflächenanteile - Theater und Schauspielhäuser

Bezug der Verteilung	Nutzungsprofil DIN V 18599-10	01+02 Büronutzungen	09 Hörsaal	12 Kantine	13 Restaurant	14 Küche	16 WC, Sanitär	17 sonstige Aufenthaltsräume
Gesamtgebäude (n=7)	Anzahl	7	2	2	1	3	7	5
	Rel. Hfk	100,00%	28,57%	28,57%	14,29%	42,86%	100,00%	71,43%
	Min	2,11%	5,45%	2,88%	-	0,42%	2,84%	3,44%
	Q 25%	**3,95%**	**-**	**-**	**-**	**-**	**3,56%**	**4,78%**
	Median	**5,18%**	**-**	**-**	**-**	**1,03%**	**3,92%**	**5,43%**
	Q 75%	**8,10%**	**-**	**-**	**-**	**-**	**4,92%**	**7,26%**
	Max	9,89%	18,94%	5,95%	4,60%	3,09%	5,84%	11,29%

Bezug der Verteilung	Nutzungsprofil DIN V 18599-10	18 Nebenflächen	19 Verkehrsfläche	20 Lager, Technik	23 Zuschauer	24 Theaterfoyer	25 Theaterbühne
Gesamtgebäude (n=7)	Anzahl	3	7	7	7	7	7
	Rel. Hfk	42,86%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
	Min	1,24%	3,75%	6,33%	3,88%	5,35%	3,06%
	Q 25%	**-**	**9,78%**	**15,32%**	**12,80%**	**11,15%**	**6,61%**
	Median	**7,39%**	**12,72%**	**17,84%**	**16,28%**	**14,13%**	**7,97%**
	Q 75%	**-**	**18,45%**	**20,38%**	**27,40%**	**16,79%**	**10,97%**
	Max	8,66%	21,88%	25,02%	39,94%	36,97%	22,92%

12.2 Durchschnittlicher Jahresstrombedarf je Arbeitshilfe – Gesamtlisten

Tabelle 76 - ø Jahreskennwerte für den Strombedarf - Gesamtliste Einzelgeräte - Nutzungsprofil 01 Einzelbüro

Nutzungsprofil 01 Einzelbüro - ø Jahreswerte für den Strombedarf - Gesamtliste Geräte			
Arbeitshilfe/Gerät	Gesamtanzahl der Geräte	Gesamtstrombedarf der Geräte [kWh/a]	ø Jahresbedarf je Einzelgerät [kWh/a]
Aktenvernichter	10	3,84	**0,38**
CD-Player	50	267,19	**5,3**
Drucker (Arbeitsplatz)	69	3.217,22	**47**
Etikettendrucker	4	26,42	**6,6**
Fax	9	391,07	**43**
Fernseher	1	28,33	**28**
Heizgerät	1	20,00	**20**
Kaffeemaschine	49	1.614,02	**33**
Klimagerät	2	172,80	**86**
Kühlschrank[1,2]	11 (∑ 33)	1.523,00 (∑ 5.024,48)	**152**
Ladegerät	2	17,40	**8,7**
Lautsprecher (Aktivboxen)	10	71,99	**7,2**
Mikrowelle	1	4,70	**4,7**
Monitor[1]	238 (∑ 641)	10.036,58 (∑ 26.629,54)	**42**
Netzteil	16	39,43	**2,5**
Netzteil	16	39,43	**2,5**
Notebook	14	360,30	**26**
PC allgemein[1]	68 (∑ 223)	3.727,42 (∑ 15.062,95)	**68**
PC Client[1]	112 (∑ 240)	3.087,40 (∑ 5.861,92)	**24**
PC mit Monitor (All-in-One)	4	488,26	**122**
Radio	8	9,97	**1,2**
Rechenmaschine	4	17,52	**4,4**
Scanner	1	10,71	**10**
Stanzgerät	1	0,30	**0,30**
Staubsauber	1	75,00	**75**
Stehlampe	1	2,50	**2,5**
Stereoanlage	1	19,20	**19**
Tablet	1	0,98	**0,98**
Telefon[1]	187 (∑ 469)	2.404,11 (∑ 6.066,88)	**13**
Tischlampe	50	170,62	**3,4**
Toaster	1	2,80	**2,8**
Ventilator	11	62,40	**5,7**
Videokonferenzsystem	3	176,63	**59**
Wasserkocher	70	856,90	**12**

[1]Die Berechnung des Durchschnittswertes beruht auf der Summe aller zugehörigen Geräte in den Nutzungen 01 und 02 ()

[2]Die Durchschnittswerte beziehen sich auf einen Zeitraum von 24h/d und 365d/a

Tabelle 77 - ø Jahreskennwerte für den Strombedarf - Gesamtliste Einzelgeräte - Nutzungsprofil 02 Gruppenbüro

Nutzungsprofil 02 Gruppenbüro - ø Jahreswerte für den Strombedarf - Gesamtliste Geräte			
Arbeitshilfe/Gerät	Gesamtanzahl der Geräte	Gesamtstrombedarf der Geräte [kWh/a]	ø Jahresbedarf je Einzelgerät [kWh/a]
Aktenvernichter	5	6,55	**1,3**
Backofen	1	3,75	**3,8**
Bezahlterminal (mobil)	1	2,88	**2,9**
CD-Player	9	34,01	**3,8**
Drucker (Arbeitsplatz)	70	2.156,95	**31**
Etikettendrucker	6	27,70	**4,6**
Fax	1	92,25	**92**
Gefrierschrank[2]	1	401,50	**402**
Kaffeemaschine	71	3.886,58	**55**
Klimagerät	6	518,40	**86**
Kühlschrank[1,2]	22 (∑ 33)	3.501,48 (∑ 5.024,48)	**152**
Laminiergerät	4	5,74	**1,4**
Lautsprecher (Aktivboxen)	4	36,80	**9,2**
Lichterkette	1	3,20	**3,2**
Mikrowelle	4	33,34	**8,3**
Monitor[1]	403 (∑ 641)	16.592,96 (∑ 26.629,54)	**42**
Netzteil	108	335,56	**3**
Notebook	14	725,59	**52**
PC allgemein[1]	155 (∑ 223)	11.335,53 (∑ 15.062,95)	**68**
PC Client[1]	128 (∑ 240)	2.774,52 (∑ 5.861,92)	**24**
PC mit Monitor (All-in-One)	8	998,56	**125**
Radio	24	62,12	**2,6**
Rechenmaschine[2]	18	78,84	**4,4**
Scanner	6	49,57	**8,3**
Stehlampe	1	9,00	**9,0**
Telefon[1,2]	282 (∑ 469)	3.662,77 (∑ 6.066,88)	**13**
Tischlampe	189	408,74	**2,2**
Toaster	5	27,00	**5,4**
Ventilator	52	278,28	**5,4**
Verstärker	1	65,70	**65**
Wasserkocher	91	1.666,25	**18**
Wassersprudler	1	0,03	**0,03**

[1]Die Berechnung des Durchschnittswertes beruht auf der Summe aller zugehörigen Geräte in den Nutzungen 01 und 02 ()

[2]Die Durchschnittswerte beziehen sich auf einen Zeitraum von 24h/d und 365d/a

Tabelle 78 - ø Jahreskennwerte für den Strombedarf - Gesamtliste Einzelgeräte - Nutzungsprofil 04 Sitzung, Seminar

Nutzungsprofil 04 Sitzung, Seminar - ø Jahreswerte für den Strombedarf - Gesamtliste Geräte			
Arbeitshilfe/Gerät	Gesamtanzahl der Geräte	Gesamtstrombedarf der Geräte [kWh/a]	ø Jahresbedarf je Einzelgerät [kWh/a]
Beamer	2	135,13	**68**
Fernseher	6	223,09	**37**
Kaffeemaschine	1	28,80	**29**
Lautsprecher (Aktivboxen)[2]	4	26,72	**6,7**
Luftreiniger	1	13,60	**14**
PC allgemein	1	4,80	**4,8**
Projektor (OHP, Polylux)	1	21,50	**22**
Telefon[2]	10	111,72	**11**
Videokonferenzsystem	2	103,67	**52**

[2]Die Durchschnittswerte beziehen sich auf einen Zeitraum von 24h/d und 365d/a

Tabelle 79 - ø Jahreskennwerte für den Strombedarf - Gesamtliste Einzelgeräte - Nutzungsprofil 08 Klassenzimmer

Nutzungsprofil 08 Klassenzimmer - ø Jahreswerte für den Strombedarf - Gesamtliste Geräte			
Arbeitshilfe/Gerät	Gesamtanzahl der Geräte	Gesamtstrombedarf der Geräte [kWh/a]	ø Jahresbedarf je Einzelgerät [kWh/a]
Abzug (Chemieunterricht)	8	145,70	**18**
Backofen	4	257,60	**64**
Beamer (Weit- u. Kurzdistanz)	145	24.087,38	**166**
CD-Player	87	144,68	**1,7**
Dekupiersäge	2	4,00	**2,0**
Dokumentenkamera	4	22,06	**5,5**
Drucker (Arbeitsplatz)	26	380,93	**15**
DVD-Player	11	46,37	**4,2**
Elektroherd	3	416,00	**139**
E-Piano	8	104,68	**13**
Fernseher	30	753,10	**25**
Fernseher m. Touch (>30“ Diag.)	5	581,45	**116**
Fernsehwagen	2	11,80	**5,9**
Fräs- und Drehbank	1	18,00	**18**
Gefrierschrank[2]	2	521,95	**261**
Geschirrspüler	3	1.088,56	**363**
Handmixer	2	1,75	**0,88**
Heißklebepistole	5	2,90	**0,58**
Interaktive Tafelsysteme	10	2.757,71	**276**
Kaffeemaschine	6	113,70	**19**
Kassettenrecorder	1	0,17	**0,17**
Keyboard	13	26,76	**2,1**
Kochfeld	2	264,00	**132**
Kühlschrank[2]	7	1.251,60	**179**
Ladegerät	4	2,22	**0,56**

Lautsprecher (Aktivboxen)[2]	140	1.404,13	**10**
Luftpumpe f. Aquarien[2]	2	61,32	**31**
Mikrofonanlage	7	3,60	**0,51**
Mikrowelle	1	7,06	**7,1**
Mischpult	1	0,44	**0,44**
Monitor	356	4.686,18	**13**
Musikanlage	2	1,76	**0,88**
Netzteil	18	40,48	**2,3**
Notebook	41	869,68	**21**
Ofen	1	272,00	**272**
PC Client	356	5.057,26	**14**
PC mit Monitor (All-in-One)	49	1.178,16	**24**
Projektor (OHP, Polylux) in einem Raum ohne Beamer	89	18.622,52	**209**
Projektor (OHP, Polylux) in einem Raum mit Beamer	107	3.280,97	**31**
Radio	1	1,44	**1,4**
Scanner	4	4,66	**1,2**
Schleifmaschine	2	1,24	**0,62**
Spielekonsole	4	80,61	**20**
Standbohrmaschine	15	505,00	**34**
Staubsauger	5	93,60	**19**
Stereoanlage	15	584,16	**39**
Styroporschneider	2	2,00	**1,0**
Telefon[2]	7	67,45	**9,6**
Tellerschleifmaschine	2	22,40	**11**
Tischkreissäge	1	6,00	**6,0**
Toaster	9	93,80	**10**
Touch-Bildschirm (≤ 30“ Diag.)	3	153,79	**51**
Ventilator	1	2,40	**2,4**
Verstärker	5	7,96	**1,6**
Videorecorder	10	0,86	**0,09**
Wasserkocher	9	205,05	**23**
Wassersäule	1	4,73	**4,8**

[2] Die Durchschnittswerte beziehen sich auf einen Zeitraum von 24h/d und 365d/a

Tabelle 80 - ø Jahreskennwerte für den Strombedarf - Gesamtliste Einzelgeräte - Nutzungsprofil 15 Küche, Vorbereitung

Nutzungsprofil 15 Küche, Vorbereitung - ø Jahreswerte für den Strombedarf - Gesamtliste Geräte			
Arbeitshilfe/Gerät	Gesamtanzahl der Geräte	Gesamtstrombedarf der Geräte [kWh/a]	ø Jahresbedarf je Einzelgerät [kWh/a]
Abzug (Gewerbe)	1	126,00	**126**
Backofen	3	293,00	**98**
CD-Player	1	4,41	**4,4**
Elektroherd	4	1.902,15	**476**
Gefrierschrank (Gewerbe)[2]	2	1.306,55	**653**

Geschirrspüler (Gewerbe)	4	8.417,85	**2.104**
Geschirrspüler (Haushalt)	2	1.614,74	**807**
Kaffeeautomat	1	200,29	**200**
Kaffeemaschine	2	207,00	**104**
Kühlschrank (Gewerbe)[2]	2	1.496,50	**748**
Kühlschrank (Haushalt)[2]	8	1.592,00	**199**
Mikrowelle	3	51,07	**17**
Monitor mit RFID-System[2]	2	149,70	**75**
Speisenwarmhaltewagen	13	4.994,50	**384**
Tellerwärmer	3	660,00	**220**
Tiefkühlschrank (Gewerbe)[2]	10	22.162,80	**2.216**
Wasserkocher	3	103,70	**35**

[2]Die Durchschnittswerte beziehen sich auf einen Zeitraum von 24h/d und 365d/a

Tabelle 81 - ø Jahreskennwerte für den Strombedarf - Gesamtliste Einzelgeräte - Nutzungsprofil 16 WC, Sanitär

Nutzungsprofil 16 WC, Sanitär - ø Jahreswerte für den Strombedarf - Gesamtliste Geräte			
Arbeitshilfe/Gerät	Gesamtanzahl der Geräte	Gesamtstrombedarf der Geräte [kWh/a]	ø Jahresbedarf je Einzelgerät [kWh/a]
Handtrockner	10	773,61	**77**
Schuhputzmaschine	1	0,07	**0,07**
Telefon[2]	1	6,13	**6,1**

[2]Die Durchschnittswerte beziehen sich auf einen Zeitraum von 24h/d und 365d/a

Tabelle 82 - ø Jahreskennwerte für den Strombedarf - Gesamtliste Einzelgeräte - Nutzungsprofil 17 Sonst. Aufenthalt

Nutzungsprofil 17 Sonst. Aufenthalt - ø Jahreswerte für den Strombedarf - Gesamtliste Geräte			
Arbeitshilfe/Gerät	Gesamtanzahl der Geräte	Gesamtstrombedarf der Geräte [kWh/a]	ø Jahresbedarf je Einzelgerät [kWh/a]
CD-Player	15	11,26	**0,75**
Drucker (Arbeitsplatz)	15	403,86	**27**
DVD-Brenner (extern)	1	0,00	**0,00**
Fax	2	49,79	**25**
Fernseher	3	17,12	**5,7**
Gefrierschrank[2]	1	117,53	**118**
Geschirrspüler	4	599,53	**150**
Kaffeeautomat	1	175,29	**175**
Kaffeemaschine	21	736,10	**35**
Keyboard	5	1,89	**0,38**
Kühlschrank[2]	6	830,00	**138**
Laminiergerät	3	14,70	**4,9**
Mikrowelle	3	20,16	**6,7**
Monitor	24	595,06	**25**
Netzteil	1	5,10	**5,1**
Notebook	1	10,63	**11**
PC allgemein	21	540,69	**26**
Projektor (OHP, Polylux)	3	0,00	**0,00**

Radio	1	0,72	**0,72**
Scanner	1	0,05	**0,05**
Telefon[2]	23	218,63	**9,5**
Tischlampe	4	3,66	**0,92**
Toaster	3	40,90	**14**
Videorecorder	3	0,35	**0,12**
Wasserkocher	25	439,38	**18**

[2]Die Durchschnittswerte beziehen sich auf einen Zeitraum von 24h/d und 365d/a

Tabelle 83 - ø Jahreskennwerte für den Strombedarf - Gesamtliste Einzelgeräte - Nutzungsprofil 18 Nebenflächen

Nutzungsprofil 18 Nebenflächen - ø Jahreswerte für den Strombedarf - Gesamtliste Geräte			
Arbeitshilfe/Gerät	Gesamtanzahl der Geräte	Gesamtstrombedarf der Geräte [kWh/a]	ø Jahresbedarf je Einzelgerät [kWh/a]
Aktenvernichter	2	2,18	**1,1**
Backofen	1	16,50	**17**
CD-Player	3	21,33	**7,1**
Drucker (Netzwerk)	20	2.045,16	**102**
DVD-Player	1	0,03	**0,03**
Elektroherd	1	75,38	**75**
Faltmaschine	1	7,01	**7,0**
Fernseher	2	2,31	**1,2**
Geschirrspüler	13	3.494,13	**269**
Kaffeemaschine	18	1.673,10	**93**
Kochfeld	1	22,00	**22**
Kühlschrank[2]	15	3.067,42	**204**
Kuvertiermaschine	1	27,60	**28**
Mikrowelle	23	367,93	**16**
Monitor	3	50,45	**17**
Oszilloskop	1	0,20	**0,20**
PC allgemein	2	87,14	**44**
Schuhputzmaschine	1	0,07	**0,07**
Staubsauger	1	3,72	**3,7**
Telefon[2]	3	39,42	**13**
Tischlampe	1	0,88	**0,88**
Toaster	3	18,30	**6,1**
Verstärker	2	52,56	**26**
Videorecorder	2	0,27	**0,14**
Waffeleisen	1	7,20	**7,2**
Wasserkocher	14	315,20	**23**

[2]Die Durchschnittswerte beziehen sich auf einen Zeitraum von 24h/d und 365d/a

Tabelle 84 - ø Jahreskennwerte für den Strombedarf - Gesamtliste Einzelgeräte - Nutzungsprofil 19 Verkehrsflächen

Nutzungsprofil 19 Verkehrsflächen - ø Jahreswerte für den Strombedarf - Gesamtliste Geräte			
Arbeitshilfe/Gerät	Gesamtanzahl der Geräte	Gesamtstrombedarf der Geräte [kWh/a]	ø Jahresbedarf je Einzelgerät [kWh/a]
Aktenvernichter	2	3,12	**1,6**
Automat mit Kühlung[2] (z.B. Flaschengetränke, Snacks)	3	4.609,98	**1.537**
Drucker (Netzwerk)	6	1.337,30	**223**
Fernseher (24“ Diagonale)	1	9,32	**9,3**
Infoterminal (All-in-One PC)[2]	3	1.008,36	**336**
Kaffeemaschine	3	202,20	**67**
Kühlschrank[2]	3	522,48	**174**
Mikrowelle	1	38,30	**38**
Monitor	1	75,96	**76**
Telefon[2]	3	33,74	**11**
Toaster	1	5,40	**5,4**
Wasserkocher	2	13,20	**6,6**
Wasserspender mit Kühlung[2]	2	2.350,15	**1.175**

[2]Die Durchschnittswerte beziehen sich auf einen Zeitraum von 24h/d und 365d/a

Tabelle 85 ø Jahreskennwerte für den Strombedarf - Gesamtliste Einzelgeräte - Nutzungsprofil 20 Lager, Technik, Archiv

Nutzungsprofil 20 Lager, Technik, Archiv - ø Jahreswerte für den Strombedarf - Gesamtliste Geräte			
Arbeitshilfe/Gerät	Gesamtanzahl der Geräte	Gesamtstrombedarf der Geräte [kWh/a]	ø Jahresbedarf je Einzelgerät [kWh/a]
Abzug	2	402,96	**201**
Aktenvernichter	6	7,43	**1,2**
Analysewaage	1	4,38	**4,4**
Backofen (Tischgerät)	1	5,00	**5,00**
Beamer	2	33,76	**17**
Brennofen	1	650,00	**650**
CD-Player	12	18,23	**1,5**
Drucker	19	903,71	**48**
DVD-Player	7	0,50	**0,07**
Fernseher	6	5,72	**0,95**
Geschirrspüler	3	1.542,39	**514**
Heizlüfter	1	20,00	**20**
Kaffeemaschine	25	650,87	**26**
Kochfeld	4	64,60	**16**
Kühlschrank[2]	11	1.825,60	**166**
Ladegerät (USB)	4	10,56	**2,6**
Laminiergerät	1	1,10	**1,1**
Luftreiniger	1	9,92	**9,9**
Mikrowelle	5	21,17	**4,2**
Monitor	13	477,18	**37**
Notebook	6	222,45	**37**
Ofensteuerung[2]	1	0,28	**0,28**

PC allgemein	13	562,78	**43**
PC mit Monitor (All-in-One)	2	118,32	**59**
Projektor (OHP, Polylux)	4	21,25	**5,3**
Radio	8	11,83	**1,5**
Radio/Kassettenrecorder	1	3,60	**3,6**
Schleifmaschine	2	1,00	**0,50**
Staubsauger	4	440,25	**110**
Stereoanlage	2	122,60	**61**
Telefon[2]	14	140,89	**10**
Tischkreissäge	2	3,80	**1,9**
Tischlampe	6	22,64	**3,8**
Ventilator	1	1,80	**1,8**
Videorecorder	6	0,44	**0,07**
Wasserkocher	23	163,00	**7,1**

[2]Die Durchschnittswerte beziehen sich auf einen Zeitraum von 24h/d und 365d/a