



# Bestandsaufnahme und Energieeffizienz-Potenzialanalyse für die landeseigenen Gebäude des Freistaats Thüringen

Dirk Daube

Schriftenreihe der Professur  
Betriebswirtschaftslehre im Bauwesen

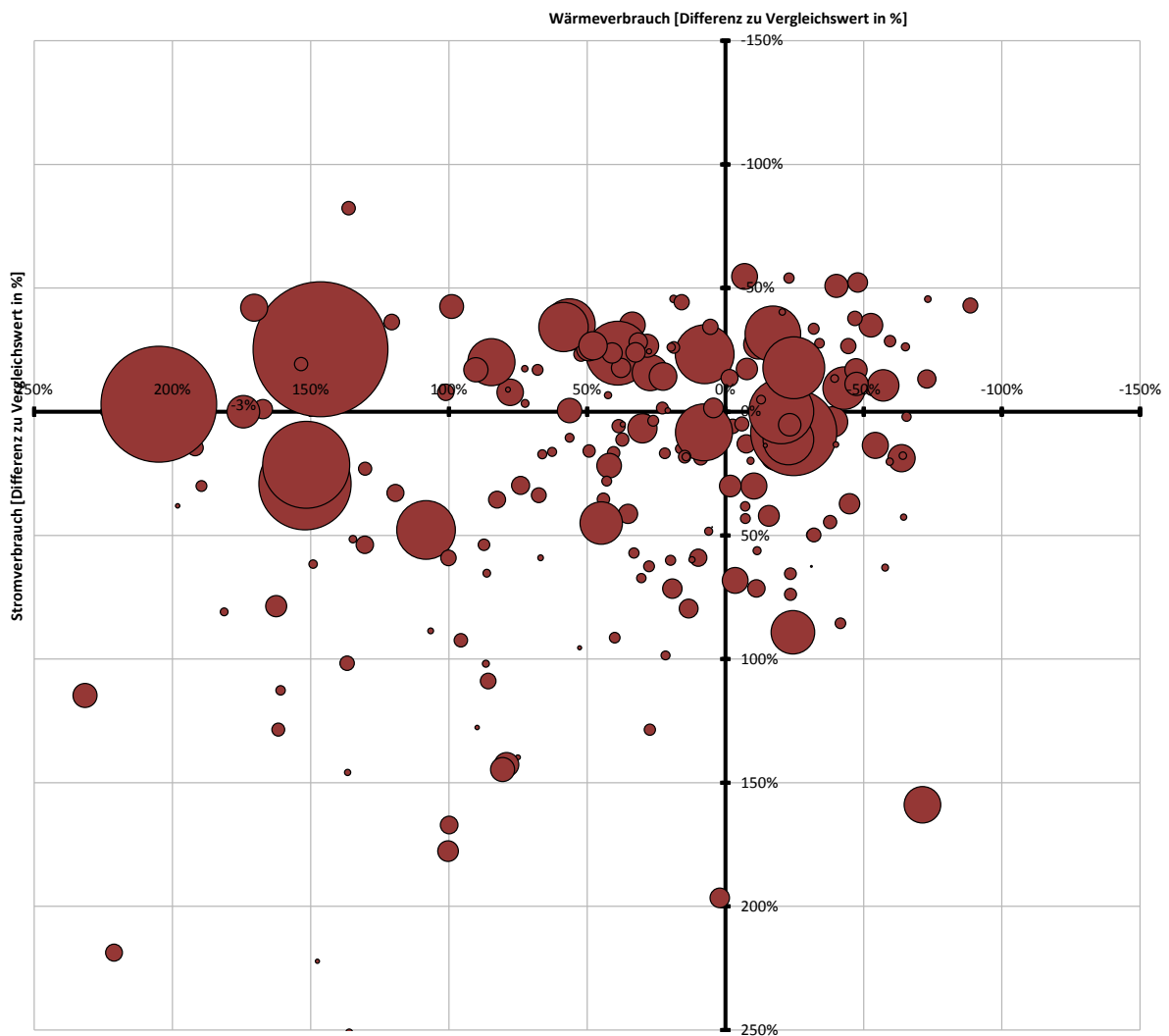
herausgegeben von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hans Wilhelm Alfen

Kooperationsvereinbarung

„Nachwuchsförderung Gebäude-Energieeffizienz in Thüringen (NaGET)“

# Bestandsaufnahme und Energieeffizienz-Potenzialanalyse für die landeseigenen Gebäude des Freistaats Thüringen

Weimar, im Mai 2013



## Impressum

Schriftenreihe der Professur Betriebswirtschaftslehre im Bauwesen

Herausgeber:

© Bauhaus-Universität Weimar

Fakultät Bauingenieurwesen

Professur Betriebswirtschaftslehre im Bauwesen

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hans Wilhelm Alfen

Marienstraße 7A

D-99423 Weimar

Autor:

Dr.-Ing. Dirk Daube

Bezugsmöglichkeit:

Verlag der Bauhaus-Universität Weimar

Fax: 03643/581156

E-Mail: [verlag@uni-weimar.de](mailto:verlag@uni-weimar.de)

Druck:

Docupoint Magdeburg GmbH

Umschlaggestaltung:

Christian Mohr

ISBN 978-3-86068-497-9

Diese Veröffentlichung steht online als Volltext im Publikationsportal der Bauhaus-Universität Weimar unter folgender URL zur Verfügung:

<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:wim2-20130530-19412>

## **„Nachwuchsförderung Gebäude-Energieeffizienz in Thüringen (NaGET)“**

Bericht zur Bestandsaufnahme und Energieeffizienz-Potenzialanalyse für die Gebäude des Freistaats Thüringen

Erarbeitet im Rahmen der Kooperationsvereinbarung vom 8. Februar 2011 zwischen der Bauhaus-Universität-Weimar und dem Thüringer Ministerium für Bau, Landesentwicklung und Verkehr

### **Autor:**

Dr.-Ing. Dirk Daube  
Bauhaus-Universität Weimar  
Professur Betriebswirtschaftslehre im Bauwesen  
Marienstraße 7A, 99423 Weimar  
Tel.: 03643/584380  
E-Mail: dirk.daube@uni-weimar.de

### **Durchführung und Koordination für den Kooperationspartner:**

Dipl.-Ing. Matthias Schreiber  
Thüringer Ministerium für Bau, Landesentwicklung und Verkehr  
Abteilung 2, Referat 24  
Werner-Seelenbinder-Straße 8, 99096 Erfurt  
Tel.: 0361/3791245  
E-Mail: Matthias.Schreiber@tmbvlv.thueringen.de

### **Unterstützung:**

- Thüringer Liegenschaftsmanagement, Zentrale Betriebsüberwachung (ZBÜ)
- Landesamt für Bau und Verkehr, Abteilungen 1, 5 und 6
- Universität Erfurt, Innere Verwaltung
- Technische Universität Ilmenau, Dezernat Gebäude und Technik
- Friedrich Schiller Universität Jena, Dezernat Liegenschaften und Technik
- Bauhaus-Universität Weimar, Servicezentrum Liegenschaften
- Fachhochschule Erfurt, Dezernat Bau und Liegenschaften
- Fachhochschule Jena, Referat Technik, Liegenschaften und Sicherheit
- Fachhochschule Nordhausen, Sachgebiet Bau / Liegenschaften / Sicherheit
- Fachhochschule Schmalkalden, Sachgebiet Liegenschaften / Bauangelegenheiten / Hochschulplanung



## Vorwort

Klimawandel, steigende Energiepreise und begrenzte Rohstoffe sind globale Herausforderungen. Energieeinsparung und Klimagasreduktion sind daher zentrale energie- und klimapolitische Ziele der Thüringer Landesregierung.



Unsere Anstrengungen wollen wir künftig noch stärker auf Energieeffizienz und den planvollen Ausbau der erneuerbaren Energien lenken. Insbesondere im Gebäudebereich bestehen noch erhebliche Potenziale, Energie und Rohstoffe einzusparen und die für die Umwelt schädlichen Emissionen zu vermindern. Letztendlich sind alle Eigentümer, Betreiber und Nutzer von Immobilien sowie die am Bau beteiligten Akteure dazu aufgefordert, ihren Beitrag zur Reduzierung des vierzigprozentigen Anteils der Gebäude am Endenergieverbrauch in Deutschland zu leisten.

Gerade auch bei der Betreuung, Unterhaltung und Sanierung ihrer Gebäude ist die öffentliche Hand angehalten, vorbildlich zu handeln. Das bedeutet, sie muss planmäßig, auf Basis einer gesicherten Datengrundlage, fachlich fundiert und wissenschaftlich gestützt vorgehen. Diese Zielrichtung hat die Rahmenkooperation „Nachwuchsförderung Gebäude-Energieeffizienz in Thüringen (NaGET)“, die im Jahr 2011 zwischen der Bauhaus-Universität Weimar und dem Thüringer Ministerium für Bau, Landesentwicklung und Verkehr geschlossen wurde.

Der vorliegende Abschlussbericht fasst die Ergebnisse unserer Kooperation mit der Bauhaus-Universität Weimar zusammen. Er erläutert die Methodik der energetischen Gebäudeanalyse und zeigt am Beispiel der Landesgebäude, wie ein größeres Gebäudeportfolio mit vertretbarem Aufwand energetisch bewertet, Gebäude mit einem hohen Einsparpotenzial ermittelt, Sanierungsmaßnahmen priorisiert und Umsetzungskonzepte entwickelt werden können.

Die durch NaGET erreichte neue energetische Transparenz unter den Landesgebäuden bildet eine wichtige Basis für unser weiteres Handeln. Im nächsten Schritt werden wir die Vorschläge und identifizierten Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz unserer Gebäude zielgerichtet und priorisiert umsetzen. Pilotwirkung hat die Universitätsbibliothek Erfurt, wo wir bereits in den nächsten Monaten die besonders wirtschaftlichen Energiesparmaßnahmen aus der Feinanalyse planen, realisieren und durch ein Energiecontrolling fortlaufend überwachen werden.

Mein besonderer Dank gilt an dieser Stelle der Bauhaus-Universität Weimar und im Besonderen der Professur Betriebswirtschaftslehre im Bauwesen für ihre qualifizierte Arbeit und fachkompetente Beratung. Hervorzuheben ist die gelungene Zusammenarbeit von Wissenschaftlern und Praktikern zur Lösung komplexer Aufgaben. Beispielhaft war das Heranführen von Studenten der Bauhaus-Universität Weimar an die Zukunftsaufgabe Energieeffizienz. Die Mitarbeit schärfte das Problembewusstsein der angehenden Baubetriebswirtschaftler(-innen) und erweiterte ihre Fachkenntnisse und -kompetenz auf dem Gebiet des Energiemanagements.

Wenn dieser Bericht zugleich private und öffentliche Eigentümer und Betreiber großer Gebäudeportfolien informieren und bei ihrer Arbeit unterstützen kann, wäre ein weiteres wichtiges Anliegen erreicht. Letztlich geht es darum, bestehende Ressourcen zu bündeln und verfügbares Wissen für alle Seiten gewinnbringend einzusetzen. In diesem Sinne wünsche ich der Broschüre eine weite Verbreitung.

Christian Carius  
Thüringer Minister für Bau, Landesentwicklung und Verkehr



## Zusammenfassung

Der Freistaat Thüringen und die Bauhaus-Universität Weimar haben im Jahr 2011 eine Kooperation zur „Nachwuchsförderung Gebäude-Energieeffizienz in Thüringen (**NaGET**)“ geschlossen. Ziel der Zusammenarbeit war die Erforschung der energetischen Qualität der Landesgebäude, um daraus Empfehlungen für eine Priorisierung energetischer Sanierungsmaßnahmen ableiten zu können. Im Ergebnis der Untersuchungen wird den Entscheidungsträgern mit der energetischen Potenzialanalyse ein Instrument zur Verfügung gestellt, dass diese bei der Vorauswahl von energetisch zu sanierenden Objekten gezielt unterstützt.

**Untersuchungsgegenstand** der Studie stellen die rund 1.700 Landesgebäude des Freistaates Thüringen dar, von denen 938 als energetisch relevant einzuschätzen sind. Zunächst eingegrenzt auf 270, wurden letztendlich 218 Gebäude für die energetische Potenzialanalyse ausgewählt, die alle die Anforderungen an die Datenqualität erfüllen. Der aufgebaute Datenbestand reicht hinsichtlich Umfang und Belastbarkeit deutlich über den Ausgangszustand hinaus.

Im Mittelpunkt der Untersuchungen steht die Auswertung der **Verbrauchswerte** für Wärme und Strom. Mit Hilfe verschiedener Analysemethoden wird rechnerisch als auch grafisch eruiert, welche Gebäude als Hochverbraucher energetisch auffällig sind. Es zeigt sich, dass die Auswertung gleichartiger Gebäude besonders geeignet ist, um auffällige Hochverbraucher zu identifizieren. Am Beispiel von Institutsgebäuden für Forschung und Lehre (BWZK 2200) und Bibliotheksgebäuden (BWZK-Kategorie 9130) wird dies veranschaulicht. Die Auswertung der Gebäude einer einzelnen Einrichtung erfolgt exemplarisch für die Universität Erfurt.

Es wird gezeigt, dass neben dem absoluten Verbrauch weitere Analyse Kriterien und der Vergleich mit Benchmarks zusätzliche Aufschlüsse bieten. Mit der Ermittlung des **Energieeffizienzpotenzials** wird eine Kenngröße vorgestellt, die einen aussagekräftigen Vergleich unter den Gebäuden erlaubt. Darauf aufbauend lässt sich eine Rangfolge von Gebäuden bilden, die zur Priorisierung von energetischen Sanierungsmaßnahmen genutzt werden kann.

Zur Durchführung einer energetischen Potenzialanalyse wird eine schrittweise **Vorgehensweise** vorgestellt, die von der Voranalyse über die Grobanalyse bis zur Feinanalyse eine zunehmende Detaillierung vorsieht. Es wird gezeigt, dass damit ein Immobilienportfolio öffentlicher Gebäude, wie dies des Freistaates Thüringen, zielgerichtet und kostenschonend auf energetisch auffällige Gebäude hin untersucht werden kann. Am Beispiel der Universitätsbibliothek Erfurt wird verdeutlicht, wie bei einem energetisch auffälligen Objekt in einer detaillierten Untersuchung die Vorergebnisse geprüft, Ursachen für den erhöhten Energieverbrauch ermittelt und Vorschläge zur Verbesserung der energetischen Qualität erarbeitet werden können.

In einer **Hochrechnung** wurde mit Hilfe starker Vereinfachungen abgeschätzt, dass bei Gebäuden mit erhöhtem Heizwärmeverbrauch im Mittel eine Einsparung von 52 kWh/m<sup>2</sup>a möglich ist. Das Einsparpotenzial beim Stromverbrauch beträgt für ein Gebäude des Freistaates Thüringen durchschnittlich 44 kWh/m<sup>2</sup>a. Festzustellen ist, dass die Streuung der Energieeinsparpotenziale sehr hoch ist. Bei einzelnen Gebäuden ist eine deutliche Abweichung von den Durchschnittswerten nach oben bzw. unten zu verzeichnen. Es wird des Weiteren angenommen, dass im Idealfall 28 % der jährlichen Energiekosten des Freistaates i.H.v. rund 35 Mio. Euro eingespart werden können, wenn die betrachteten Gebäude so energetisch saniert werden, dass sie den Richtwerten für die Verbrauchshöhe entsprechen.





## Gliederung

|  |            |
|--|------------|
| <b>Zusammenfassung.....</b>  | <b>VII</b> |
| <b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>   | <b>XI</b>  |
| <b>Abbildungsverzeichnis .....</b>   | <b>XII</b> |
| <b>Formelverzeichnis .....</b>   | <b>XIV</b> |
| <b>1. Einführung.....</b>  | <b>1</b>   |
| 1.1 Kooperationspartner .....  | 1          |
| 1.2 Aufgabenstellung .....   | 1          |
| 1.3 Untersuchungsgegenstand .....  | 2          |
| 1.4 Methodik und Gang der Untersuchung.....                                | 2          |
| 1.5 Einordnung der Untersuchungen .....                                    | 3          |
| <b>2. Datenerfassung.....</b>  | <b>6</b>   |
| 2.1 Auswertung der Energieausweise .....                                   | 6          |
| 2.2 Zusammenführung der Objektdaten .....                                  | 6          |
| 2.3 Strukturierung der Datensätze .....                                    | 7          |
| 2.4 Differenzierung nach Art der Verbrauchszählung .....                   | 9          |
| 2.5 Kategorisierung der Datenqualität .....                                | 11         |
| <b>3. Datenaufbereitung .....</b>  | <b>14</b>  |
| 3.1 Witterungsbereinigung.....   | 14         |
| 3.2 Zeitliche Bereinigung .....  | 15         |
| 3.3 Ermittlung der Energiebezugsfläche.....                                | 15         |
| 3.4 Ermittlung der Verbrauchskennwerte .....                               | 16         |
| 3.5 Ermittlung der Vergleichswerte nach BMVBS .....                        | 17         |
| 3.6 Ermittlung der Energieeffizienz-Klassen nach IEMB.....                 | 19         |
| 3.7 Ermittlung der Einsparpotenziale .....                                 | 21         |
| <b>4. Datenanalyse und -auswertung .....</b>                               | <b>24</b>  |
| 4.1 Auswertung für den Gesamtgebäudebestand.....                           | 24         |
| 4.1.1 Wärme- und Stromverbrauchs nach Energieeffizienz-Klassen .....       | 25         |
| 4.1.2 Wärme- und Stromverbrauch der Einzelobjekte auf Portfolioebene ..... | 26         |
| 4.1.3 Kombinierte Potenzialanalyse für Wärme und Strom .....               | 28         |
| 4.1.4 Potenzialanalyse unter Einbeziehung der Gebäudeflächen.....          | 30         |
| 4.1.5 Potenzialanalyse unter Berücksichtigung der Kosten .....             | 31         |

|                                 |  |           |
|---------------------------------|--|-----------|
| 4.2                             | Auswertung für Gebäude eines Standortes am Beispiel der Universität Erfurt.....  | 36        |
| 4.2.1                           | Überblick zu den untersuchten Thüringer Hochschulgebäuden.....   | 37        |
| 4.2.2                           | Die Gebäude der Universität Erfurt.....  | 38        |
| 4.2.3                           | Analyse des Wärme- und Stromverbrauchs.....  | 40        |
| 4.2.4                           | Standortspezifische Priorisierung für die Universität Erfurt .....   | 41        |
| 4.3                             | Auswertung für BWZK-Gebäudegruppen am Beispiel 2200 und 9130 .....   | 43        |
| 4.3.1                           | Strukturierung des Gebäudebestandes nach BWZK-Gruppen .....  | 43        |
| 4.3.2                           | Institutsgebäude für Forschung und Lehre (BWZK 2200) .....   | 44        |
| 4.3.3                           | Bibliotheksgebäude (BWZK 9130) .....   | 46        |
| 4.3.4                           | Weitere zur Untersuchung geeignete BWZK-Gruppen .....  | 48        |
| 4.4                             | Feinanalyse für Einzelobjekte am Beispiel der Universitätsbibliothek Erfurt.....   | 49        |
| 4.4.1                           | Ausgangssituation der Universitätsbibliothek Erfurt .....  | 49        |
| 4.4.2                           | Analyse des energetischen Ist-Zustandes .....  | 51        |
| 4.4.3                           | Optimierungsvorschläge.....  | 52        |
| 4.4.4                           | Handlungsempfehlungen .....  | 53        |
| 4.4.5                           | Schlussfolgerungen.....  | 56        |
| <b>5.</b>                       | <b>Fazit und Ausblick .....</b>  | <b>58</b> |
| 5.1                             | Übertragbarkeit auf gesamten Gebäudebestand.....   | 58        |
| 5.2                             | Einbau zusätzlicher Verbrauchszähler .....   | 59        |
| 5.3                             | Zentrales Datenmanagement .....  | 60        |
| <b>Anhang 1:</b>                | <b>Gebäudedaten zu den vertiefend geprüften Hochschulgebäuden (Auszug) .....</b>   | <b>61</b> |
| <b>Anhang 2:</b>                | <b>Verbrauchsdaten zu den vertiefend geprüften Hochschulgebäuden (Auszug).....</b>   | <b>66</b> |
| <b>Anhang 3:</b>                | <b>Energieausweis für Nichtwohngebäude .....</b>   | <b>69</b> |
| <b>Anhang 4:</b>                | <b>Flächenumrechnungsfaktoren zur Berechnung der Energiebezugsfläche .....</b>   | <b>73</b> |
| <b>Anhang 5:</b>                | <b>Mittelwerte EnEV 2007 und Vergleichswerte EnEV 2009 für den Heizenergie-<br/>verbrauchs-kennwert und den Stromverbrauchs-kennwert für Gebäude, die nach<br/>dem Bauwerkszuordnungskatalog kategorisiert sind.....</b> | <b>75</b> |
| <b>Anhang 6:</b>                | <b>Sankey-Diagramme für Wärme .....</b>  | <b>78</b> |
| <b>Anhang 7:</b>                | <b>Übersicht vorgeschlagener Einzelmaßnahmen und deren Einordnung in die vier<br/>Maßnahmenpakete .....</b>  | <b>79</b> |
| <b>Quellenverzeichnis .....</b> | <b>.....</b>   | <b>XV</b> |

## Abkürzungsverzeichnis

|                |  |
|----------------|--|
| <b>BGF</b>     | Brutto-Grundfläche   |
| <b>BMVBS</b>   | Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung      |
| <b>BWZK</b>    | Bauwerkszuordnungskatalog                                    |
| <b>DIN</b>     | Deutsches Institut für Normung e.V.                          |
| <b>EE</b>      | Energieeffizienz   |
| <b>EMIS</b>    | Energie- und Medien-Informationssystem                       |
| <b>EnEV</b>    | Energieeinsparverordnung                                     |
| <b>FM</b>      | Facility Management  |
| <b>Geb.</b>    | Gebäude  |
| <b>GEFMA</b>   | German Facility Management Association                       |
| <b>gif</b>     | Gesellschaft für immobilienwirtschaftliche Forschung e.V.    |
| <b>GM</b>      | Gebäudemanagement  |
| <b>IWU</b>     | Institut Wohnen und Umwelt                                   |
| <b>KGR</b>     | Kostengruppe   |
| <b>KGSt</b>    | Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsmanagement      |
| <b>kWh</b>     | Kilowattstunden  |
| <b>LS/LG</b>   | Liegenschaft   |
| <b>MWh</b>     | Megawattstunden  |
| <b>NaGET</b>   | Nachwuchsförderung Gebäude-Energieeffizienz in Thüringen     |
| <b>NGF</b>     | Netto-Grundfläche  |
| <b>Nr.</b>     | Nummer   |
| <b>ÖH</b>      | Öffentliche Hand   |
| <b>THÜLIMA</b> | Thüringer Liegenschaftsmanagement                            |
| <b>TLBV</b>    | Thüringer Landesamt für Bau und Verkehr                      |
| <b>TMBLV</b>   | Thüringer Ministerium für Bau, Landesentwicklung und Verkehr |
| <b>VDI</b>     | Verein Deutscher Ingenieure e.V.                             |
| <b>VZ</b>      | Verbrauchszähler   |
| <b>ZBÜ</b>     | Zentrale Betriebsüberwachungsstelle                          |

## Abbildungsverzeichnis

|                      |   |    |
|----------------------|---|----|
| <b>Abbildung 1:</b>  | Idealtypisches Vorgehen zur energetischen Analyse eines Immobilienportfolios. ....  | 3  |
| <b>Abbildung 2:</b>  | Untersuchungsebenen.....  | 4  |
| <b>Abbildung 3:</b>  | Merkmale der Gebäude und genutzte Informationsquellen.....  | 8  |
| <b>Abbildung 4:</b>  | Beispielobjekt mit erhobenen Basisdaten. ....   | 9  |
| <b>Abbildung 5:</b>  | Kategorien der Belastbarkeit der Verbrauchsdaten. ....  | 10 |
| <b>Abbildung 6:</b>  | Kategorisierung der Belastbarkeit der Verbrauchsdaten. ....   | 11 |
| <b>Abbildung 7:</b>  | Prüfung von Vollständigkeit und Belastbarkeit der Daten. ....   | 12 |
| <b>Abbildung 8:</b>  | Kategorien der Datenqualität. ....  | 13 |
| <b>Abbildung 9:</b>  | Flächenumrechnungsfaktoren zur Berechnung zur Energiebezugsfläche (Ausschnitt).....   | 16 |
| <b>Abbildung 10:</b> | Begriffsübersicht.....  | 18 |
| <b>Abbildung 11:</b> | Mittelwerte EnEV 2007 und Vergleichswerte EnEV 2009 für Gebäude, die nach dem<br>Bauwerkszuordnungskatalog kategorisiert sind (Ausschnitt)..... | 18 |
| <b>Abbildung 12:</b> | Vergleichswerte für Heizwärme- und Stromverbrauch (Ausschnitt).....   | 19 |
| <b>Abbildung 13:</b> | Beispiel für Energieeffizienz-Klassen. ....   | 20 |
| <b>Abbildung 14:</b> | Klassengrenzen für Heizwärmeverbrauch nach IEMB. ....   | 20 |
| <b>Abbildung 15:</b> | Energieeffizienz-Klassen für Heizwärme- und Stromverbrauch (Ausschnitt). ....   | 21 |
| <b>Abbildung 16:</b> | Ermittelte Energieeinsparpotenziale beim Wärmeverbrauch (Auszug). ....  | 22 |
| <b>Abbildung 17:</b> | Ermittelte Kosteneinsparpotenziale bei Wärme- und Stromverbrauch (Auszug). ....   | 23 |
| <b>Abbildung 18:</b> | Entwicklung des Wärme- und Stromverbrauchs für die Landesliegenschaften im Eigentum<br>des Freistaates Thüringen.....                           | 24 |
| <b>Abbildung 19:</b> | Verteilung der Energieeffizienz-Klassen für den untersuchten Gebäudebestand.....  | 25 |
| <b>Abbildung 20:</b> | Gebäude mit der Energieeffizienz-Klasse G bei Wärme- und Stromverbrauch.....  | 26 |
| <b>Abbildung 21:</b> | Portfolio-Auswertung für den Wärmeverbrauch. ....   | 27 |
| <b>Abbildung 22:</b> | Portfolio-Auswertung für den Stromverbrauch.....  | 28 |
| <b>Abbildung 23:</b> | Verbrauchsorientierte Potenzialanalyse auf Portfolioebene (Ausschnitt). ....  | 29 |
| <b>Abbildung 24:</b> | Verbrauchsorientierte Potenzialanalyse auf Portfolioebene mit Größenkriterium<br>Energiebezugsfläche (NGF).....                                 | 30 |
| <b>Abbildung 25:</b> | Effizienzpotenziale für die relevanten der 218 untersuchten Landesgebäude. ....   | 32 |
| <b>Abbildung 26:</b> | Kosteneinsparpotenzial beim Wärmeverbrauch. ....  | 33 |
| <b>Abbildung 27:</b> | Kosteneinsparpotenzial beim Stromverbrauch. ....  | 34 |
| <b>Abbildung 28:</b> | Kosteneinsparpotenziale für vier ausgewählte Objekte.....   | 35 |
| <b>Abbildung 29:</b> | Zusammensetzung der vertiefend untersuchten Hochschulgebäude.....   | 37 |
| <b>Abbildung 30:</b> | Gebäudebestand der Thüringer Hochschulen mit einer BGF > 500 m <sup>2</sup> . ....  | 37 |
| <b>Abbildung 31:</b> | Datenqualität der vertiefend geprüften Hochschulgebäude. ....   | 38 |
| <b>Abbildung 32:</b> | Daten zu den Gebäuden der Universität Erfurt. ....  | 39 |
| <b>Abbildung 33:</b> | Entwicklung des Energieverbrauchs der Universität Erfurt. ....  | 40 |
| <b>Abbildung 34:</b> | Gebäude der Universität Erfurt mit Wärmeverbrauch.....  | 40 |
| <b>Abbildung 35:</b> | Gebäude der Universität Erfurt mit Stromverbrauch. ....   | 41 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Abbildung 36:</b> Rangfolge der Gebäude der Universität Erfurt nach Energieeinspar-Potenzial. ....   | 42 |
| <b>Abbildung 37:</b> Übersicht über vorhandene BWZK-Gebäudegruppen. ....  | 43 |
| <b>Abbildung 38:</b> Heizwärmeverbrauch der Objekte BWZK 2200 im Vergleich. ....  | 44 |
| <b>Abbildung 39:</b> Stromverbrauch der Objekte BWZK 2200 im Vergleich. ....  | 45 |
| <b>Abbildung 40:</b> Heizwärmeverbrauch der Objekte der BWZK 9130 im Vergleich. ....  | 46 |
| <b>Abbildung 41:</b> Stromverbrauch der Objekte der BWZK 9130 im Vergleich. ....  | 47 |
| <b>Abbildung 42:</b> Verbrauchsorientierte Potenzialanalyse für BWZK 9130 (Bibliotheksgebäude) mit<br>Größenkriterium Gesamtkosten pro Jahr. .... | 48 |
| <b>Abbildung 43:</b> Auffällige Gebäude als Ergebnis der Untersuchungen. ....   | 50 |
| <b>Abbildung 44:</b> Die Universitätsbibliothek Erfurt. ....  | 50 |
| <b>Abbildung 45:</b> Verbrauchswerte und Benchmarks für die Universitätsbibliothek Erfurt. ....   | 51 |
| <b>Abbildung 46:</b> Einsparungen der vier Maßnahmenpakete im Vergleich. ....   | 55 |
| <b>Abbildung 47:</b> Vergleich der Maßnahmenpakete. ....  | 56 |
| <b>Abbildung 48:</b> Wirtschaftlichkeit der vier Maßnahmenpakete im Vergleich. ....   | 56 |
| <b>Abbildung 49:</b> Installation von Verbrauchszählern in Gebäuden der Bauhaus-Universität Weimar. ....  | 59 |

## Formelverzeichnis

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <b>Formel 1:</b> | Witterungsbereinigter Energieverbrauchskennwert für Heizung für einen Zeitabschnitt. ....                       | 14 |
| <b>Formel 2:</b> | Witterungsbereinigter Heizenergieverbrauchskennwert für Heizung und Warmwasser für<br>einen Zeitabschnitt. .... | 16 |
| <b>Formel 3:</b> | Witterungsbereinigter Heizenergieverbrauchskennwert. ....   | 17 |
| <b>Formel 4:</b> | Ermittlung des Energieeinsparpotenzials. ....   | 22 |
| <b>Formel 5:</b> | Ermittlung des Kosteneinsparpotenzials. ....  | 23 |

## 1. Einführung

Mit der Idee, die landeseigenen Gebäude auf Optimierungspotenziale zu untersuchen, hat der **Freistaat Thüringen** eine Forschungs Kooperation mit der Bauhaus-Universität Weimar begründet, deren bisherige Ergebnisse in diesem Bericht vorgestellt werden. In diesem Kapitel wird zunächst auf die Ausgangslage, die Rahmenbedingungen und die Vorgehensweise der Untersuchung eingegangen.

### 1.1 Kooperationspartner

Die Untersuchungen und Auswertungen wurden durch die Bauhaus-Universität Weimar, vertreten durch die Professur Betriebswirtschaftslehre im Bauwesen, koordiniert und durchgeführt. Die Abstimmung auf Seiten des staatlichen Hochbaus leitete das Thüringer Ministerium für Bau, Landesentwicklung und Verkehr (TMBLV). Die Arbeiten wurden unterstützt durch Vertreter vom Thüringer Landesamt für Bau und Verkehr (TLBV) und dem Thüringer Liegenschaftsmanagement (THÜLIMA) sowie Beauftragte ausgewählter Liegenschaftsverwaltungen, insbesondere der Hochschulen. Nur durch den intensiven Austausch und die kooperative Zusammenarbeit der Partner konnten die vorgelegten Ergebnisse erzielt werden.

### 1.2 Aufgabenstellung

Am 8. Februar 2011 haben das TMBLV und die Bauhaus-Universität Weimar einen Rahmenkooperationsvertrag geschlossen. Dieser sieht vor, dass unter Leitung der Professur Betriebswirtschaftslehre im Bauwesen die Gebäude des Freistaats Thüringen hinsichtlich ihrer energetischen Qualität analysiert werden. In den durchgeführten Untersuchungen wurde das Energieeffizienz-Potenzial der Gebäude in zwei Stufen beleuchtet, um daraus Empfehlungen für eine **Priorisierung** von energetischen Verbesserungsmaßnahmen ableiten zu können.

Denn soll die Energieeffizienz eines Immobilienbestandes verbessert werden, sind die dafür i.d.R. begrenzten finanziellen Ressourcen gezielt einzusetzen. Dabei stellt sich die **Frage: Wo beginnen?** Oft ist die energetische Qualität im Detail nur von einzelnen Objekten, nicht aber bestandsübergreifend bekannt. Die Frage, bei welchen Gebäuden besonders dringender Handlungsbedarf besteht, ist dann kaum zu beantworten. Eine energetische Potenzialanalyse unterstützt durch eine Bestandsaufnahme des Portfolios und die Ableitbarkeit von Prioritäten dabei, eine Antwort auf diese Frage zu finden und damit Entscheidungen vorzubereiten.

**Ausgangspunkt** des Forschungsprojektes war die Feststellung, dass die Energiekosten eine immer wichtigere Kostenposition bei der Bewirtschaftung des umfangreichen landeseigenen Gebäudebestandes darstellen. Obwohl der spezifische Verbrauch teilweise sank, ist u.a. durch die stetige Steigerung der Energiepreise in den letzten Jahren ein Anstieg der Energiekosten zu verzeichnen. Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken, sollen Optimierungsmaßnahmen eingeleitet und Hochverbraucher energetisch verbessert werden. Es besteht das Ziel, durch investive und nicht-investive energetische Optimierungsmaßnahmen mittelfristig den Haushalt zu entlasten und für andere bauliche Vorhaben frei zu machen.

In dem nun vorliegenden Bericht werden die durchgeführten Untersuchungsmaßnahmen skizziert und die erzielten **Ergebnisse** vorgestellt und eingeordnet. Stufe 1 umfasste ausgewählte Gebäude, für die bereits Energieausweise vorlagen, und war auf die Schaffung einer Datenbasis und erster Analysen auf Verbrauchsbasis ausgerichtet. In der anschließenden Stufe 2 wurden die Untersuchungen weiter vertieft und um eine Feinanalyse ergänzt. In einer ökonomischen Betrachtung wurden die kos-



tenmäßigen Einsparmöglichkeiten energetischer Sanierungen bewertet und für Priorisierungsvorschläge genutzt. Abschätzungen zu den Baukosten, die es aufzubringen gilt, um die zu erwartenden Einsparungen realisieren zu können, waren hingegen nicht Inhalt des Forschungsprojektes.

Im Rahmen der Kooperation wurde die Einbindung und Förderung des **wissenschaftlichen Nachwuchses** vereinbart. In diesem Zusammenhang haben Studenten der Bauhaus-Universität Weimar wissenschaftliche Abschlussarbeiten erstellt, die sich mit dem Gebäudebestand des Freistaates beschäftigen.

### 1.3 Untersuchungsgegenstand

Der Freistaat Thüringen verfügt insgesamt über rund 1.700 landeseigene Gebäude, wovon die 938 energetisch relevanten eine Netto-Grundfläche (NGF) von rd. 1,7 Mio. m<sup>2</sup> aufweisen. Der Gebäudebestand umfasst u.a. Hochschulgebäude, Polizeigebäude, Finanzämter, Gerichtsgebäude sowie ministeriale Verwaltungsgebäude. Die Untersuchung erstreckt sich nur auf die Liegenschaften, die bebaut sind und bei denen durch deren Nutzung ein Energiebedarf besteht. Unbebaute bzw. ungenutzte Liegenschaften wurden von den Betrachtungen ausgeschlossen.

Um die Untersuchungen zielgerichtet und zeitnah durchführen zu können, wurde eine weitere Eingrenzung vorgenommen. Es wurden nur jene Liegenschaften betrachtet, für die bereits in der Vergangenheit **Energieausweise** erstellt wurden, da hier von einer geeigneten Datengrundlage für die Untersuchungen ausgegangen werden konnte.

### 1.4 Methodik und Gang der Untersuchung

Die Untersuchungen stützen sich auf die relevanten gesetzlichen Vorgaben und Richtlinien. Insbesondere die **EnEV 2009** und die **VDI 3807** wurden den Arbeiten zugrunde gelegt, sodass sich die Ergebnisse belastbar, nachvollziehbar und vergleichbar gestalten. Zur Auswertung der ermittelten Messdaten wurden die Verbrauchswerte für Wärme, Strom und teilweise ergänzend auch Wasser den aktuellen **Vergleichswerten des BMVBS** gegenübergestellt. Diese sind in der „Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand“ vom 30. Juli 2009 angegeben.<sup>1</sup> Im Einzelnen wurden in Anlehnung an die VDI 3807 und die Vorgaben des BMVBS im Rahmen der Untersuchung die folgenden **Schritte** durchgeführt:

- Erfassung der Verbrauchsdaten für Wärme, Strom (und Wasser)
- Witterungsbereinigung der Heizenergieverbrauchswerte
- Zeitliche Bereinigung
- Ermittlung der Energiebezugsfläche
- Ermittlung der Vergleichswerte für Wärme-, Strom- (und Wasser)verbrauch
- Vergleich der Verbrauchswerte mit Vergleichswerten (Benchmarks)
- Abschätzung des Energieeffizienz- bzw. Einsparpotenzials
- Schaffung einer Grundlage zur Ableitung von kriteriengestützten Prioritätenlisten

Zunächst wird im 2. Kapitel erläutert, wie bei der grundlegenden Bestandsaufnahme vorgegangen wurde. Danach wird im 3. Kapitel vorgestellt, wie die erhobenen Daten aufbereitet und auf Plausibili-

---

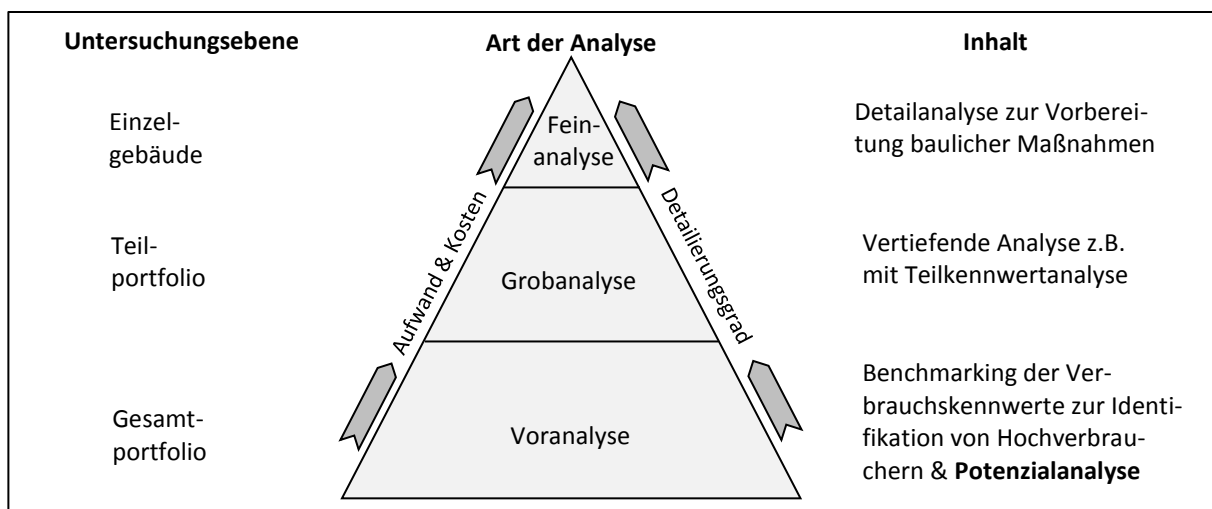
<sup>1</sup> Vgl. BMVBS (2009a).

tät geprüft wurden, bevor im 4. Kapitel die Auswertung der Daten durch die Gegenüberstellung mit relevanten Vergleichswerten erfolgt. Abschließend werden die Ergebnisse im 5. Kapitel gewürdigt.

## 1.5 Einordnung der Untersuchungen

Es wurde eine **verbrauchsorientierte Analyse** durchgeführt. Die konkreten baulichen und technischen Merkmale der Gebäude (wie Baujahr, k-Wert von Bauteilen, Art und Alter der Heizungsanlage, etc.) bleiben dabei im Gegensatz zum bedarfsorientierten Ansatz zunächst unberücksichtigt. Es wird mit konkreten Messdaten in Form der Verbrauchswerte gearbeitet, in denen alle vorliegenden Randbedingungen des Gebäudes (z.B. Nutzerverhalten, Nutzungshäufigkeit, Einstellung der Heizungsanlage etc.) abgebildet sind.<sup>2</sup> Die rechnerische Ermittlung von theoretischen Erwartungswerten entfällt.<sup>3</sup> Zu beachten ist, dass die **Nutzeraspekte** einen wichtigen Einflussfaktor auf die Höhe des Energieverbrauchs darstellen. Durch den Einfluss des Nutzerverhaltens sind nur begrenzt Rückschlüsse auf die energetische Qualität der Gebäudehülle und -technik möglich.

Aufgrund des vergleichsweise geringen Erstellungsaufwandes sind Untersuchungen dieser Art besonders für Auswertungen auf übergeordneter Portfolioebene geeignet, von denen Hinweise zur Kanalisierung folgender Untersuchungen erwartet werden. Dementsprechend können die Ergebnisse als Ausgangspunkt für weitere detailliertere, bis hin zu objektspezifischen Analysen genutzt werden. Eine **schrittweise Vorgehensweise** mit zunehmendem Detaillierungsgrad kann nach Abbildung 1 erfolgen. Auf diese Weise lässt sich der zeitliche und kostenmäßige Aufwand steuern. Je detaillierter die Untersuchung sein soll, desto geringer ist die betrachtete Anzahl an Gebäuden zu wählen.<sup>4</sup>



**Abbildung 1: Idealtypisches Vorgehen zur energetischen Analyse eines Immobilienportfolios.**

Quelle: Eigene Darstellung.

Der idealtypischen Abstufung der Abbildung 1 entsprechend, steht am Anfang der energetischen Untersuchung eines Immobilienportfolios die „**Voranalyse**“ des Bestandes. In diese Kategorie ist der

<sup>2</sup> Vgl. BMVBS (2009b), S. 36 ff.

<sup>3</sup> Untersuchungen zeigen immer wieder große Abweichungen zwischen berechnetem Bedarf und gemessenem Verbrauch. Gerade beim Strom sind die in Forschungsprojekten ermittelten Unterschiede teilweise extrem hoch. Begründet wird dies damit, dass der Alltagsbetrieb von Gebäuden sich oftmals deutlich von dem ursprünglich geplanten unterscheidet. Es wird zudem festgestellt, dass dies mit zunehmender Komplexität eines Gebäudes umso mehr gilt. Vgl. weiterführend BMVBS (2009b), S. 37.

<sup>4</sup> Vgl. weiterführend ähnliche Überlegungen in Muhmann (2009), S. 42 und IWU (2010), S. 13.

Großteil der durchgeführten Arbeiten einzuordnen. Hiermit lassen sich überblicksmäßige Einschätzungen auf der Portfolioebene vornehmen. Insbesondere können die Hochverbraucher ermittelt werden. Diese Untersuchungen lassen sich zur Aufstellung einer Rangfolge von Objekten nutzen, aus denen **Prioritäten** ableitbar sind.

Für die Gebäude mit überdurchschnittlichen Verbrauchswerten können im Rahmen einer anschließenden „**Grobanalyse**“ detailliertere Untersuchungen unter Berücksichtigung ihrer Gebäudeeigenschaften und i.d.R. der Ergebnisse einer Vor-Ort-Begehung erfolgen. Hierfür bietet sich die Teilkennwertmethode an.<sup>5</sup> Diese Methode beruht auf der DIN V 18599. Durch Vereinfachungen ermöglicht das Verfahren mit begrenztem Aufwand die energetische Analyse von Gebäuden und ist insbesondere für die Anwendung bei einer kleineren Anzahl von Gebäuden geeignet. Diese Verfahrensstufe wird in der vorliegenden Studie nicht betrachtet.

Sind Gebäude energetisch auffällig oder bereits für eine energetische Sanierung bestimmt, bedarf es einer „**Feinanalyse**“, welche die dritte Analyseebene darstellt. Aufgrund der Detaillierung und dem hohen zeitlichen und finanziellen Aufwand ist diese Analysestufe nur für einzelne Gebäuden geeignet. Auf diese Weise erfolgte die Untersuchung der Universitätsbibliothek Erfurt.

| Untersuchungsebene | Detaillierungsgrad | Untersuchungsrahmen   | Beispiel                                       | Anzahl Gebäude | Abchnitt |
|--------------------|--------------------|---|--|----------------|----------|
| <b>Ebene 1</b>     | Voranalyse         | (Betrachtetes) Gesamtportfolio  | Landeseigene Gebäude des Freistaates Thüringen | 938            | 4.1      |
| <b>Ebene 2a</b>    | Voranalyse         | Teilportfolio – mehrere Einrichtungen/ Liegenschaftsverwaltungen mit ähnlichen Gebäuden | Thüringer Hochschulgebäude                     | 120            | -        |
| <b>Ebene 2b</b>    | Voranalyse         | Teilportfolio – einzelne Einrichtung/ Liegenschaftsverwaltung                           | Gebäude der Universität Erfurt                 | 14             | 4.2      |
| <b>Ebene 2c</b>    | Voranalyse         | Teilportfolio - BWZK-Gruppe   | Bibliotheken (BWZK 9130)                       | 6              | 4.3      |
| <b>Ebene 3</b>     | Feinanalyse        | Einzelgebäude   | Universitätsbibliothek Erfurt                  | 1              | 4.4      |

**Abbildung 2: Untersuchungsebenen.**

Quelle: Eigene Darstellung.

Entsprechend diesem Ansatz reicht der **Untersuchungsrahmen** bei den vorliegenden Untersuchungen von der Portfolioebene bis zur Ebene des Einzelgebäudes. Dazwischen bestehen vielfältige Möglichkeiten zur Betrachtung von ausgewählten **Teilportfolien**, die je nach Zielstellung gewählt werden können. Dazu werden gemäß Abbildung 2 verschiedene Ansätze aufgezeigt (siehe Ebene 2a bis 2c). Die Untersuchungen umfassen dabei stets ausgewählte Gebäude für die im Rahmen der Voranalyse eine detaillierte Verbrauchsanalyse durchgeführt wird.

<sup>5</sup> Vgl. Lichtmeß (2010); VDI 3807 Blatt 4 (2008).

In der Tabelle werden die im Rahmen der vorliegenden Studie durchgeführten Arbeiten in die Strukturierung nach Abbildung 1 eingeordnet. Die einzelnen Untersuchungsebenen werden dazu mit erläuternden Angaben und Beispielen untersetzt.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Die Angaben in der fünften Spalte zur Anzahl der Gebäude beziehen sich auf die im Rahmen der Untersuchung betrachteten Gebäude.

## 2. Datenerfassung

In diesem Kapitel wird ein Überblick über die verwendeten **Datenquellen** gegeben. Es wird beschrieben, welche **Merkmale** im Einzelnen erhoben wurden und wie bei deren Zusammenstellung und Abgleich vorgegangen wurde. Zudem wird auf die **Anforderungen an die Datenqualität** und deren Erfüllung eingegangen.

### 2.1 Auswertung der Energieausweise

Die **verbrauchsorientierten Energieausweise** und die dazugehörige Datentabelle bildeten die Hauptquelle dieser Untersuchung. Die meisten der vorhandenen Energieausweise wurden in den Jahren 2008 und 2009 erstellt. Es handelt sich dabei um öffentliche Gebäude mit einer Nutzfläche i.H.v. 1.000 m<sup>2</sup> oder mehr. Ab dem 1. Juli 2009 wurde für öffentliche Gebäude dieser Größe der Aushang eines verbrauchsorientierten Energieausweises verpflichtend.<sup>7</sup>

Die landeseigenen Gebäude, für die verbrauchsorientierte Energieausweise erstellt wurden, verteilen sich über die vier Regionalbereiche Erfurt, Jena, Gera und Suhl. Zu den Objekten wurden insbesondere die Wärme- und Stromverbräuche der Gebäude in den Jahren 2005 bis 2008 aufgenommen. Darüber hinaus sind in unterschiedlichem Umfang weitere relevante Informationen enthalten, wie z.B. Modernisierungsempfehlungen, das Baujahr der Heizungsanlage, der Energieträger oder bestehender Leerstand angegeben. In einem ersten Schritt wurden die Objektinformationen aus den vier Zuständigkeitsbereichen Erfurt, Jena, Gera und Suhl in einer **einheitlichen Struktur** zusammengeführt.

### 2.2 Zusammenführung der Objektdaten

Zusätzlich zu den Energieausweisen enthalten die EMIS-Datenbank und die LIDAB-Datenbank Gebäudeinformationen, die einbezogen werden konnten. Diese zusätzlichen Informationen wurden sukzessive in den Datenbestand eingearbeitet, wenn sie zu einer Vervollständigung und Verbesserung der Datenlage führten.

In der **EMIS-Datenbank** werden die Energieverbrauchsdaten für die Gebäude und Liegenschaften des Freistaates zentral geführt. Aus dem Datenbestand konnten für ausgewählte Liegenschaften Energieverbrauchsdaten ausgewiesen werden. Neben Angaben zum Verbrauch umfassten die Angaben auch Kosten für Wärme, Strom, Wasser und Abwasser der Jahre 2005 bis 2010.

Die **LIDAB-Datenbank** umfasst eine Übersicht zu den Liegenschaften des Freistaates Thüringen und den aufstehenden Gebäuden. In der LIDAB-Datenbank werden Liegenschafts- und Gebäudenummern, die Bezeichnung der Objekte und deren postalische Adressen sowie Angaben zur Gesamtfläche und bebauten Fläche der Liegenschaften, der Brutto-Grundfläche und der Netto-Grundfläche der aufstehenden Gebäude, der Bauzustandsklasse, dem Ausstattungsgrad, dem Baujahr und Sanierungsjahr sowie zum Denkmalschutz geführt.

---

<sup>7</sup> Vgl. § 16 EnEV. Demnach sind Eigentümer bestimmter öffentlicher Gebäude zum Aushang eines Energieausweises verpflichtet, unabhängig davon, ob ein Anlass, wie Verkauf, Vermietung und Verpachtung oder Leasing vorliegt. Diese Pflicht gilt für Gebäude mit einer öffentlichen Nutzung, einer Nutzfläche ab 1.000 m<sup>2</sup> Nutzfläche und Publikumsverkehr. Liegt eines der Kriterien nicht vor und ist auch kein Anlass gegeben, ist die Erstellung eines Energieausweises für diese Gebäude nicht verpflichtend. Zukünftig wird mit der Nivellierung der EnEV entsprechend der EU-Gebäuderichtlinie der Aushang von Energieausweisen bereits ab 500 m<sup>2</sup> Nutzfläche vorgeschrieben sein.

Eine **Herausforderung** bei der Zusammenführung der einzelnen Objektdaten bestand darin, die einzelnen Systematiken der Nummerierung zu kombinieren und so die Informationen zu den Gebäuden zusammenzuführen. Zunächst wurde über die Liegenschaftsnummer in Verbindung mit der Gebäudennummer eine **Verknüpfung** zwischen den einzelnen Datensätzen hergestellt. Zusätzlich konnte die EMIS-Nummerierung zur Identifikation von Gebäuden herangezogen werden. Abschließend erfolgte eine Bereinigung um die Datensätze, die keine eindeutige Identifizierung der Objekte erlaubten.

Die Datenbanken wurden zudem genutzt, um die **Flächenangaben** für die untersuchten Gebäude abzugleichen. Hier galt es zu beachten, dass die Daten eine unterschiedliche Aktualität und Herkunft aufwiesen. Nach mehreren Schritten der Abstimmung zwischen beiden Datenbanken wurde entschieden, bei unterschiedlichen Angaben einheitlich die Flächenangaben der LIDAB-Datenbank zu verwenden, da diese Angaben größtenteils durch Pläne und Zeichnungen unterlegt waren. Die in Einzelfällen vorliegende unterschiedliche Nutzung von Flächen innerhalb eines Gebäudes (mehrere BWZK) wurde nicht hinterlegt. Als Vereinfachung wurde die überwiegende Nutzung für das gesamte Gebäude angenommen.<sup>8</sup>

Auch hinsichtlich des Energieverbrauchs sind in LIDAB und EMIS Angaben enthalten. Die Informationen wurden mit den Verbrauchsdaten der Energieausweise abgeglichen und zu deren Vervollständigung herangezogen. Als Hindernis erwies es sich dabei, dass die erfassten **Verbrauchsdaten** in der EMIS-Datenbank überwiegend nur liegenschaftsbezogen abgerufen werden können. Eine gebäudegenaue Erhebung erfolgt in EMIS derzeit noch nicht. Eine neue umfassendere CAFM-Datenbank unter Nutzung einer PLANON-Plattform befindet sich im Aufbau.<sup>9</sup> Mit diesem Schritt ist u.a. auch geplant, die Erfassungs- und Auswertungsmöglichkeiten auf Gebäudeebene zu erweitern. Ein konkreter Zeitpunkt für den Abschluss der Aufbauarbeiten steht nach derzeitigem Informationsstand noch nicht fest.

Soweit möglich, wurden die **Liegenschaftsinformationen** für die gebäudebezogene Auswertung genutzt. Für den Fall, dass eine Liegenschaft nur ein Gebäude aufweist, wurde beispielsweise der liegenschaftsbezogene Verbrauchswert dem Gebäude direkt zugeordnet. Bei einer Liegenschaft, die nur aus Gebäuden gleicher Nutzung besteht, wurde der gebäudebezogene Verbrauch hilfsweise über die anteilige Fläche rechnerisch hergeleitet. Auf die verwendete Kategorisierung der Art der Verbrauchsmessung wird im Abschnitt 2.4 eingegangen.

### 2.3 Strukturierung der Datensätze

Aus den einzelnen Quellen standen jeweils unterschiedliche Informationen zu den Gebäuden bzw. Liegenschaften zur Verfügung. Zu welchen Merkmalen der Gebäude aus den einzelnen Datenbasen Informationen eingebracht wurden, zeigt die nachstehende Abbildung 3. Die Merkmale sind darin in alphabetischer Reihenfolge erfasst.

Aufgrund mehrerer gestaffelter Untersuchungsphasen wurden die Merkmale nicht in gleichem Umfang von den Partnern abgefragt. Daher ist nicht auszuschließen, dass zu einzelnen Merkmalen weitere Informationen vorliegen, die laut Tabelle nicht verwendet wurden.

---

<sup>8</sup> Möglichkeiten zur Berücksichtigung sind in BMVBS (2009a), S. 18 beschrieben.

<sup>9</sup> PLANON ist ein weltweit führender Anbieter von Computer Aided Facility Management Software (CAFM) für Anwendungen im Immobilienmanagement.

| Merkmal                               | Daten aus Energieausweisen<br>(von TMBLV/ TLBV) | Daten aus EMIS-Datenbank<br>(von THÜLIMA) | Daten aus LIDAB-Datenbank<br>(von TLBV) |
|---------------------------------------|---|---|---|
| Anzahl Gebäude einer Liegenschaft     | X   | X   | X                                       |
| Anzahl Nutzer                         | -   | X   | -                                       |
| Ausstattung zeitgemäß (j/n)           | -   | -   | X                                       |
| Baujahr                               | -   | X   | X                                       |
| Bauzustandsklasse                     | -   | -   | X                                       |
| Bezeichnung Gebäude                   | X   | X   | X                                       |
| Bezeichnung Liegenschaft              | X   | X   | X                                       |
| BWZK                                  | X   | X   | -                                       |
| Denkmalschutz (j/n)                   | -   | -   | X                                       |
| Energiekosten Liegenschaft            | -   | X   | -                                       |
| Energieträger/ Heizmedium             | X   | X   | X                                       |
| Energieverbrauch (Gebäude)            | X   | -   | -                                       |
| Energieverbrauch Liegenschaft         | -   | X   | -                                       |
| Fläche Gebäude (BGF, NGF)             | X   | X   | X                                       |
| Fläche Liegenschaft                   | -   | X   | X                                       |
| Gebäude-Nr.                           | X   | -   | X                                       |
| Gebäude-Nr. laut EMIS                 | -   | X   | -                                       |
| Jahr der letzten Modernisierung       | -   | -   | X                                       |
| Landeseigentum (j/n)                  | X   | -   | X                                       |
| Leerstand (j/n)                       | X   | -   | -                                       |
| Liegenschafts-Nr.                     | X   | X   | X                                       |
| Ort                                   | X   | X   | X                                       |
| PLZ                                   | X   | X   | -                                       |
| Sanierungsjahr                        | -   | -   | X                                       |
| Straße                                | X   | X   | X                                       |
| Verbrauchszähler gebäudebezogen (j/n) | X   | -   | -                                       |

**Abbildung 3: Merkmale der Gebäude und genutzte Informationsquellen.**

Quelle: Eigene Darstellung.

Die Zusammenführung der vorhandenen Informationen führte zu einer **Verbesserung der Untersuchungsbasis** und erhöhte die Möglichkeiten zur Auswertung. Einige spezifische Angaben wurden nur in einzelnen der einbezogenen Verzeichnisse geführt. Für Datensätze, die in mehreren Datenbanken geführt werden, wurde die Möglichkeit zum Abgleich der enthaltenen Informationen genutzt.

Des Weiteren wurden die Daten zur Vorbereitung der Datenauswertung einheitlich **strukturiert**. Dazu wurden die Datensätze in vier große Merkmalsbereiche unterteilt, die wiederum jeweils mit den verschiedenen Einzelmerkmalen der Abbildung 3 unternetzt sind. In der nachstehenden Übersicht sind die wichtigsten Merkmale anhand eines Beispiels entsprechend der vorgeschlagenen Strukturierung aufgeführt.

| Nr.   | Merkmal                             | Beispiel           |
|---|-------------------------------------|--------------------|
| <b>Allgemeine Angaben zur Identifizierung</b> |                                     |                    |
| 1   | Laufende Gebäude-Nummer             | 173                |
| 2   | Liegenschafts-Nummer                | 11050              |
| 3   | Gebäude-Nummer der Liegenschaft     | 21                 |
| <b>Liegenschaftsbezogene Daten</b>            |                                     |                    |
| 4   | Bezeichnung der Liegenschaft        | Universität Erfurt |
| 5   | Anzahl der Gebäude der Liegenschaft | 21                 |

| Gebäudebezogene Daten        |                                 |                                       |
|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| 6                            | Bezeichnung des Gebäudes        | Mitarbeitergebäude 3                  |
| 7                            | PLZ                             | 99089                                 |
| 8                            | Ort                             | Erfurt                                |
| 9                            | Straße                          | Nordhäuserstraße 63                   |
| 10                           | Baujahr                         | 1924                                  |
| 11                           | Jahr der letzten Modernisierung | 2008                                  |
| 12                           | Netto-Grundfläche (NGF)         | 1.004 m <sup>2</sup>                  |
| 13                           | Brutto-Grundfläche (BGF)        | 1.062 m <sup>2</sup>                  |
| 14                           | BWZK-Gruppe                     | 1.300 (Verwaltungsgebäude)            |
| 15                           | Leerstand (ja (%)/ nein)        | nein                                  |
| Angaben zum Energieverbrauch |                                 |                                       |
| 16                           | Energieträger/ Heizmedium       | Fernwärme                             |
| 17                           | Baujahr der Heizungsanlage      | n/a                                   |
| 18                           | Heizwärmeverbrauch              | 2006: 68.670 kWh/a<br>2007: ...       |
| 19                           | Stromverbrauch                  | 2006: 36.969 kWh/a<br>2007: ...       |
| 20                           | Wasserverbrauch                 | 2006: 141 m <sup>3</sup><br>2007: ... |

**Abbildung 4: Beispielobjekt mit erhobenen Basisdaten.**

Quelle: Eigene Darstellung.

## 2.4 Differenzierung nach Art der Verbrauchszählung

Eine für die Einschätzung des energetischen Zustands zentrale Eingangsgröße stellen die Verbrauchsdaten dar. Eine hohe **Belastbarkeit** der Daten war daher besonders geboten. Um Rückschlüsse zur Aussagekraft der verwendeten Angaben zu ziehen und die verwendeten Informationen auch für spätere Untersuchungen nachvollziehbar zu gestalten, wurde die Art der Verbrauchsdatenermittlung erfasst. Angestrebt wurde die Verwendung gebäudegenau erfasster Verbrauchswerte.

Prinzipiell ist dabei die Art der Verbrauchserfassung für die Medien Wärme, Strom und Wasser zu unterscheiden, die für ein einzelnes Gebäude grundsätzlich auch unterschiedliche Ausprägungen aufweisen können. Eine besonders große Bedeutung hat die gebäudegenaue Erfassung des Wärmeverbrauchs, da dieser Wert stark von der Art der Nutzung abhängt. Mit dem Ziel, den Erhebungsaufwand zu begrenzen, wurde aufgrund ihrer Bedeutung die **Wärmeverbrauchszählung in den Mittelpunkt gestellt**. Zur Abschätzung der Auswirkungen dieser Vereinfachung wurden stichprobenartig bei Gebäuden alle drei Arten der Verbrauchszählung erfasst. Der Vergleich zeigte eine hohe Übereinstimmungsrate in der Qualität der Verbrauchszählung bei Wärme und Strom,<sup>10</sup> sodass ein geringer Einfluss auf das Ergebnis angenommen werden kann. In einer späteren Untersuchungsphase wäre es denkbar, eine detaillierte Erfassung zur Art der Verbrauchszählung zu ergänzen und damit die Belastbarkeit der jeweiligen Verbrauchsdaten noch weiter zu konkretisieren.

Zur Unterscheidung der Art der Verbrauchszählung wurde eine Systematik verwendet, die eine Einordnung der **Verbrauchsdatenerfassung in 5 Kategorien** von Verbrauchszählern (VZ) entsprechend Abbildung 5 vorsieht. Während die Kategorie VZ 1 für eine sehr gute Datenqualität steht, signalisieren höhere Nummern eine eingeschränkte (VZ 2, VZ 3) bzw. keine Verwendbarkeit (VZ 4, VZ 5) der Daten.

<sup>10</sup> Insgesamt lag zum Wasserverbrauch nur eine geringe Datenmenge vor. Die diesbezügliche Art der Verbrauchszählung wurde daher nicht näher betrachtet.



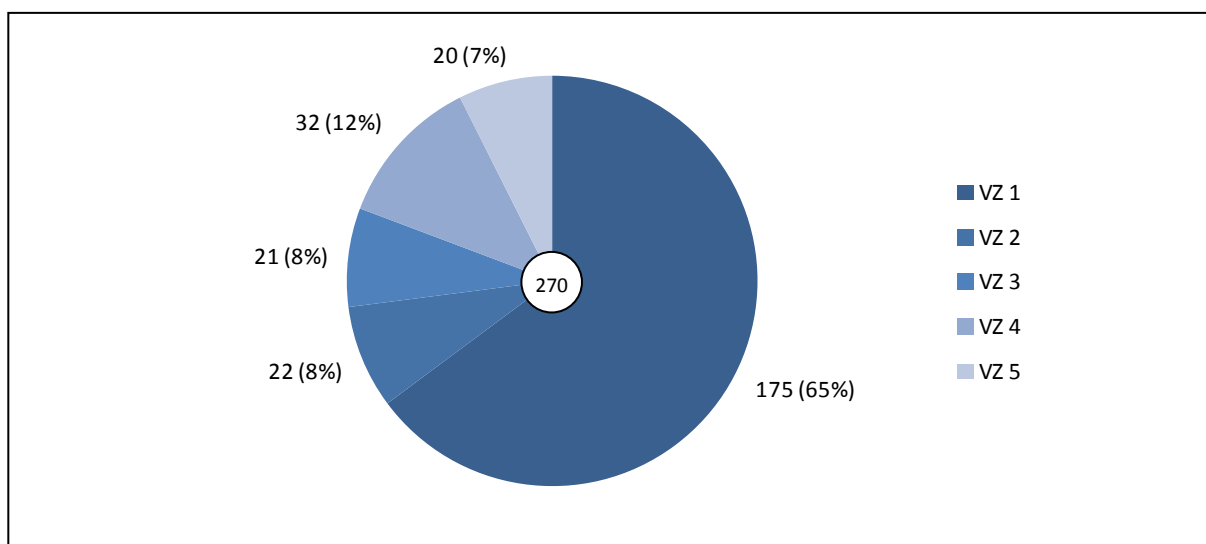
| Kategorie | Beschreibung   |
|-----------|--|
| VZ 1      | <b>Gebäudegenaue Verbrauchszähler</b> im Gebäude vorhanden.  |
| VZ 2      | <b>Nur ein Gebäude mit Verbrauch:</b> Kein gebäudegenauer Verbrauchszähler, aber gebäudegenauer Verbrauch erfassbar, da die restlichen Gebäude der Liegenschaft keinen Verbrauch aufweisen, z.B. Garagen oder die Liegenschaft besteht aus nur einem Gebäude.  |
| VZ 3      | <b>Nur eine Nutzungsart der Liegenschaft:</b> Kein gebäudegenauer Verbrauchszähler, aber über die Flächenanteile der Gebäude einer Liegenschaft ist eine Aufteilung auf die einzelnen Gebäude möglich, da die Gebäude die gleiche Nutzung aufweisen.   |
| VZ 4      | <b>Ermittlung nicht bekannt:</b> Kein gebäudegenauer Verbrauchszähler, aber dennoch liegt ein Verbrauchswert für das Gebäude vor, jedoch dessen Ermittlung ist nicht eindeutig nachvollziehbar (z.B. historische Angaben) oder es ist unklar, ob der Wert wirklich für ein Gebäude oder die gesamte Liegenschaft gilt. |
| VZ 5      | <b>Keine Angaben vorhanden:</b> Eine Zuordnung ist nicht möglich, da keine genaueren Informationen vorliegen.  |

**Abbildung 5: Kategorien der Belastbarkeit der Verbrauchsdaten.**

Quelle: Eigene Darstellung.

Jedes der untersuchten Gebäude wurde in eine der Kategorien eingeordnet. Hierfür konnte auf Informationen zu eingebauten Verbrauchszählern in einzelnen Gebäuden zurückgegriffen werden (VZ 1). Lag diese Information nicht vor, konnten bei mehreren Objekten die Liegenschaftsverwaltungen vor Ort eine entsprechende Auskunft erteilen. Waren keine genauere Information verfügbar, wurde die VZ 5 angegeben. Auch Datensätze, deren Herkunft unbekannt und nicht nachprüfbar war, wurden dieser Kategorie zugewiesen. Erst diese strenge Einschränkung ermöglicht es, bei den entsprechend ausgewählten Datensätzen (VZ 1 bis VZ 3) von belastbaren Informationen zu sprechen.

Die **Auswertung der Gebäudedatensätze** ergibt das Bild der Abbildung 6. Bei 65 % der insgesamt 270 Gebäude sind Verbrauchszähler im Gebäude installiert. Bei diesen Gebäuden ist von einer entsprechend hohen Belastbarkeit der Verbrauchsdaten auszugehen. Die ebenfalls noch den belastbaren Daten zugerechneten Kategorien VZ 2 und VZ 3 sind mit je 8 % in geringerem Umfang gegeben. In die Kategorien VZ 4 mit wenig belastbaren Daten und VZ 5 mit nicht vorhandenen Daten sind zusammen 19 % der Datensätze einzuordnen.



**Abbildung 6: Kategorisierung der Belastbarkeit der Verbrauchsdaten.**

Quelle: Eigene Darstellung.

In der **Zusammenfassung** sind demnach für 218 Gebäude bzw. 81 % aller untersuchten Gebäude belastbare Verbrauchsdaten (VZ 1-3) verfügbar. Es ist davon auszugehen, dass durch weitere detaillierte Nachforschungen die Anzahl der Datensätze mit belastbaren Verbrauchsdaten noch weiter erhöht werden kann. Auch der laufende Einbau neuer Zähler wird die Quote in Zukunft stetig weiter verbessern.<sup>11</sup>

## 2.5 Kategorisierung der Datenqualität

Neben der Art der Verbrauchszählung können auch weitere Informationen über die Qualität der Eingangsdaten für die Auswertung nutzbar gemacht werden. Es bietet sich an, ein Mindestmaß an Datenqualität zu definieren, das Datensätze als Voraussetzung der Weiterverarbeitung aufweisen sollten. Unter dem Aspekt der **Vollständigkeit** der Datensätze wurden die folgenden Kriterien geprüft, die für die späteren Auswertungen und Berechnungen zwingend erforderlich sind:

- **Postleitzahl:** Ist bekannt, in welchem Postleitzahl-Gebiet das Gebäude liegt, um die Witterungsereinigung der Heizenergieverbräuche durchführen zu können?
- **Flächenangabe:** Sind verwertbare Flächenangaben gegeben, um die Energiebezugsfläche ermitteln zu können?
- **Verbrauch:** Liegen für mindestens drei zusammenhängende Jahre Heizenergie- und Stromverbräuche vor?<sup>12</sup>

Die in dieser Form als Mindestinformation geforderten Daten liegen bei 218 der 270 betrachteten Gebäude vor (vgl. Abbildung 7, linke Seite). Da die abgefragten Mindestdaten zwingend erforderlich sind, um die weiteren Auswertungen durchführen zu können, werden nur die 218 Objekte in den weiteren Untersuchungsschritten berücksichtigt.

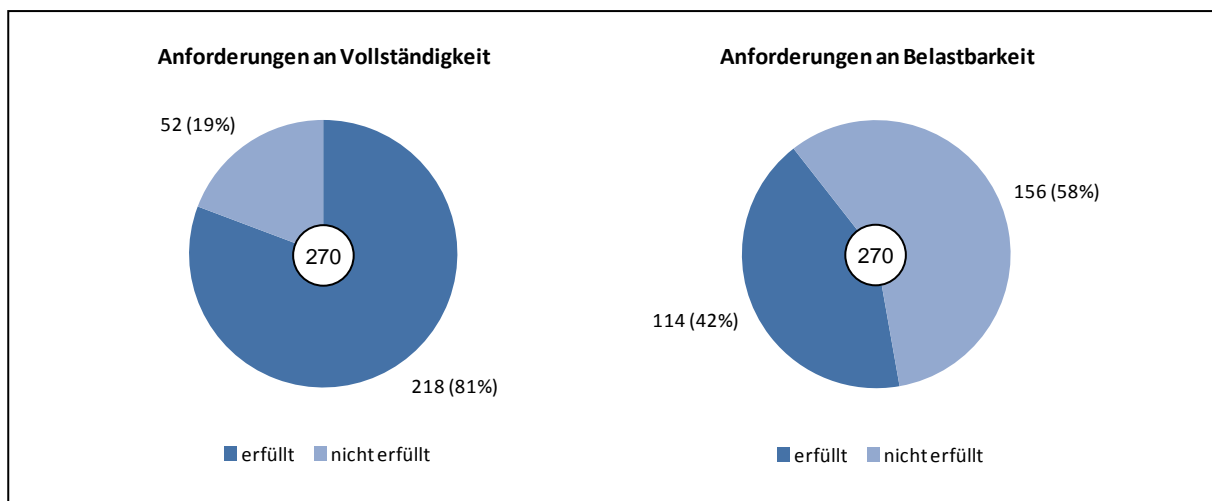
<sup>11</sup> Vgl. Abschnitt 5.2.

<sup>12</sup> Ggf. ergänzt um Daten zum Wasserverbrauch. Im Forschungsprojekt standen Heizwärme- und Stromverbräuche im Fokus.

In einem weiteren Untersuchungsschritt wurden zusätzliche Merkmale erhoben, um die **Belastbarkeit** der Gebäudeangaben einzuschätzen. Diese Angaben helfen dabei, die Einschätzung der Datenqualität weiter zu verfeinern. Sie werden aber nicht als Ausschlusskriterien verwendet.

- **Einzelgebäude:** Beziehen sich die zu verwendenden Angaben auf ein einzelnes Gebäude?
- **Art der Verbrauchszählung:** Liegt eine Verbrauchszählung entsprechend den definierten Kategorien VZ 1 bis VZ 3 vor?
- **Prüfung der Gebäudeverwaltung:** Ist eine Prüfung und ggf. Korrektur der Angaben durch die zuständige Liegenschaftsverwaltung vor Ort, z.B. einer Hochschule, vorgenommen wurden?

Die Auswertung zur Belastbarkeit der Daten zeigt, dass 114 Gebäude (42 %) die Anforderungen in vollem Maße erfüllen. Die anderen 156 Gebäude erfüllen eine oder mehrere der Bedingungen nicht (vgl. Abbildung 7, rechte Seite). Bei knapp der Hälfte der Datensätze (74 Gebäude) fehlt allein die Prüfung durch die zuständigen Gebäudeverwaltungen. Bezogen auf die insgesamt 270 untersuchten Gebäude ist dies immerhin ein Anteil von 27 %. Insbesondere aus Zeit- und Aufwandsgründen war es im Rahmen dieser Untersuchung nicht möglich, zu allen Gebäuden die jeweiligen zuständigen Verwaltungsstellen zu konsultieren. Durch entsprechende Maßnahmen könnte der Anteil der als belastbar geltenden Datensätze kurzfristig deutlich erhöht werden.



**Abbildung 7: Prüfung von Vollständigkeit und Belastbarkeit der Daten.**

Quelle: Eigene Darstellung.

Die Ergebnisse zur Vollständigkeit und Belastbarkeit der Datensätze wurden in einer Einschätzung zur **Datenqualität** zusammengeführt. Im Ergebnis werden **drei Kategorien** unterschieden. Die Gebäude der Kategorie 1 erfüllen alle Anforderungen an Vollständigkeit und Belastbarkeit, sodass aussagekräftige Ergebnisse ableitbar sind. Für die Gebäude der Kategorie 2 sind zwar ebenfalls Daten im Mindestumfang gegeben, sie haben aber den Belastungstest nicht vollständig bestanden. Schlussfolgerungen auf der Basis dieser Daten sind mit einer höheren Unsicherheit versehen. Gebäude, zu denen der geforderte Mindestumfang im Hinblick auf die geforderte Vollständigkeit nicht vorlag, wurden der Kategorie 3 zugeordnet. Die Verteilung der Gebäude auf diese drei gebildeten Kategorien der Datenqualität zeigt die Abbildung 8.

| Kategorien der Datenqualität | Anforderungen an Vollständigkeit | Anforderungen an Belastbarkeit | Anzahl Gebäude ( $\Sigma$ 270) | Anteil | Weitere Betrachtung |
|------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|---------------------|
| 1                            | voll erfüllt                     | voll erfüllt                   | 107                            | 40 %   | ja                  |
| 2                            | voll erfüllt                     | nicht voll erfüllt             | 111                            | 41 %   | ja                  |
| 3                            | nicht voll erfüllt               | nicht voll erfüllt             | 52                             | 19 %   | Nein                |

**Abbildung 8: Kategorien der Datenqualität.**

Quelle: Eigene Darstellung.

In die **weiteren Betrachtungen** werden die **218 Datensätze** der Kategorie 1 und 2 (81 %) mit vollständiger bzw. eingeschränkter Belastbarkeit der Eingangswerte einbezogen. Die Unterscheidung beider Kategorien ist bei den Objekten hinterlegt, um Rückschlüsse in Abhängigkeit der Datenqualität zu ermöglichen. Auf einen Ausweis der Datenqualität wird im Folgenden aber unter dem Aspekt der Übersichtlichkeit verzichtet. Die Gebäude der Kategorie 3, die keine ausreichende Datenbasis aufweisen, werden in den Auswertungen nicht berücksichtigt. Bei zukünftiger Verbesserung der Datenlage ist eine nachträgliche Einbeziehung dieser Gebäude in die Auswertungen möglich.

### 3. Datenaufbereitung

Um die verfügbaren Daten auswerten zu können, waren die Informationen aufzubereiten. Im Folgenden werden zunächst die einzelnen Schritte skizziert, die zur Ermittlung der **Energieverbrauchskennwerte** der einzelnen Gebäude erforderlich waren.

Um die ermittelten Energieverbrauchskennwerte beurteilen und mögliche Einsparungen abschätzen zu können, bedarf es im Weiteren einer Gegenüberstellung mit empfohlenen bzw. vorgegebenen Kenngrößen.<sup>13</sup> Diese sog. **Vergleichswerte** stehen sowohl für den Heizenergie- als auch für den Strom- und Wasserverbrauch zur Verfügung. Der Schwerpunkt wurde in der vorliegenden Studie auf den Heiz- und Stromverbrauch gelegt. Der Wasserverbrauch wurde aufgrund einer diesbezüglich geringen erhobenen Datenmenge vernachlässigt, könnte aber als weiterer Schritt in Zukunft ergänzt werden.

Insgesamt wird in diesem Kapitel ein Überblick über die **Analysemethodik** gegeben, die der darauffolgenden Auswertung der Daten zugrunde gelegt wurde. Neben der Ermittlung der Verbrauchskennwerte und der Vergleichswerte schließt dies auch die Ermittlung des Energieeinsparpotenzials ein.

#### 3.1 Witterungsbereinigung

Durch den starken Einfluss von Außentemperaturbedingten Einflüssen ist deren Bereinigung zur Herstellung der Vergleichbarkeit der Heizenergieverbrauchswerte notwendig. Beim Stromverbrauch ist hingegen keine derartige Bereinigung erforderlich. Durch eine Witterungsbereinigung werden die Heizenergieverbrauchswerte verschiedener Jahre und in verschiedenen Regionen vergleichbar. Bei der Witterungsbereinigung der Heizenergieverbrauchswerte wurde entsprechend der Bekanntmachung des BMVBS vorgegangen.<sup>14</sup> Die Umrechnung nach Formel 1 sowie das weitere Vorgehen sind Voraussetzung für die Nutzung der vom BMVBS herausgegebenen Vergleichswerte.<sup>15</sup> Zu berücksichtigen ist, dass ergänzend zu der nachstehenden Ermittlung des Verbrauchskennwertes für die Heizung der Wärmebedarf für die zentrale Warmwasseraufbereitung separat zu berücksichtigen ist (vgl. Abschnitt 3.4).

$$e_{Vhb,12mth,i} = \frac{E_{Vh,12mth,i} \cdot f_{Klima,12mth,i}}{A_{NGF}} \quad (1)$$

Legende:

$e_{Vhb,12mth,i}$  Witterungsbereinigter Energieverbrauchskennwert für Heizung für einen Zeitabschnitt i in kWh/(m<sup>2</sup>\*a)

$E_{Vh,12mth,i}$  Energieverbrauchsanteil für Heizung in dem maßgeblichen Zeitabschnitt i in kWh/a

$A_{NGF}$  Energiebezugsfläche in m<sup>2</sup>

$f_{Klima,12mth,i}$  Klimafaktor für den Zeitabschnitt i

i Zählindex von 1 bis n, mit  $n \geq 3$

**Formel 1: Witterungsbereinigter Energieverbrauchskennwert für Heizung für einen Zeitabschnitt.**

Quelle: BMVBS (2009a), S. 8.

<sup>13</sup> Vgl. AMEV (2010), S. 18 ff.

<sup>14</sup> Vgl. BMVBS (2009a), S. 8.

<sup>15</sup> Vgl. zur Energiebezugsfläche Abschnitt 3.3.

Entsprechend der Formel wurden die Wetterdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) angesetzt. Der DWD stellt sog. Klimafaktoren bereit, die auch zur Erstellung von Energieausweisen verwendet werden.<sup>16</sup> Zur Ermittlung der jeweiligen Klimafaktoren für die einzelnen Objekte wurden die folgenden Eingangsgrößen berücksichtigt:

- **Postleitzahl:** zur Bestimmung des Ortes bzw. der Region und Zuordnung der dort von Wetterstationen gemessenen Witterungsbedingungen
- **Jahr:** um dem Verbrauch in den einzelnen Jahren die jeweils in diesem Jahr herrschenden Klimabedingungen zuordnen zu können
- **Bezugszeitraum:** um die Verbrauchsdaten für alle Objekte gleichermaßen für das Kalenderjahres von Januar bis Dezember angeben zu können

Für die Umrechnung wurde mit Hilfe eines Tabellenkalkulationsprogramms eine Übersicht erstellt, die jedem einzelnen Objekt entsprechend seinen Eingangsdaten die zugehörigen Klimafaktoren zuordnet und den Heizenergieverbrauch nach Klimabereinigung ausgibt.

### 3.2 Zeitliche Bereinigung

Die Verbrauchsdaten sind jeweils jahresweise anzugeben. Um den Vergleich zwischen mehreren Objekten zu ermöglichen, ist darauf zu achten, dass die Verbrauchserfassung an einem einheitlichen Stichtag erfolgt. Zu dem hier betrachteten Immobilienportfolio wurden alle Werte mit Stichtag zum 1. Januar angegeben, wodurch keine zusätzlichen Umrechnungen erforderlich wurden.

### 3.3 Ermittlung der Energiebezugsfläche

Eine weitere Voraussetzung für aussagekräftige Untersuchungsergebnisse ist die Verwendung einer einheitlichen Bezugsfläche. Als Bezugsfläche empfiehlt sich die Summe der beheizbaren Brutto-Grundflächen (BGF)<sup>17</sup> bzw. Netto-Grundflächen (NGF) eines Gebäudes. Aufgrund der größeren Verbreitung und der Empfehlung des BMVBS wird die NGF als Bezugsfläche verwendet.<sup>18</sup>

Lagen Angaben nur als Brutto-Grundfläche (BGF), Nutzfläche (NF) oder Hauptnutzfläche (HNF) vor, erfolgte entsprechend den Vorgaben des BMVBS eine Umrechnung. In der nachstehenden Tabelle wird in einem Ausschnitt die Ermittlung der Energiebezugsfläche mittels definierter Umrechnungsfaktoren in Abhängigkeit der vorliegenden BWZK-Gruppe gezeigt. Die vollständige Tabelle ist im Anhang 4 einzusehen.

---

<sup>16</sup> Vgl. die vom Deutschen Wetterdienst (DWD) herausgegebenen Klimafaktoren unter [www.dwd.de/klimafaktoren](http://www.dwd.de/klimafaktoren).

<sup>17</sup> Vgl. VDI 3807 Blatt 1 (2007), S. 16.

<sup>18</sup> Vgl. BMVBS (2009a), S. 20.

| Ziffer nach BWZK | Gebäudekategorie   | Faktoren für die Umrechnung zur Energiebezugsfläche $A_{NGF}$ |      |     |      |
|------------------|--|---|------|-----|------|
|                  |  | HNF   | NF   | NGF | BGF  |
| 1100             | Parlamentsgebäude  | 1,97  | 1,54 | 1   | 0,85 |
| 1200             | Gerichtsgebäude  | 1,68  | 1,41 | 1   | 0,83 |
| 1300             | Verwaltungsgebäude   | 1,71  | 1,4  | 1   | 0,85 |
| 1312             | Ämtergebäude   | 1,64  | 1,38 | 1   | 0,84 |
| 1315             | Finanzämter  | 1,62  | 1,41 | 1   | 0,85 |
| 1320             | Verwaltungsgebäude mit höherer technischer Ausstattung     | 1,75  | 1,33 | 1   | 0,86 |
| 1340             | Polizeidienstgebäude                                       | 1,78  | 1,38 | 1   | 0,84 |
| 1342             | Polizeiinspektionen, Kommissariate, Kriminalämter, Reviere | 1,76  | 1,4  | 1   | 0,83 |
| 1350             | Rechenzentren  | 1,73  | 1,54 | 1   | 0,88 |
| 2000             | Gebäude für wissenschaftliche Lehre                        | 1,74  | 1,56 | 1   | 0,88 |
| 2100             | Hörsaalgebäude   | 1,91  | 1,64 | 1   | 0,88 |
| 2200             | Institutsgebäude für Lehre und Forschung                   | 1,7   | 1,54 | 1   | 0,89 |

**Abbildung 9: Flächenumrechnungsfaktoren zur Berechnung zur Energiebezugsfläche (Ausschnitt)**

Quelle: Eigene Darstellung unter Verwendung BMVBS (2009a), S. 20 ff.

### 3.4 Ermittlung der Verbrauchskennwerte

Unter dem Oberbegriff der Verbrauchskennwerte werden die flächenbezogenen Kennwerte eines Gebäudes zusammengefasst. Es werden Verbrauchskennwerte für die Heizenergie, die elektrische Energie (Strom) und den Wasserverbrauch eines Jahres unterschieden. Bezugsgröße ist in der Regel die Energiebezugsfläche.

Speziell für die Ermittlung des Verbrauchskennwertes für die Heizenergie ist zwischen der Heizung und der zentralen Warmwasseraufbereitung zu unterscheiden. Vereinfachend wurde für den Anteil des Wärmeverbrauchs für Warmwasser ein Pauschalwert von 5 % des gemessenen jährlichen Energieverbrauchs für Heizung und zentrale Warmwasseraufbereitung eines Gebäudes angesetzt.<sup>19</sup> Für einen einzelnen Zeitabschnitt ergibt sich der Heizenergieverbrauchskennwert wie folgt:

$$e_{Vb,12mth,i} = e_{Vhb,12mth,i} + \frac{E_{VWW,12mth,i}}{A_{NGF}} \quad (2)$$

Legende:

- $e_{Vb,12mth,i}$  Witterungsbereinigter Heizenergieverbrauchskennwert für Heizung und zentrale Warmwasseraufbereitung in dem maßgebenden Zeitabschnitt  $i$  in kWh/(m<sup>2</sup>\*a)
- $e_{Vhb,12mth,i}$  Witterungsbereinigter Energieverbrauchskennwert für Heizung in dem maßgeblichen Zeitabschnitt  $i$  in kWh/(m<sup>2</sup>\*a)
- $E_{VWW,12mth,i}$  Energieverbrauchsanteil für zentrale Warmwasseraufbereitung in dem maßgeblichen Zeitabschnitt  $i$  in kWh/a
- $A_{NGF}$  Energiebezugsfläche in m<sup>2</sup>
- $i$  Zählindex von 1 bis  $n$

#### **Formel 2: Witterungsbereinigter Heizenergieverbrauchskennwert für Heizung und Warmwasser für einen Zeitabschnitt.**

Quelle: BMVBS (2009a), S. 8.

<sup>19</sup> Vgl. die gleichlautende Empfehlung in BMBVS (2009a), S. 5.

Die Verbrauchswerte eines Gebäudes unterliegen verschiedenen Einflüssen. Möglichen Verfälschungen durch Witterungseinflüsse kann durch die Berücksichtigung der Klimafaktoren entgegengetreten werden.<sup>20</sup> Doch eine Vielzahl weiterer Einflussfaktoren kann nicht auf diese Weise erfasst werden. Als weitere wesentliche Einflüsse sind z.B. das Nutzerverhalten, die Nutzungsintensität, die technische Ausstattung oder der bauliche Wärmeschutz zu nennen. **Schwankungen** der Verbrauchswerte unabhängig vom Wetter sind daher zwangsläufig vorhanden.

Um dergleichen atypische jährliche Schwankungen auszugleichen bzw. zumindest abzumildern, geht der Verbrauchswert in den Verbrauchskennwert als Durchschnittswert ein. Typischerweise werden die Verbrauchsdaten aus den **letzten drei Jahren** entsprechend gemittelt.<sup>21</sup> Durch die Gegenüberstellung des arithmetischen Mittels des Verbrauchs und der Bezugsfläche errechnet sich der Verbrauchskennwert gleichermaßen für Heizwärme, Strom und Wasser eines Gebäudes.

Der **witterungsbereinigte Heizenergieverbrauchskennwert** ergibt sich demnach gemäß Formel 3 als Durchschnittswert der witterungsbereinigten Heizenergieverbrauchskennwerte der Zeitabschnitte. Für die Ermittlung des Stromverbrauchskennwertes wird gleichermaßen vorgegangen, wobei auf die Witterungsbereinigung mit dem Klimafaktor zu verzichten ist.

$$e_{vb} = \frac{\sum_{i=1}^n e_{vb,12mth,i}}{n} \quad (3)$$

Legende:

|                  |  |
|------------------|--|
| $e_{vb}$         | Witterungsbereinigter Heizenergieverbrauchskennwert in kWh/(m <sup>2</sup> *a)   |
| $e_{vb,12mth,i}$ | Witterungsbereinigter Heizenergieverbrauchskennwert für Heizung und zentrale Warmwasseraufbereitung in dem maßgeblichen Zeitabschnitt i in kWh/(m <sup>2</sup> *a) |
| n                | Anzahl der Zeitabschnitte; mit n ≥ 3   |
| i                | Zählindex von 1 bis n  |

### Formel 3: Witterungsbereinigter Heizenergieverbrauchskennwert.

Quelle: BMVBS (2009a), S. 8.

## 3.5 Ermittlung der Vergleichswerte nach BMVBS

Als Benchmark wurden den ermittelten Verbrauchsdaten die durch das BMVBS veröffentlichten Vergleichswerte gegenübergestellt. Es wurden die diesbezüglich 2007 und 2009 erschienenen Veröffentlichungen herangezogen. Bei den ausgewiesenen Kennwerten wird zwischen Mittel- und Vergleichswerten unterschieden. Beide Kennwerte dienen als **Vergleichsmaßstab** für die gemessenen Verbrauchskennwerte öffentlicher Gebäude. Damit lässt sich der Energieverbrauch eines Gebäudes in einer ersten Indikation einschätzen. Gegenüber der letzten Version der Bekanntmachung aus dem Jahr 2007 zeigt sich eine deutliche Verschärfung der Anforderungen.<sup>22</sup>

<sup>20</sup> Vgl. Abschnitt 3.

<sup>21</sup> Vgl. BMVBS (2009a), S. 7: Drei Jahre sind die Mindestvorgabe. Es kann auch ein längerer Zeitraum gewählt werden.

<sup>22</sup> Darüber hinaus ist die Nutzung weiterer spezifischer Kennwerte für Gebäudearten aus der Fachliteratur möglich, Vorschläge hierfür sind in AMEV (2010), S. 19 enthalten. Auch in der VDI 3807 Blatt 2 sind entsprechende Benchmarks enthalten, die allerdings aus dem Jahr 1998 stammen.



| Begriff            | Beschreibung  |
|--------------------|---|
| Verbrauchskennwert | Messwert (Kennwert für ein Gebäude auf Basis von messtechnisch erfassten Verbrauchsdaten) |
| Mittelwert         | Benchmark (Erfahrungswert auf der Grundlage der EnEV 2007)                                |
| Vergleichswert     | Benchmark (Zielgröße bzw. Richtwert nach EnEV 2009)                                       |

**Abbildung 10: Begriffsübersicht.**

Quelle: Eigene Darstellung unter Verwendung von BMVBS (2009a).

Die vom BMVBS veröffentlichten **Mittelwerte** stellen Erfahrungswerte dar, die auf der Grundlage der Auswertung einer Vielzahl von Projekten über mehrere Jahre abgeleitet wurden (vgl. Abbildung 10). Sie geben einen Durchschnittswert für die jeweilige Gebäudeart wieder. Die Fortschreibung der Datenbasis wird auch daran deutlich, dass die Angaben von den ursprünglichen Vorgaben aus dem Jahr 2007 abweichen.<sup>23</sup> Als Vergleichswerte sind die Angaben bei der Ausstellung von Energieausweisen zu verwenden, wenn der Energieverbrauch nach EnEV 2007 ermittelt wird.<sup>24</sup>

Im Gegensatz dazu stellen die **Vergleichswerte** nach EnEV 2009 vom Gesetzgeber vorgegebene Zielgrößen dar, die als Richtwerte fungieren. Diese Vorgabe gilt als erreichbar, wenn Gebäude einer umfangreichen Sanierungsmaßnahme unterzogen oder erst vor wenigen Jahren errichtet wurden. Wird der vorgegebene Wert sogar übertroffen, weist das entsprechende Gebäude einen überdurchschnittlich guten Verbrauchswert auf.

| Ziffer nach BWZK | Gebäudekategorie   | Gebäudegröße (Nettogrundfläche) [m <sup>2</sup> ] | Mittelwerte = Vergleichswerte nach EnEV 2007 |       | Vergleichswerte nach EnEV 2009           |       |
|------------------|--|---|--|-------|--|-------|
|                  |  |   | Heizung und Warmwasser                       | Strom | Heizung und Warmwasser                   | Strom |
|                  |  |   | [kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> ·a)]     |       | [kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> ·a)] |       |
| 1                | 2  | 3   | 4  | 5     | 6  | 7     |
| 1100             | Parlamentsgebäude  | beliebig  | 100  | 55    | 70                                       | 40    |
| 1200             | Gerichtsgebäude  | ≤ 3.500   | 125  | 25    | 90                                       | 20    |
|                  |  | > 3.500   | 100  | 35    | 70                                       | 25    |
| 1300             | Verwaltungsgebäude, normale technische Ausstattung (ohne BWZK Nr. 1311, 1320, 1340 und 1350) | ≤ 3.500   | 115  | 30    | 80                                       | 20    |
|                  |  | > 3.500   | 120  | 45    | 85                                       | 30    |

**Abbildung 11: Mittelwerte EnEV 2007 und Vergleichswerte EnEV 2009 für Gebäude, die nach dem Bauwerkszuordnungskatalog kategorisiert sind (Ausschnitt).**

Quelle: BMVBS (2009a), S. 22 ff.

Da der Energieverbrauch in hohem Maße von der **Art der Nutzung** und der Größe der **Gesamtfläche** eines Gebäudes bestimmt wird, sind die Kennwerte in Abhängigkeit dieser beiden Größen angegeben. Die Strukturierung erfolgt entsprechend den Gebäudekategorien des Bauwerkszuordnungskata-

<sup>23</sup> Vgl. BMVBS (2007), S. 14 ff.

<sup>24</sup> Vgl. BMVBS (2009a), S. 22.

logs (BWZK). Für jedes Gebäude ist die zutreffende BWZK-Kategorie und die Flächengröße (< / > 3.500 m<sup>2</sup> NGF) auszuwählen und aus Abbildung 11 der dafür geltende Mittel- sowie Vergleichswert abzulesen. Die vollständige Tabelle ist im Anhang 5 abgebildet.

In Abbildung 12 sind die Ergebnisse dieses Untersuchungsschrittes für eine Auswahl von Gebäuden dargestellt. Für jedes der Gebäude ist einzeln angegeben, ob die zugeordneten Mittel- und Vergleichswerte erfüllt wurden oder nicht. Die vollständige Liste umfasst alle der 270 untersuchten Gebäude, für welche die erforderlichen Daten vorlagen. Objekte mit einer unvollständigen Datenbasis können nach Ergänzung der benötigten Informationen mit geringem zusätzlichem Aufwand in die Auswertungen einbezogen werden.

| Ifd.-Nr. | BWZK | Energiebezugsfläche | Verbrauch Wärme       |   | Benchmark Wärme laut BMVBS (2009a)          |   | Mittelwerte Heizung & WW (EnEV 2007) [kWh/m <sup>2</sup> a] |                         | Vergleichswert Heizung & WW (EnEV 2009) [kWh/m <sup>2</sup> a] |                         |
|----------|------|---------------------|-----------------------|---|---|---|---|-------------------------|--|-------------------------|
|          |      |                     | 3-Jahres-Wert [kWh/a] | Verbrauchskennwert [kWh/m <sup>2</sup> a] | Mittelwert EnEV 2007 [kWh/m <sup>2</sup> a] | Vergleichswert EnEV 2009 [kWh/m <sup>2</sup> a] | <= 3.500 m <sup>2</sup>                                     | >= 3.500 m <sup>2</sup> | <= 3.500 m <sup>2</sup>  | >= 3.500 m <sup>2</sup> |
| 1        | 6300 | 4.947               | 632.813               | 128                                       | erfüllt                                     | nicht e.  | 150   | 150                     | 105  | 105                     |
| 2        | 1350 | 1.362               | 308.742               | 227                                       | nicht e.                                    | nicht e.  | 125   | 125                     | 90   | 90                      |
| 3        | 2210 | 2.620               | 538.731               | 206                                       | nicht e.                                    | nicht e.  | 125   | 120                     | 90   | 85                      |
| 4        | 2100 | 2.255               | 463.808               | 206                                       | nicht e.                                    | nicht e.  | 115   | 115                     | 90   | 90                      |
| 5        | 2200 | 3.157               | 692.434               | 219                                       | nicht e.                                    | nicht e.  | 150   | 150                     | 105  | 105                     |
| 6        | 2000 | 3.691               | 272.141               | 74  | erfüllt                                     | erfüllt   | 115   | 120                     | 80   | 85                      |
| 7        | 2200 | 1.519               | 187.828               | 124                                       | erfüllt                                     | nicht e.  | 150   | 150                     | 105  | 105                     |
| 8        | 2210 | 5.256               | 507.600               | 97  | erfüllt                                     | nicht e.  | 125   | 120                     | 90   | 85                      |
| 9        | 9130 | 18.622              | 1.322.616             | 71  | erfüllt                                     | nicht e.  | 80  | 80                      | 55   | 55                      |

Abbildung 12: Vergleichswerte für Heizwärme- und Stromverbrauch (Ausschnitt).

Quelle: Eigene Darstellung.

### 3.6 Ermittlung der Energieeffizienz-Klassen nach IEMB

Mit Hilfe der vom BMVBS veröffentlichten Kennzahlen kann eingeschätzt werden, ob der bei einem Nichtwohngebäude gemessene Energieverbrauch über bzw. unter dem Mittelwert liegt und ob der Vergleichswert erreicht wird. Eine genauere Einschätzung ist nicht möglich. Auch auf einem verbrauchsorientierten Energieausweis werden nur der Verbrauchskennwert und der zugehörige Vergleichswert zur Anzeige der Energieeffizienz verwendet. Auf der **Farbskala** des Bandtachos, die von grün bis rot reicht, ist das Ablesen der konkreten Energieeffizienz kaum möglich.<sup>25</sup>

Eine Möglichkeit für eine übersichtlichere und aussagekräftigere Angabe zur Energieeffizienz stellt die Einstufung in **Energieeffizienz-Klassen** dar. Dieses Konzept ist in der europäischen Normung weit verbreitet.<sup>26</sup> Bei Haushaltsgeräten ist das Klassenlabel ein eingeführter und bewährter Standard. Daraus ist die Methodik auch den Bürgern bekannt, welche die Zielgruppe der Aushangpflicht bei öffentlichen Gebäuden darstellen. Mit dem Klassenlabel ist die Energieeffizienz deutlich leichter zu kommunizieren: So ist z.B. die Einordnung als „Klasse B“ besser verständlich als die Anordnung „ziemlich weit links auf dem Bandtacho“. Das Beispiel der Abbildung 13 zeigt die Klassengrenzen für die BWZK-Gruppe „1310 Verwaltungsgebäude mit normaler technischer Ausstattung“. Die Kompatibilität zu den Vorgaben des BMVBS ist durch die Verwendung der Netto-Grundfläche (NGF) gegeben.

<sup>25</sup> Vgl. den Bandtacho eines verbrauchsorientierten Energieausweises für NGW in Anhang 3.

<sup>26</sup> Vgl. Deutscher Städtetag (2007), S. 4.

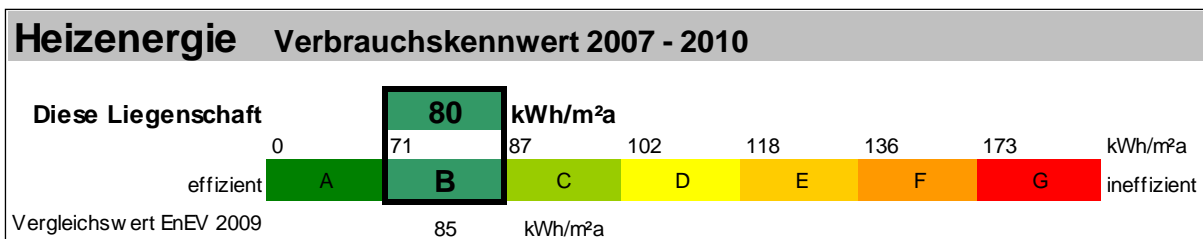


Abbildung 13: Beispiel für Energieeffizienz-Klassen.

Quelle: Lindner (2006); Frankfurt a.M. (2010).

Daher wurden neben den Mittel- und Vergleichswerten des BMVBS zusätzlich die Erfahrungswerte des Instituts für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V. (IEMB) zum Vergleich herangezogen.<sup>27</sup> Bis Ende 2006 hat das IEMB im Auftrag des BMBVS **13.600 Datensätze aus Bund, Ländern und Kommunen** ausgewertet.<sup>28</sup> Eine Aktualisierung der Datenlage über diesen Stichtag hinaus ist zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht bekannt, sodass auf dieser Datenbasis aufgesetzt wurde.<sup>29</sup>

Die Daten wurden statistisch aufbereitet und so verteilt, dass in jeder Klasse die gleiche Anzahl an Objekten enthalten ist. Dadurch ergibt sich eine unterschiedliche „Bandbreite“ der Segmente der Gesamtskala, die als „Klassen“ bezeichnet werden. Bezogen auf die oben stehende Abbildung ist die Bandbreite der Klasse „B“ mit 71 bis 86 KWh/m²a z.B. deutlich geringer als Klasse „A“ mit 1 bis 70 KWh/m²a.

Datenquelle: Datensammlung des IEMB Stand: 09.11.2006

| BZK  | Bauwerkszuordnung                      | Anzahl Werte | Untergrenzen der Klassen (kWh/m²a) |     |     |     |     |     |     | 2007                           |           | 2009                           |           |
|------|--|--------------|------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------------------|-----------|--------------------------------|-----------|
|      |  |              | A                                  | B   | C   | D   | E   | F   | G   | Vergleichswerte EnEV (kWh/m²a) |           | Vergleichswerte EnEV (kWh/m²a) |           |
|      |  |              | 0                                  | 71  | 87  | 102 | 118 | 136 | 173 | <=3.500 m²                     | >3.500 m² | <=3.500 m²                     | >3.500 m² |
| 1100 | Parlamentsgebäude                      | 27           | 0                                  | 87  | 99  | 104 | 121 | 124 | 138 | 111                            | 111       | 70                             | 70        |
| 1200 | Gerichtsgebäude                        | 688          | 0                                  | 73  | 89  | 104 | 116 | 133 | 164 | 117                            | 100       | 90                             | 70        |
| 1300 | Verwaltungsgebäude                     | 4.034        | 0                                  | 74  | 91  | 109 | 126 | 149 | 190 | 134                            | 115       | 80                             | 85        |
| 1310 | Verwaltungsgeb. m. norm. techn. Ausst. | 2.116        | 0                                  | 71  | 87  | 102 | 118 | 136 | 173 | 125                            | 110       | 80                             | 85        |
| 1313 | Rathäuser                              | 49           | 0                                  | 81  | 105 | 136 | 146 | 181 | 242 | 175                            | 150       | 80                             | 85        |
| 1320 | Verwaltungsgeb. m. höh. techn. Ausst.  | 155          | 0                                  | 80  | 91  | 108 | 121 | 146 | 183 | 130                            | 130       | 85                             | 85        |
| 1340 | Polizeidienstgebäude                   | 1.424        | 0                                  | 79  | 102 | 119 | 139 | 163 | 210 | 148                            | 125       | 90                             | 90        |
| 1350 | Rechenzentren                          | 10           | 0                                  | 37  | 92  | 94  | 109 | 118 | 182 | 101                            | 125       | 90                             | 90        |
| 2000 | Geb. f. wiss. Lehre u. Forschung       | 1.008        | 0                                  | 77  | 102 | 122 | 145 | 177 | 241 | 162                            | 145       | 90                             | 90        |
| 2100 | Hörsaalgebäude                         | 41           | 0                                  | 68  | 96  | 112 | 136 | 160 | 213 | 152                            | 152       | 90                             | 90        |
| 2200 | Institutsgebäude f. Lehre u. Forsch.   | 600          | 0                                  | 78  | 102 | 125 | 143 | 176 | 252 | 165                            | 140       | 105                            | 105       |
| 2300 | Institutsgeb. f. Forsch. u. Unters.    | 153          | 0                                  | 92  | 129 | 154 | 178 | 223 | 299 | 192                            | 205       | 135                            | 135       |
| 3200 | Krankenhäuser für Akutranke            | 32           | 0                                  | 126 | 180 | 215 | 238 | 303 | 341 | 236                            | 236       | 250                            | 250       |
| 3300 | Sonderkrankenhäuser (z.B. Sucht)       | 30           | 0                                  | 201 | 256 | 277 | 314 | 345 | 389 | 294                            | 294       | 135                            | 135       |
| 3400 | Pflegeheime (Alte, Behinderte)         | 15           | 0                                  | 122 | 163 | 203 | 214 | 235 | 272 | 191                            | 191       | 135                            | 135       |
| 4000 | Schulen                                | 3.386        | 0                                  | 84  | 104 | 123 | 145 | 171 | 217 | 149                            | 125       | 105                            | 90        |
| 4100 | Allgemeinbildende Schulen              | 1.739        | 0                                  | 81  | 99  | 116 | 134 | 159 | 201 | 139                            | 125       | 105                            | 90        |

Abbildung 14: Klassengrenzen für Heizwärmeverbrauch nach IEMB.

Quelle: Stadt Frankfurt a.M. (2006).

<sup>27</sup> U.a. verwendet die Stadt Frankfurt diese Daten seit vielen Jahren zum energetischen Klassifizierung ihres Gebäudebestandes.

<sup>28</sup> Vgl. Deutscher Städtetag (2007), S. 4.

<sup>29</sup> Das einige Jahre zurückliegende Datum der Erhebung lässt vermuten, dass die Daten nicht den aktuellen Stand der Verbräuche in Deutschland widerspiegeln. Insbesondere aufgrund der landesweiten massiven Anstrengungen zur Erhöhung der Energieeffizienz ist davon auszugehen, dass die Vergleichswerte sich tendenziell reduziert haben. Aufgrund der Vorzüge in der Auswertung und mangels qualitativ gleichwertiger Alternativen wurde diese Datenbasis dennoch für die Vergleichszwecke herangezogen. Eine Aktualisierung der IEMB-Daten ist zu begrüßen und bei Beibehaltung der aufgeführten Systematik jederzeit problemlos implementierbar.

Durch die Definition von kleinteiligen Klassen wird eine deutlich genauere Einschätzung der Gebäude möglich. Abbildung 14 zeigt einen Ausschnitt mit den Klassengrenzen für Heizwärmeverbrauch in Abhängigkeit der BWZK-Gruppe. Rechts in der Tabelle sind zudem die oben bereits vorgestellten Vergleichswerte des BMVBS angegeben. Die Klassengrenzen werden durch das IEMB in gleicher Weise wie für den Heizenergieverbrauch auch für den Strom- und Wasserverbrauch bereitgestellt.

Für die untersuchten Gebäude des Freistaates Thüringen wurde eine Einordnung der Wärme- und Stromverbräuche vorgenommen. Die sich daraus ableitende Übersicht über die Verbräuche und die damit verbundene Energieeffizienz ist in Abbildung 15 für eine Auswahl an Gebäuden dargestellt.

| Ifd.-Nr. | EE-Klasse Wärme nach IEMB (2006) |   |   |   |   |   |   | Benchmark Wärme laut BMVBS (2009a) |                                    | EE-Klasse Strom nach IEMB (2006) |   |   |   |   |   |   | Benchmark Strom laut BMVBS (2009a) |                                    |
|----------|----------------------------------|---|---|---|---|---|---|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|---|---|---|---|---|---|------------------------------------|------------------------------------|
|          | A                                | B | C | D | E | F | G | Mittelwert EnEV 2007 [kWh/m²a]     | Vergleichswert EnEV 2009 [kWh/m²a] | A                                | B | C | D | E | F | G | Mittelwert EnEV 2007 [kWh/m²a]     | Vergleichswert EnEV 2009 [kWh/m²a] |
|          |                                  |   |   |   |   |   |   |                                    |                                    |                                  |   |   |   |   |   |   |                                    |                                    |
| 1        |                                  |   | C |   |   |   |   | erfüllt                            | nicht e.                           |                                  |   |   | D |   |   |   | erfüllt                            | nicht e.                           |
| 2        |                                  |   |   |   |   |   | G | nicht e.                           | nicht e.                           |                                  |   |   |   |   |   | G | nicht e.                           | nicht e.                           |
| 3        |                                  |   |   |   |   | F |   | nicht e.                           | nicht e.                           |                                  |   |   |   |   | F |   | nicht e.                           | nicht e.                           |
| 4        |                                  |   |   |   |   | F |   | nicht e.                           | nicht e.                           |                                  |   |   | E |   |   |   | erfüllt                            | nicht e.                           |
| 5        |                                  |   |   |   |   | F |   | nicht e.                           | nicht e.                           |                                  |   |   |   |   |   | G | nicht e.                           | nicht e.                           |
| 6        | A                                |   |   |   |   |   |   | erfüllt                            | erfüllt                            | A                                |   |   |   |   |   |   | erfüllt                            | erfüllt                            |
| 7        |                                  |   | C |   |   |   |   | erfüllt                            | nicht e.                           |                                  |   | C |   |   |   |   | erfüllt                            | erfüllt                            |
| 8        |                                  | B |   |   |   |   |   | erfüllt                            | nicht e.                           |                                  | B |   |   |   |   |   | erfüllt                            | erfüllt                            |
| 9        |                                  | B |   |   |   |   |   | erfüllt                            | nicht e.                           |                                  |   |   |   |   |   | G | nicht e.                           | nicht e.                           |

**Abbildung 15: Energieeffizienz-Klassen für Heizwärme- und Stromverbrauch (Ausschnitt).**

Quelle: Eigene Darstellung.

Aus der Gegenüberstellung wird deutlich, dass die Angaben zur Energieeffizienz-Klasse mit der Erfüllung bzw. Nichterfüllung der BMVBS-Vorgaben **korrelieren**. Entspricht beispielsweise der Energieverbrauch eines Gebäudes der Klasse „E“ oder schlechter, so werden auch Vergleichswert sowie Mittelwert als „nicht e.“ (nicht erfüllt) ausgewiesen. Es wird aber auch deutlich, dass die Angabe der Energieeffizienz-Klasse zu einer stärkeren Differenzierung führt und damit eine wertvolle Ergänzung zu den BMVBS-Kennwerten darstellt. Es ist z.B. besser erkennbar, ob der Vergleichswert nur knapp verfehlt wurde (z.B. bei „B“) oder ob eine gravierende Überschreitung vorliegt (z.B. bei „G“).

### 3.7 Ermittlung der Einsparpotenziale

Da die finanziellen und personellen Ressourcen öffentlicher Gebietskörperschaften begrenzt sind, reichen sie nicht aus, alle erstrebenswerten Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz umzusetzen. Für investive bauliche Maßnahmen, wie die Sanierung oder Modernisierung der baulichen und technischen Gebäudesubstanz, ist es daher erforderlich, **Prioritäten** zu setzen. Mit Blick auf die Energieeffizienz zielen bauliche Maßnahmen auf eine optimierte Energiebewirtschaftung und einen effizienten Energieeinsatz ab. Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist es sinnvoll, die Energieeinsparinvestitionen zu bevorzugen, die sich durch hohe Energiekostenreduzierungen in kurzer Zeit amortisieren.<sup>30</sup> Dies setzt zunächst ein hohes Energieeinsparpotenzial voraus.

Das **Energieeinsparpotenzial** errechnet sich aus der Differenz des gemessenen Verbrauchskennwertes des Bezugsjahres bzw. des Durchschnittswertes über mehrere Jahre (vgl. Formel 3) und dem für das konkrete Gebäude geltenden Vergleichswertes. Multipliziert man diese Differenz mit der Bezugs-

<sup>30</sup> Vgl. VDI 3807, Blatt 1, S. 32 ff.

fläche des Gebäudes, erhält man die für den Gebäudetyp zu erwartende Energieeinsparung. Die Berechnung erfolgt für die Medien Wärme, Strom und Wasser in gleicher Weise. Formel 4 zeigt die Ermittlung am Beispiel des Heizenergieverbrauchs. Über die Investitionshöhe, die erforderlich ist, um die Einsparung zu erzielen, macht dieser Wert keine Angabe.

$$E_{eP} = A_{NGF} \cdot (e_{Vb} - e_{Vb \text{ Vergleichswert}}) \quad (4)$$

Legende:

- $E_{eP}$  Energieeinsparpotenzial in kWh/a
- $A_{NGF}$  Energiebezugsfläche in  $m^2$
- $e_{Vb}$  Energieverbrauchskennwert des Bezugsjahres in  $kWh/(m^2 \cdot a)$
- $e_{Vb \text{ Vergleichswert}}$  Vergleichswert in  $kWh/(m^2 \cdot a)$  (gemäß BMVBS (2009a))

#### Formel 4: Ermittlung des Energieeinsparpotenzials.

Quelle: In Anlehnung an VDI 3807, Blatt 1, S. 32.

Diese Vorgehensweise wurde auf die Gebäude des Freistaates Thüringen übertragen, soweit die erforderlichen Daten zur Verfügung standen. Im Ergebnis kann für jedes einzelne Gebäude ein Wert angegeben werden, der das jeweilige Energieeinsparpotenzial ausgibt (vgl. Abbildung 16). Wird das Energieeinsparpotenzial mit Null ausgegeben, weist dies darauf hin, dass die Verbrauchswerte dieser Gebäude jetzt schon besser als der Vergleichswert sind. In dem beispielhaften Auszug wäre nach dem Kriterium der Höhe des Einsparpotenzials pro Jahr beim Wärmeverbrauch dem Objekt Nr. 5 die höchste Priorität zuzuordnen. Wird die Einsparmöglichkeit pro  $m^2$  als Entscheidungsgröße gewählt, ist das Objekt Nr. 2 als erstes auszuwählen.

| Ifd. Nr. | Energiebezugsfläche<br>$A_{NGF}$<br>[ $m^2$ ] | Verbrauchskennwert<br>Wärme $e_{Vb}$<br>[ $kWh/m^2 \cdot a$ ] | Vergleichswert Heizung & WW $e_{Vb \text{ Vergleichswert}}$<br>(EnEV 2009) [ $kWh/m^2 \cdot a$ ] |                          | Einsparpotenzial<br>Wärme<br>[ $kWh/(m^2 \cdot a)$ ] | Einsparpotenzial<br>Wärme $E_{eP,h}$<br>[ $kWh/a$ ] | Einsparpotenzial<br>Wärme<br>in Prozent<br>[%] |
|----------|---|---|--|--------------------------|--|---|--|
|          |   |   | $\leq 3.500 \text{ m}^2$   | $\geq 3.500 \text{ m}^2$ |  |   |  |
| 1        | 4.947   | 128   | 105  | 105                      | 23   | 113.345   | 18%  |
| 2        | 1.362   | 227   | 90   | 90                       | 137  | 186.176   | 60%  |
| 3        | 2.620   | 206   | 90   | 85                       | 116  | 302.970   | 56%  |
| 4        | 2.255   | 206   | 90   | 90                       | 116  | 260.871   | 56%  |
| 5        | 3.157   | 219   | 105  | 105                      | 114  | 361.002   | 52%  |
| 6        | 3.691   | 74  | 80   | 85                       | 0  | 0   | 0%   |
| 7        | 1.519   | 124   | 105  | 105                      | 19   | 28.352  | 15%  |
| 8        | 5.256   | 97  | 90   | 85                       | 12   | 60.862  | 12%  |
| 9        | 18.622  | 71  | 55   | 55                       | 16   | 298.385   | 23%  |

Abbildung 16: Ermittelte Energieeinsparpotenziale beim Wärmeverbrauch (Auszug).

Quelle: Eigene Darstellung.

Auf dieser Basis können die Energieeinsparpotenziale einzelner Gebäude eines Portfolios der Höhe nach absteigend sortiert werden. Zur Bildung einer wirtschaftlichen **Prioritätenreihenfolge** bietet es sich zusätzlich an, die über die Nutzungsdauer der Gebäude zu erwartende **Gesamteinsparung** zu ermitteln.<sup>31</sup> Durch die Multiplikation mit dem erwarteten durchschnittlichen Energiepreis über die betrachtete Nutzungsperiode lässt sich damit die kostenmäßige Einsparung beziffern (vgl. Formel 5).

<sup>31</sup> Vgl. VDI 3807, Blatt 1, S. 33.

$$K_{eP} = E_{eP} \cdot P_e \quad (5)$$

Legende:

$K_{eP}$  Kosteneinsparpotenzial in EUR/a  
 $E_{eP}$  Energieeinsparpotenzial in kWh/a  
 $P_e$  Energiepreis in EUR/kWh

**Formel 5: Ermittlung des Kosteneinsparpotenzials.**

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an VDI 3807, Blatt 1, S. 35.

Als Anhaltspunkt für Energieeinsparinvestitionen hilft diese Größe dabei einzuschätzen, ob die im Rahmen von Baumaßnahmen initiierten Auszahlungen noch während der zu erwartenden Nutzungsperiode durch Energieeinsparungen ausgeglichen bzw. übertroffen werden. Sind die entsprechenden Baukosten bekannt, lassen sich die Investitionsmöglichkeiten ausweisen, bei denen sich die Investition nach einem möglichst frühen Zeitpunkt amortisiert.

Für das Immobilienportfolio des Freistaates Thüringen ist die erreichbare Kosteneinsparung für den Heizenergieverbrauch und den Stromverbrauch in Abbildung 17 dargestellt. Die Kosteneinsparung ist für den Heizenergieverbrauch und den Stromverbrauch angegeben. Die Energiepreise für Wärme (6,96 ct/kWh) und Strom (15,31 ct/kWh) wurden vereinfachend als Durchschnittswert über alle Liegenschaften des Freistaates Thüringen angesetzt.<sup>32</sup> Die Addition beider Ergebnisse bietet sich z.B. an, wenn Komplettanierungen geplant sind und Kopplungseffekte nutzbar sind. In dem konkreten Auszug weist das Gebäude Nr. 9 das höchste Kosteneinsparpotenzial auf und bietet sich dadurch zur bevorzugten Auswahl für Energieeinsparmaßnahmen an.

| lfd. Nr. | Einsparpotenzial Wärme $E_{eP,h}$ [kWh/a] | Energiepreis Wärme $P_{e,h}$ [EUR/kWh] | Kosteneinsparpotenzial Wärme $K_{eP,h}$ [EUR/a] | Einsparpotenzial Strom $E_{eP,s}$ [kWh/a] | Energiepreis Strom $P_{e,s}$ [EUR/kWh] | Kosteneinsparpotenzial Strom $K_{eP,s}$ [EUR/a] | SUMME Kosteneinsparpotenziale [EUR/a] |
|----------|---|--|---|---|--|---|---------------------------------------|
| 1        | 113.345                                   | 0,0696                                 | 7.889   | 41.611                                    | 0,1531                                 | 6.371   | 14.259                                |
| 2        | 186.176                                   | 0,0696                                 | 12.958  | 944.687                                   | 0,1531                                 | 144.632   | 157.589                               |
| 3        | 302.970                                   | 0,0696                                 | 21.087  | 105.902                                   | 0,1531                                 | 16.214  | 37.300                                |
| 4        | 260.871                                   | 0,0696                                 | 18.157  | 24.642                                    | 0,1531                                 | 3.773   | 21.929                                |
| 5        | 361.002                                   | 0,0696                                 | 25.126  | 176.051                                   | 0,1531                                 | 26.953  | 52.079                                |
| 6        | 0   | 0,0696                                 | 0   | 0   | 0,1531                                 | 0   | 0                                     |
| 7        | 28.352                                    | 0,0696                                 | 1.973   | 0   | 0,1531                                 | 0   | 1.973                                 |
| 8        | 60.862                                    | 0,0696                                 | 4.236   | 0   | 0,1531                                 | 0   | 4.236                                 |
| 9        | 298.385                                   | 0,0696                                 | 20.768  | 1.132.638                                 | 0,1531                                 | 173.407   | 194.174                               |

**Abbildung 17: Ermittelte Kosteneinsparpotenziale bei Wärme- und Stromverbrauch (Auszug).**

Quelle: Eigene Darstellung.

<sup>32</sup> Auskunft des THÜLIMA im Februar 2013.

#### 4. Datenanalyse und -auswertung

Nachdem bisher beschrieben wurde, wie die erforderlichen Gebäudeinformationen aufzubereiten und daraus Kennwerte zu bilden sind, wird nun auf die Auswertungsmöglichkeiten eingegangen. Dabei steht die Untersuchungsebene der **Voranalyse** (vgl. Abbildung 2) im Mittelpunkt. Diese wird zum Abschluss durch das Beispiel einer **Feinanalyse** unterlegt. Dabei werden Vorschläge unterbreitet, wie die Berechnungsergebnisse einer energetischen Potenzialanalyse auch grafisch ausgewertet werden können und welche Schlussfolgerungen daraus jeweils zu ziehen sind. Es wird ein Ausschnitt der vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten gezeigt, die je nach Bedarf und Zielsetzung des öffentlichen Bestandshalters ausgewählt werden können.

##### 4.1 Auswertung für den Gesamtgebäudebestand

Um den Aufwand zur Beschaffung von Daten und der Durchführung von Untersuchungen zu begrenzen und dennoch überblicksartige Aussagen über alle betrachteten Gebäude des Immobilienbestandes treffen zu können, bietet sich eine **verbrauchsorientierte Potenzialanalyse** auf Portfolioebene an. Aussagen zur Größe des Einsparpotenzials bei Wärme- und Stromverbrauch erfolgen unter Einbeziehung aller Gebäude.

Für den Immobilienbestand im Eigentum des Freistaates Thüringen bedeutet dies mit Stand 2013 die Analyse von **938 energetisch relevanten Gebäuden**. In dieser Summe sind alle nicht leer stehenden Gebäude erfasst, die einen Energieverbrauch aufweisen und über eine Fläche von mehr als 10 m<sup>2</sup> verfügen. Trafostationen, Garagen etc. zählen entsprechend nicht zur Untersuchungsmenge. Die betrachteten Gebäude verfügen zusammen über eine Netto-Grundfläche i.H.v. rund 1,7 Mio. m<sup>2</sup>.

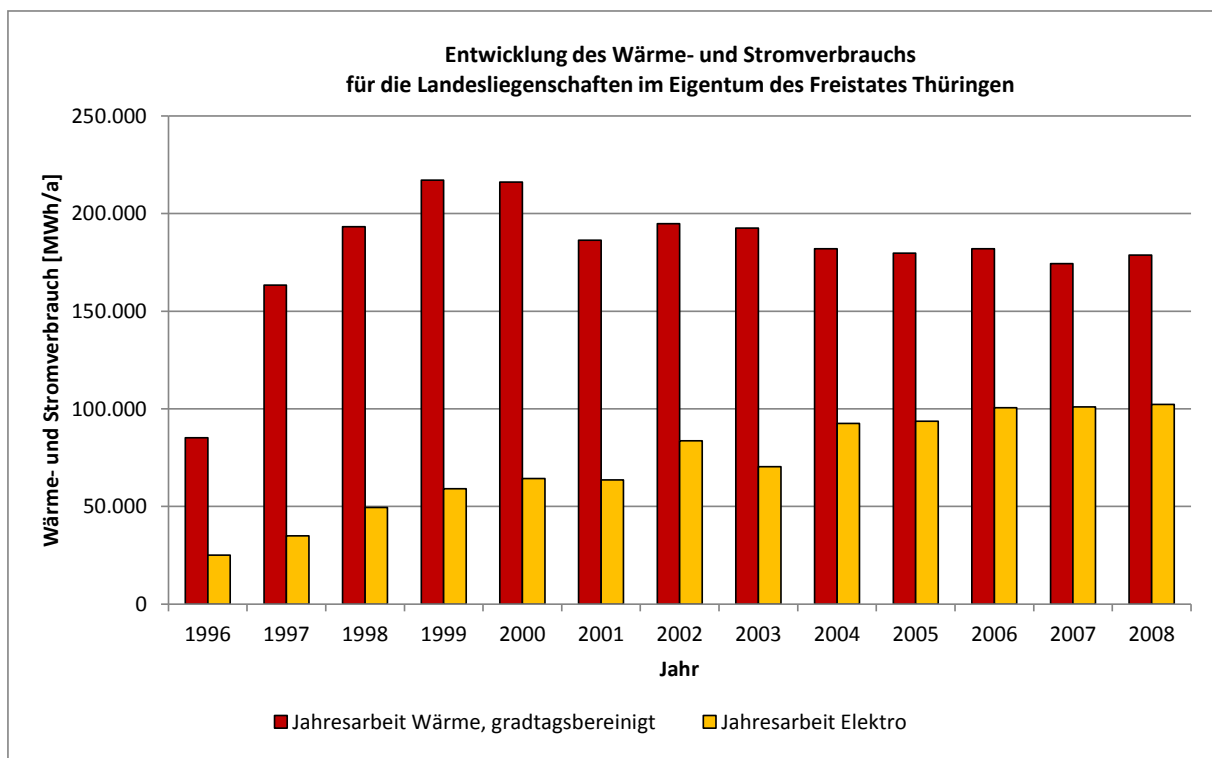


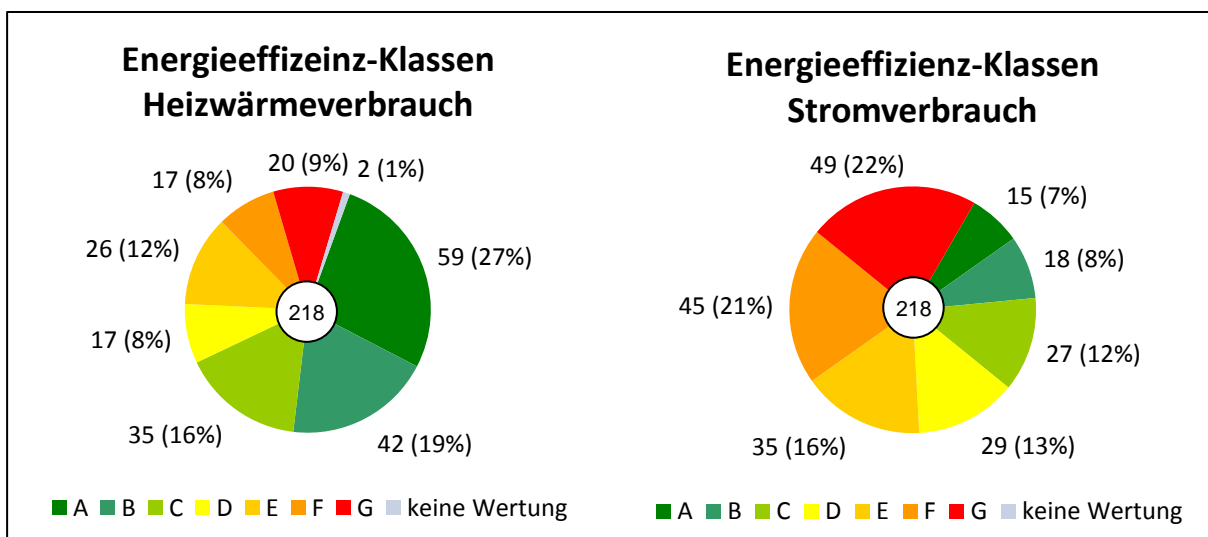
Abbildung 18: Entwicklung des Wärme- und Stromverbrauchs für die Landesliegenschaften im Eigentum des Freistaates Thüringen.

Quelle: Eigene Darstellung.

Für das Jahr 2011 beträgt der Wärmeverbrauch des Portfolios rund 183.000 MWh. Im Vergleich zu den historischen Werten der Abbildung 18 zeigt sich ein leicht rückläufiger bis konstanter Verlauf. Der Stromverbrauch wird im Jahr 2011 mit 117.500 MWh angegeben. Der Trend eines sukzessive leicht steigenden Verbrauchs setzt sich damit fort. Die **Energiekosten** (Wärme und Strom) für die landeseigenen Immobilien belaufen sich jährlich auf rund **35 Mio. Euro**.<sup>33</sup>

#### 4.1.1 Wärme- und Stromverbrauchs nach Energieeffizienz-Klassen

Ausgehend von der Einordnung jedes Gebäudes in eine Energieeffizienzklasse hinsichtlich Wärme- und Stromverbrauch, kann die **Häufigkeit der einzelnen Klassen** ermittelt werden.<sup>34</sup> Eine entsprechende Darstellung für den Gesamtgebäudebestand lässt erste Rückschlüsse auf die Gesamtsituation zu. Die Besteffizienz A ist hierbei farblich mit dunkelgrün gekennzeichnet. Für die 218 vertiefend untersuchten Gebäude des Freistaates ergibt sich das Bild entsprechend Abbildung 19.



**Abbildung 19: Verteilung der Energieeffizienz-Klassen für den untersuchten Gebäudebestand.**

Quelle: Eigene Darstellung.

Auffällig ist beim **Heizwärmeverbrauch** die hohe Anzahl an Objekten mit Bestnoten. Die drei höchsten Energieeffizienz-Klassen A bis C werden von zusammen 62 % bzw. 136 der Gebäude erreicht. Auf die untersten drei Kategorien E bis G entfallen mit 63 lediglich 29 % der Gebäude. Trotz einiger Gebäude mit deutlichem Verbesserungspotenzial weisen die Gebäude beim Heizwärmeverbrauch damit überwiegend gute bis sehr gute Bewertungen auf.

Beim **Stromverbrauch** zeigt sich ein umgekehrtes Bild. Es lassen sich deutliche Optimierungspotenziale erkennen. Die Klassen A bis C werden nur bei 60 bzw. 27 % der Objekte erreicht. Mit 129 bzw. 59 % weisen über die Hälfte der Gebäude einen hohen bis sehr hohen Stromverbrauch der Klassen E bis G auf.

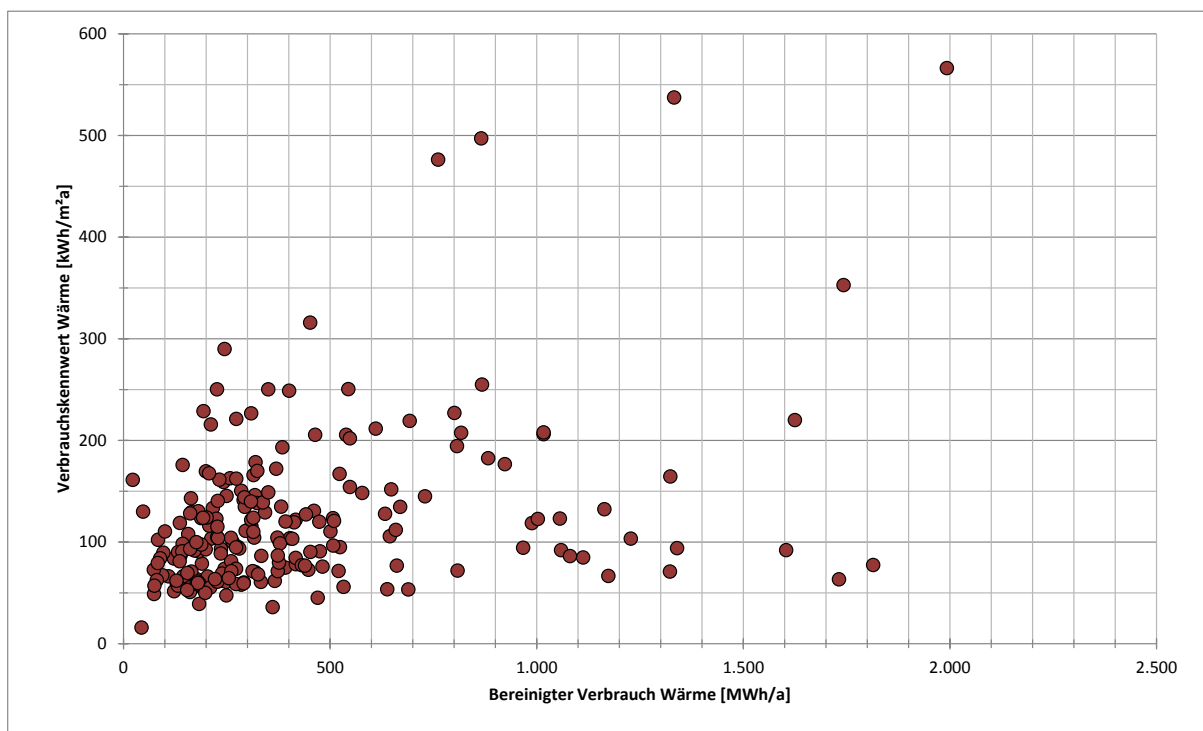
**Zusammenfassend** ist für das untersuchte Immobilienportfolio festzustellen, dass beim Wärmeverbrauch überwiegend ein hohes Niveau besteht und viele Gebäude Vorbildcharakter aufweisen. Währenddessen bedarf es beim Stromverbrauch insgesamt besonderer Anstrengungen zur Verbesserung der Energieeffizienz. Hier weisen bisher nur weniger Objekte Bestwerte auf.

<sup>33</sup> Vgl. u.a. THÜLIMA (2011), S. 10.

<sup>34</sup> Vgl. zur Systematik der Energie-Effizienzklassen Abschnitt 3.6







**Abbildung 21: Portfolio-Auswertung für den Wärmeverbrauch.**

Quelle: Eigene Darstellung.

Das Koordinatensystem spannt sich zwischen dem absoluten Wärmeverbrauchs pro Jahr und dem Verbrauchskennwert pro m<sup>2</sup> NGF Energiebezugsfläche auf.<sup>37</sup> Aufgrund ihrer flächenmäßigen Größe erreicht der jährliche Wärmeverbrauch bei einigen der untersuchten Gebäude über 1.000 MWh/a, im **Spitzenwert** sogar 2.000 MWh/a.

Die Gebäude mit **hohem relativem** (y-Achse) **wie auch absolutem Verbrauchswert** (x-Achse) sollten **als erstes** einer vertieften energetischen Untersuchung unterzogen werden, da bei ihnen ein besonders großes Effizienzsteigerungs- und Einsparpotenzial zu vermuten ist. Anschließend sollten die weiteren Gebäude mit hohen Verbrauchskennwerten prioritär analysiert werden. Besonders auffällig ist das Objekt Nr. 23, das sich am weitesten der Diagrammecke rechts oben genähert hat. Das Institutsgebäude für Forschung und Lehre, das in den 1960er Jahren errichtet wurde, ist auf jeden Fall ein Kandidat für eine weitergehende Untersuchung, da der Wärmeverbrauch bei keinem der anderen Gebäude im Portfolio höher ist.

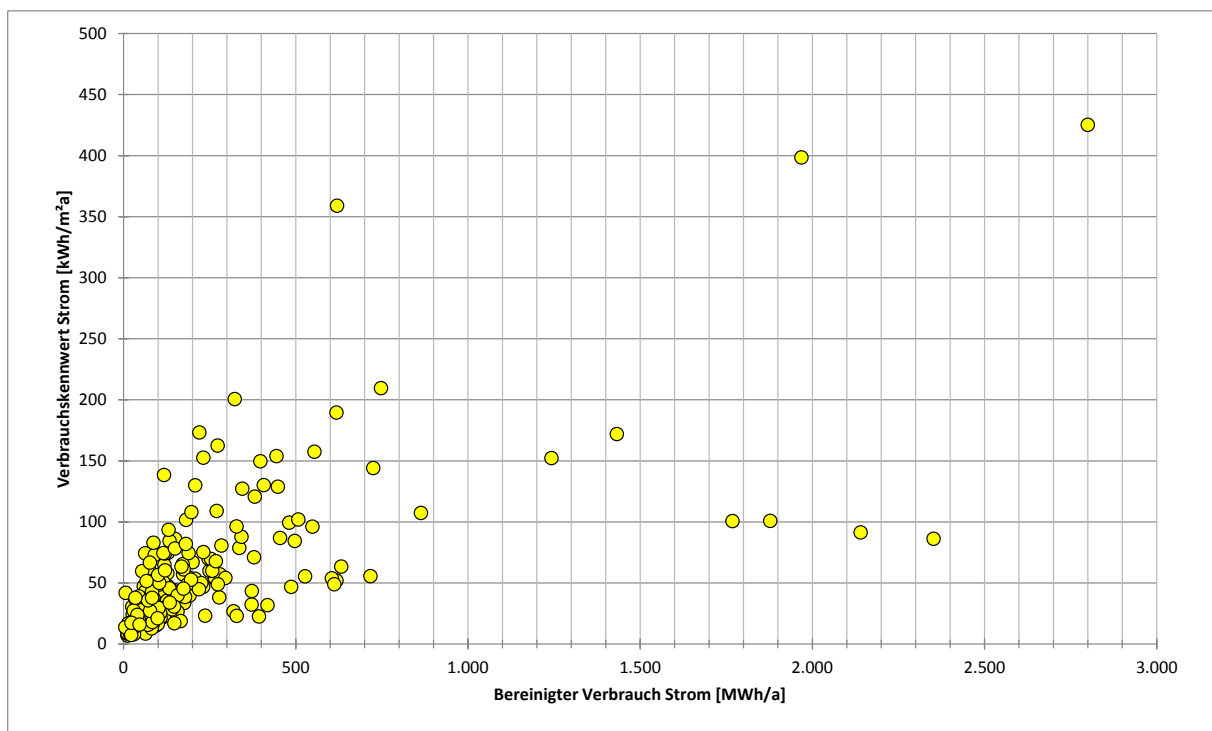
Da die Vergleichswerte gebäudespezifisch unterschiedlich sind, wird in dem Diagramm kein konkreter Richtwert als Benchmark angegeben. **Als Orientierung** kann hier lediglich der **Mittelwert** der untersuchten Gebäude herangezogen werden. Für den Verbrauchskennwert beträgt dieser 122 kWh/m<sup>2</sup>a und für den bereinigten Verbrauch 421 MWh/a.

Das Pendant für den **Stromverbrauch** zeigt Abbildung 22. Die Werte liegen hier insgesamt dichter zusammen, was teilweise aber mit den prinzipiell niedrigeren Verbrauchswerten beim Strom zu erklären ist. Dementsprechend niedrig fallen die Mittelwerte aus. Beim Verbrauchskennwert ergeben sich 62 kWh/m<sup>2</sup>a, der durchschnittliche bereinigte Verbrauch liegt bei 246 MWh/a. Außerhalb des Sektors

<sup>37</sup> Die Auswertung anhand von absoluten und spezifischen Verbrauchswerten, z.B. in Form eines Koordinatensystems oder einer 4-Felder-Matrix, wird auch durch die Bauministerkonferenz (2009), S. 5 ff., empfohlen.

x: 1.000 MWh/a; y: 250 kWh/m<sup>2</sup> liegen lediglich 9 Gebäude. Am auffälligsten davon ist das Rechenzentrum Nr. 159 mit dem Wertepaar x: 2.800 MWh/a; y: 245 kWh/m<sup>2</sup>a. Wenn allein der Stromverbrauch im Mittelpunkt von geplanten Energieeffizienzmaßnahmen steht, dann sollten diese neun Gebäude als erste weitergehend untersucht und einer Optimierung zugeführt werden.

Das Beispiel des Rechenzentrums deutet auf eine **Schwäche** der Darstellungsform hin. Denn der je Gebäudeart bestehende spezifische Energiebedarf wird nicht dargestellt. Im Vergleich zu anderen Gebäudearten weisen Rechenzentren z.B. systembedingt einen sehr hohen Strombedarf auf. Als Vergleichswert werden vom BMVBW hohe 155 kWh/m<sup>2</sup>a angegeben.<sup>38</sup> Damit relativiert sich die Ausreißer-Stellung des Objektes Nr. 159 ein Stück weit. Wobei festzuhalten bleibt, dass trotz der Höhe des Vergleichswertes dieser überschritten wird und demnach deutlicher Optimierungsbedarf besteht.



**Abbildung 22: Portfolio-Auswertung für den Stromverbrauch.**

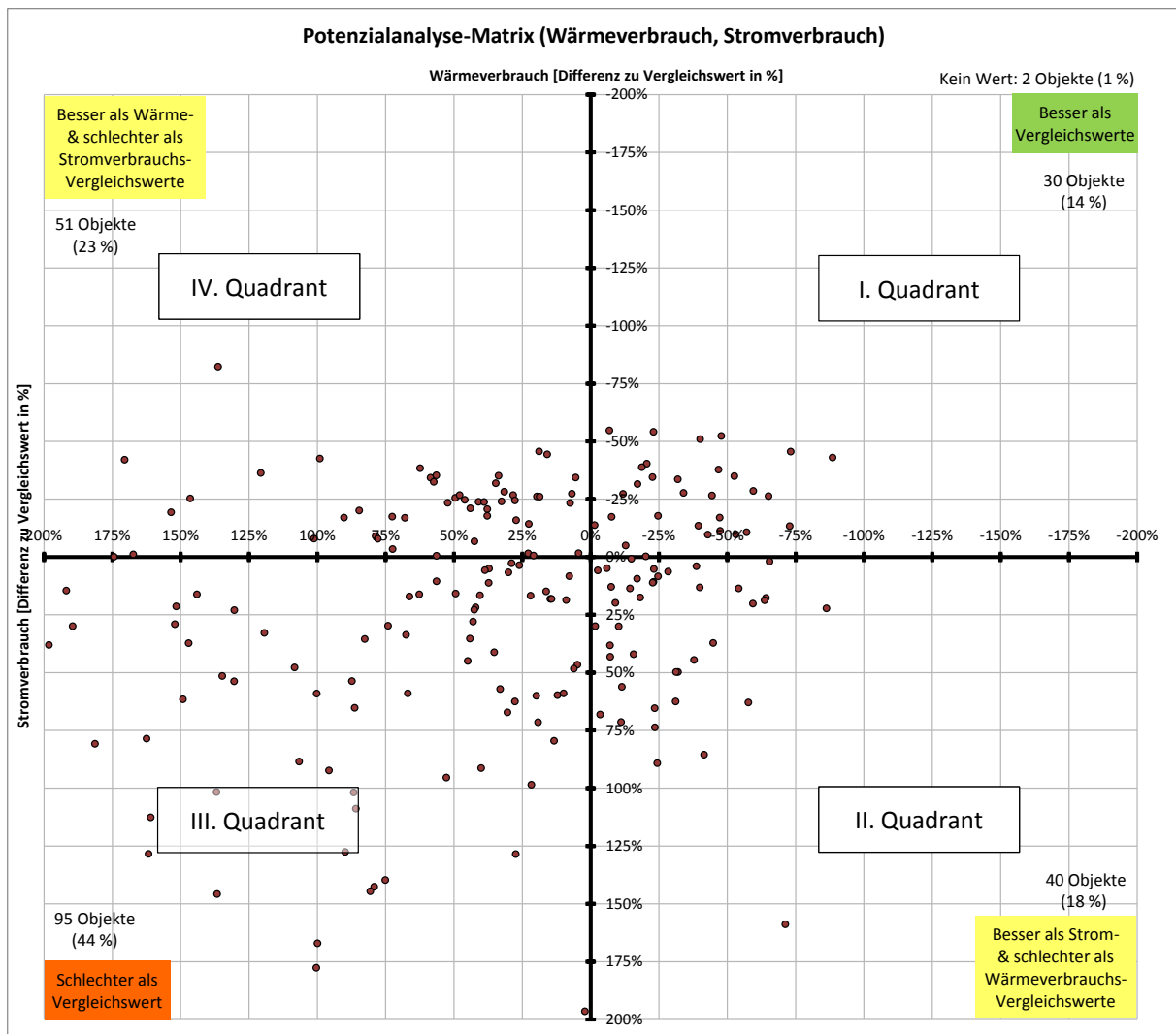
Quelle: Eigene Darstellung.

Mit der Darstellung lassen sich **Ausreißer** mit schlechter Energieeffizienz und hohem absolutem Energieverbrauch schnell erkennen. Darüber hinaus ist die Aussagekraft allerdings begrenzt. Die Ausreißer werden für jeweils ein Untersuchungskriterium erfasst - die Energieeffizienz in anderen Kategorien ist nicht ersichtlich. Eine Form der Auswertung, in der die Besonderheiten der einzelnen Gebäudearten berücksichtigt sind, stellt das 4-Quadranten-Modell dar.

### 4.1.3 Kombinierte Potenzialanalyse für Wärme und Strom

Um das **spezifische Energieeffizienz-Potenzial** eines jeden Gebäudes abbilden zu können, ist ein Bezug zu Vergleichswerten herzustellen, in denen die jeweilige Gebäudeart berücksichtigt ist. Eine geeignete Möglichkeit dafür stellt die Abbildung 23 dar. Damit wird ein Überblick über den Wärme- und Stromverbrauch im Vergleich zum Richtwert der jeweiligen BWZK-Gruppe gegeben. Durch die prozentuale Angabe der Abweichung vom Richtwert können alle Gebäude vergleichend erfasst werden.

<sup>38</sup> Vgl. Anhang 5, BMZK 1.350.



**Abbildung 23: Verbrauchsorientierte Potenzialanalyse auf Portfolioebene (Ausschnitt).**

Quelle: Eigene Darstellung.

Die Grafik ist in vier Quadranten unterteilt. Alle im **I. Quadranten** enthaltenen Objekte zeichnen sich dadurch aus, dass Sie sowohl beim Heizwärme- als auch beim Stromverbrauch besser abschneiden, als der Vergleichswert dies vorgibt. In dieser Kategorie sind 30 (14 %) der untersuchten 218 Gebäude einzuordnen. Ein weitaus größerer Teil der Gebäude liegt im **III. Quadranten**. Diese 95 (44 %) der untersuchten Gebäude erreichen bei Heizwärme- und Stromverbrauch den Vergleichswert nicht.<sup>39</sup> Bei 41 % der Gebäude wird zumindest einer der beiden Richtwert erfüllt. Je nachdem ob die Benchmark beim Strom- oder beim Heizwärmeverbrauch erreicht wird, liegen die Gebäude im II. oder IV. Quadranten.

Aus der Darstellung ist abzuleiten, dass bei den Gebäuden in den **Quadranten II bis IV Optimierungspotenzial** besteht. Allein bei den Gebäuden im I. Quadranten entsprechen die Verbrauchsdaten bereits heute den anzustrebenden Richtwerten, sodass hier kurzfristig keine Maßnahmen zur energetischen Sanierungen notwendig erscheinen. Im Durchschnitt der 218 Objekte wird der Vergleichswert für den Heizwärmeverbrauch um 35 % und für den Stromverbrauch um 76 % überschritten. Eine

<sup>39</sup> In der Abbildung sind Datenpunkte nicht sichtbar, die außerhalb des aufgespannten Korridors liegen.

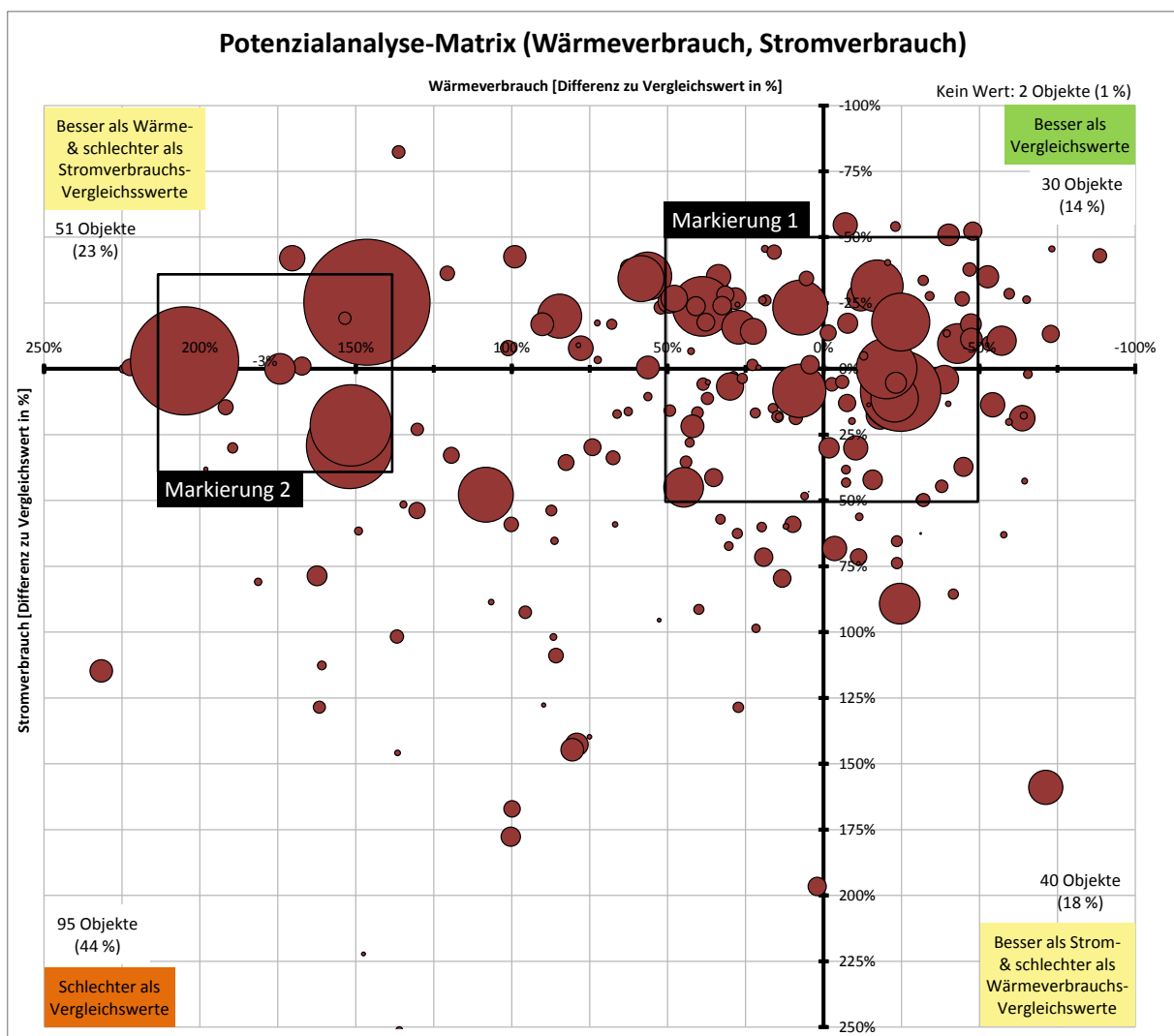
vertiefende Untersuchung der Gebäude ist entsprechend ihrem Einsparpotenzial in der **Reihenfolge III., II./IV. Quadrant** vorzunehmen.

Die grafische Auswertung eignet sich für das Identifizieren von Objekten, die beim Wärme- und Stromverbrauch in Summe das **größte Einsparpotenzial** aufweisen. Je näher ein Objekt der Diagrammecke links unten kommt, desto höher ist die Abweichung zu den Vergleichswerten. Aufgrund der hohen Abweichung lässt sich die Erwartung ableiten, dass bei diesen Objekten schon mit wenigen Maßnahmen besonders hohe Einsparungen erzielt werden können.

Soll in der **4-Quadranten-Darstellung** zusätzlich der Einfluss eines Einzelobjektes auf das Gesamtportfolio dargestellt werden, bietet sich die Größe der Objektpunkte dafür an.

#### 4.1.4 Potenzialanalyse unter Einbeziehung der Gebäudeflächen

Um detailliertere Aussagen über den **Umfang des Energieeinsparpotenzials** treffen zu können, stellt die Berücksichtigung der **Gebäudeflächen** der einzelnen Objekte eine Möglichkeit dar. Im Schaubild der Abbildung 24 ist die Energiebezugsfläche (NGF) als zusätzliches Kriterium enthalten.



**Abbildung 24: Verbrauchsorientierte Potenzialanalyse auf Portfolioebene mit Größenkriterium Energiebezugsfläche (NGF).**

Quelle: Eigene Darstellung.

Der Durchmesser eines Datenpunktes gibt Auskunft über die Höhe der Energiebezugsfläche des zugehörigen Gebäudes. Gebäude mit einer **großen Gebäudefläche** werden auf einen Blick ersichtlich. Bei diesen Gebäuden ist davon auszugehen, dass sie einen großen Einfluss auf den Gesamtenergieverbrauch des betrachteten Gebäudebestandes haben. Energetische Sanierungsmaßnahmen an diesen Gebäuden können zu deutlichen Effekten auf Ebene des Gesamtportfolios führen. Besteht die Absicht, den Gebäudebestand energetisch zu verbessern und sich dabei auf **Einzelobjekte zu konzentrieren**, bietet es sich an, mit flächenmäßig großen Objekten des III. Quadranten (unten links im Diagramm) zu beginnen.

81 der untersuchten 218 Gebäude erfüllen den Vergleichswert Wärme oder sind sogar besser als dieser (37 %). In der Matrix werden diese wärme-effizienten Gebäude oberhalb der x-Achse angezeigt. Hinsichtlich des Stromverbrauches verfügt das Portfolio über 70 Gebäude (32 %), die den Richtwert mindestens erfüllen. In der Matrix befinden sich diese Objekte rechts von der y-Achse. Der prozentuale Wert der **Top-Objekte** bei Wärme und Strom kann als erster Indikator für den Gesamtzustand des Portfolios dienen. In beiden Bereichen kann jeweils ein Drittel der Gebäude als energieeffizient gelten, während bei den restlichen zwei Dritteln Einsparpotenziale bestehen. Nur wenige Gebäude erzielen beim Wärme- und Stromverbrauch Topwerte (14 % im I. Quadranten), während die meisten in dem jeweils anderen Bereich Defizite aufweisen.

Um den Koordinatenursprung ist eine hohe Konzentration festzustellen (**Markierung 1**). Diese Objekte über- oder unterschreiten ihre konkreten Vergleichswerte in mäßigem Umfang. Im direkte Umkreis des Diagrammmittelpunktes +/- 25 % sind 28 Gebäude bzw. rund 13 % des untersuchten Bestandes verortet und können im Vergleich zu den anderen Gebäuden als unauffällig eingestuft werden. In dem weiter gefassten Bereich der Markierung 1 (+/- 50 %) um das Zentrum sind 91 Objekte (42 %) enthalten.

Eine auffällige Ansammlung von vier besonders großflächigen Objekten ist im Bereich der x-Achse festzustellen (siehe **Markierung 2**). Während der Wärmeverbrauch bei diesen Gebäuden in der Nähe des Richtwertes liegt, weist der Stromverbrauch das 1,5 bis 2-fache des Vergleichswertes auf. Hier wird deutlich, dass sich insbesondere Maßnahmen zur Senkung des Stromverbrauches aufgrund der umfangreichen Gebäudefläche stark auf der Portfolioebene auswirken.

Bei genauer Betrachtung ist festzustellen, dass es sich mit rund 17.000 bis 27.000 m<sup>2</sup> NGF um die **vier flächenmäßig größten** der untersuchten Objekte mit den Nummern 9, 11, 64 und 255 handelt, wovon jeweils zwei als Hochschulbibliothek und Institutsgebäude für Forschungs- und Lehrzwecke genutzt werden. Es ist auffällig, dass diese vier flächenmäßig aus dem Gesamtbestand herausragenden Gebäude gleichermaßen einen moderaten Wärmeverbrauch und einen deutlich erhöhten Stromverbrauch aufweisen. Neben der **Flächengröße** und der **Nutzungsart** bestehen keine weiteren offensichtlichen Zusammenhänge (z.B. Liegenschaftsverwalter), die einen Hinweis auf die Ursache der Konzentration dieser Objekte geben könnten. Ein systematischer Zusammenhang ist dennoch nicht auszuschließen und sollte im Rahmen einer vertiefenden Analyse überprüft werden. Um zu weiteren Erkenntnissen zu gelangen, sollen nun die **einsparbaren Energiekosten** ermittelt werden, zunächst für den Gesamtbestand, dann gesondert für die vier auffälligen Gebäude.

#### 4.1.5 Potenzialanalyse unter Berücksichtigung der Kosten

In dem vorliegenden Forschungsprojekt wurde der Energieverbrauch von 218 der 938 energetisch relevanten Landesgebäude des Freistaates Thüringen detailliert erfasst. Damit wurden rund 23 % des

Gesamtbestandes untersucht. Unter Ansatz der Netto-Grundfläche von 864.278 m<sup>2</sup> beträgt der Anteil der untersuchten Gebäude sogar mehr als die Hälfte (52 %). Die 218 Gebäude weisen einem Wärmeverbrauch i.H.v. rund 91.900 MWh/a<sup>40</sup> bzw. einen flächenspezifischen Wärmeverbrauch von 106 kWh/m<sup>2</sup>a auf. Die Gesamtsumme des Stromverbrauchs beläuft sich auf rund 53.200 MWh/a bzw. einem flächenbezogenen Verbrauch von 61 kWh/m<sup>2</sup>a.

Zunächst soll ein Überblick über die Verbrauchsdaten und das Kosteneinsparpotenzial der Objekte der 218 Gebäude gegeben werden, die ein Energieeffizienzpotenzial aufweisen, da auf dieser Grundlage die Hochrechnung aufgebaut ist.

| Nr. | Merkmal  | Wärme                     | Strom                     |
|-----|--|---------------------------|---------------------------|
| 1   | Anzahl der Gebäude mit Effizienzpotenzial  | 136<br>(62 % von 218)     | 148<br>(68 % von 218)     |
| 2   | Netto-Grundfläche der Gebäude der Zeile 1  | 472.000 m <sup>2</sup>    | 574.000 m <sup>2</sup>    |
| 3   | Gesamt-Energieverbrauch der Gebäude der Zeile 1  | 65.300 MWh/a              | 45.800 MWh/a              |
| 4   | Durchschnittlicher Energieverbrauch der Gebäude der Zeile 1 pro Jahr [Zeile 3÷1]                           | 480,2 MWh/a               | 309,3 MWh/a               |
| 5   | Durchschnittlicher Energieverbrauch der Gebäude der Zeile 1 pro Jahr und m <sup>2</sup> [Zeile 3÷2]        | 138 kWh/m <sup>2</sup> a  | 80 kWh/m <sup>2</sup> a   |
| 6   | Gesamt-Energieeinsparpotenzial für die Gebäude der Zeile 1   | 24.700 MWh/a              | 25.300 MWh/a              |
| 7   | Durchschnittliches Energieeinsparpotenzial der Gebäude aus Zeile 1 pro Jahr [Zeile 6÷1]                    | 181,4 MWh/a               | 171,2 MWh/a               |
| 8   | Durchschnittliches Energieeinsparpotenzial der Gebäude aus Zeile 1 pro Jahr und m <sup>2</sup> [Zeile 6÷2] | 52 kWh/m <sup>2</sup> a   | 44 kWh/m <sup>2</sup> a   |
| 9   | Angesetzter Energiebezugpreis  | 6,96 ct/kWh               | 15,31 ct/kWh              |
| 10  | Summe Kosteneinsparpotenzial p.a. [Ziele 6x9]  | 1,7 Mio. EUR              | 3,9 Mio. EUR              |
| 11  | Durchschnittliches Kosteneinsparpotenzial pro m <sup>2</sup> Netto-Grundfläche pro Jahr [Zeile 10÷2]       | 3,60 EUR/m <sup>2</sup> a | 6,80 EUR/m <sup>2</sup> a |

**Abbildung 25: Effizienzpotenziale für die relevanten der 218 untersuchten Landesgebäude.**

Quelle: Eigene Darstellung.

Mit starker Vereinfachung wurde das **durchschnittliche Energieeinsparpotenzial** für die 218 untersuchten Gebäude ermittelt. Dazu wurde allein auf die 136 bzw. 148 Gebäude Bezug genommen, die einen erhöhten Wärme- bzw. Stromverbrauch aufweisen. Als Wärmebezugspreis wurde ein Durchschnittspreis für den Gesamtbestand i.H.v. 6,96 ct/kWh angesetzt. Als Durchschnittspreis für den Bezug von Strom wurden 15,31 ct/kWh verwendet.<sup>41</sup>

Im Ergebnis können bei einem **durchschnittlichen Gebäude mit Effizienzpotenzial** 52 kWh/m<sup>2</sup>a des Wärmeverbrauchs eingespart werden. Beim Stromverbrauch wird die durchschnittlich mögliche Reduzierung auf 44 kWh/m<sup>2</sup>a geschätzt. Unter Ansatz der jeweiligen Netto-Grundfläche der energetisch relevanten Landesgebäude mit Potenzial zur Verringerung des Energieverbrauchs ergeben sich durchschnittliche Kosteneinsparpotenziale beim Wärmeverbrauch i.H.v. 3,60 EUR/m<sup>2</sup> NGF\*a und beim Stromverbrauch i.H.v. 6,80 EUR/m<sup>2</sup>NGF\*a.

<sup>40</sup> Als witterungsbereinigter 3-Jahres-Wert basierend auf dem Verbrauch über drei zusammenhängende Jahre.

<sup>41</sup> Auskunft des THÜLIMA, Februar bis April 2013.

Auf dieser Datengrundlage soll in einer **Hochrechnung** das theoretisch mögliche Kosteneinsparpotenzial für den Gesamtgebäudebestand des Freistaates grob abgeschätzt werden. Für die **Hochrechnung** wurden die Daten der 218 Gebäude nach den 9 Gebäudearten des Bauwerkszuordnungskatalogs (BWZK) strukturiert ausgewertet. Getrennt für den Wärme- und den Stromverbrauch wird für die einzelnen BWZK-Gruppen das durchschnittliche **Energie- sowie Kosteneinsparpotenzial** abgeleitet. Dazu wurden die Einsparpotenziale der einzelnen Objekte bezogen auf ihre Netto-Grundfläche ermittelt und für die 9 BWZK-Hauptgruppen kumuliert. Der Prognose wird die Annahme zugrunde gelegt, dass eine Gleichverteilung der Einsparpotenziale innerhalb der BWZK-Gruppen vorliegt. Dies stellt eine von mehreren Vereinfachungen dar, die bei der Hochrechnung einschränkend zu beachten sind.<sup>42</sup>

Aufgrund keiner oder geringer Gebäude dieser Art in der Untersuchungsmenge konnten für vier der neun BWZK-Hauptgruppen keine Ableitungen getroffen werden: Keines der 218 Gebäude war dem Gesundheitswesen (BWZK 3.000) zuzuordnen, sodass für diese Kategorie kein Durchschnittswert ausgewiesen werden kann. Ebenfalls aufgrund von jeweils nur drei oder weniger Gebäuden bei der Hochrechnung **außen vor gelassen** wurden die Sportbauten (BWZK 5000), die Bauwerke für Produktion, Werkstätten etc. (BWZK 7000) sowie die Bauwerke für technische Zwecke (BWZK 8000). Im Gesamtbestand (938) sind insgesamt 266 Gebäude (12 % der Netto-Grundfläche) dieser Gebäudearten enthalten. Möglicherweise bei diesen Gebäuden gegebene Einsparpotenziale bleiben bei der Hochrechnung unberücksichtigt.

| BWZK Nr. | BWZK-Bezeichnung                    | NaGET (218)                       |  |   |   |   | Gesamtportfolio (938)             |                  |   |
|----------|-------------------------------------|-----------------------------------|--|---|---|---|-----------------------------------|------------------|---|
|          |                                     | Anzahl Gebäude je BWZK-Gruppe [-] | Flächenanteil Gebäude mit Potenzial [m² NGF] | Flächenanteil Gebäude mit Potenzial [%] | Durchschnitt Einsparpotenzial Wärme der Gebäude mit Potenzial [kWh/m²a] | Kosteneinsparpotenzial Wärme der Geb. mit Potenzial [EUR/m²a] | Anzahl Gebäude je BWZK-Gruppe [-] | NGF [m²]         | Hochrechnung Kosteneinsparpotenzial Wärme [EUR/a] |
| 1000     | Parlament-, Gerichts-, Verwalt.geb. | 99                                | 222.092                                      | 59%                                     | 55  | 3,79  | 288                               | 649.995          | 1.457.361   |
| 2000     | Gebäude für wissenschaftl. Lehre    | 79                                | 143.379                                      | 45%                                     | 67  | 4,65  | 206                               | 476.194          | 991.048   |
| 3000     | Gebäude des Gesundheitswesens       | 0                                 | 0  | k.A.                                    | k.A.  | k.A.  | 4                                 | 3.261            | k.A.  |
| 4000     | Schulen                             | 10                                | 13.926                                       | 44%                                     | 30  | 2,11  | 33                                | 48.738           | 45.248  |
| 5000     | Sportbauten                         | 3                                 | 1.895  | k.A.                                    | k.A.  | k.A.  | 23                                | 30.205           | k.A.  |
| 6000     | Gemeinschaftsstätten                | 14                                | 38.661                                       | 68%                                     | 37  | 2,60  | 59                                | 127.799          | 227.237   |
| 7000     | Gebäude für Produktion, etc.        | 3                                 | 902  | k.A.                                    | k.A.  | k.A.  | 199                               | 157.071          | k.A.  |
| 8000     | Bauwerke für technische Zwecke      | 1                                 | 139  | k.A.                                    | k.A.  | k.A.  | 40                                | 12.457           | k.A.  |
| 9000     | Gebäude anderer Art                 | 9                                 | 51.053                                       | 82%                                     | 18  | 1,23  | 86                                | 170.935          | 172.226   |
|          |                                     | <b>218</b>                        | <b>472.047</b>                               |   |   |   | <b>938</b>                        | <b>1.676.655</b> | <b>2.893.120</b>                                  |

**Abbildung 26: Kosteneinsparpotenzial beim Wärmeverbrauch.**

Quelle: Eigene Darstellung.

<sup>42</sup> Weitere Vereinfachungen sollen kurz benannt werden: Z.B. stellt die Verwendung von Mittelwerten (z.B. der Verbräuche) eine grobe Vereinfachung dar. Gerade die Einsparungen durch energetische Sanierungen werden dadurch erst nach drei Jahren voll abgebildet. Brutto-Grundflächen wurden mit Hilfe von Umrechnungsfaktoren in die benötigten Netto-Grundflächen umgewandelt, worin Unsicherheiten begründet sind. Darüber hinaus fließen, wie bereits grundlegend festgestellt, keine Angaben über das Baujahr, die Wärmedämmeigenschaften der Fassade etc. in die Analysen ein, wodurch sich weitere Unterschiede zu den realen Einsparmöglichkeiten ergeben können. Des Weiteren ist für eine BWZK-Gruppe (z.B. 1000), für die kein Vergleichswert verfügbar und keine höhere Ebene mit Vergleichswert gegeben ist, entsprechend der Richtlinie des BMVBS pauschal auf die BWZK-Gruppe 1300 und deren Vergleichswert ausgewichen worden. Auch in dieser Vereinfachung sind Unsicherheiten des Ergebnisses begründet.



Auf dieser Basis wurde das theoretisch mögliche Kosteneinsparpotenzial für den Gesamtgebäudebestand abgeleitet. Abbildung 26 ist zu entnehmen, dass für den **Wärmeverbrauch** entsprechend der skizzierten Vorgehensweise als grobe Schätzung von einem Kosteneinsparpotenzial i.H.v. rund **2,9 Mio. Euro p.a.** bezogen auf den betrachteten Teil des Gesamtbestandes (672 von 938) ausgegangen werden kann. Allein für die Parlaments-, Gerichts- und Verwaltungsgebäude (BWZK 1000) ergibt sich demnach ein Einsparpotenzial von rund 1,5 Mio. Euro pro Jahr.

Beim **Stromverbrauch** kann das Kosteneinsparpotenzial für das Gesamtportfolio auf rund **6,9 Mio. Euro p.a.** beziffert werden. Die umfangreichen Potenziale zur Reduzierung des Stromverbrauchs führen demnach auch zu entsprechend hohen erreichbaren Kosteneinspareffekten. Gemäß Abbildung 27 ist allein für die Wissenschaftsgebäude (BWZK 2000) von einer theoretisch erreichbaren Einsparung i.H.v. rund 2,6 Mio. Euro pro Jahr auszugehen. Der Unterschied zur Kosteneinsparhöhe beim Wärmeverbrauch ist neben der absoluten Höhe an einsparbaren kWh auch auf den mehr als doppelt so hohen Energiebezugspreis zurückzuführen.

| BWZK Nr. | BWZK-Bezeichnung                  | NaGET (218)                       |  |   |  |  | Gesamtportfolio (938)             |                       |   |
|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|---|--|--|-----------------------------------|-----------------------|---|
|          |                                   | Anzahl Gebäude je BWZK-Gruppe [-] | Flächenanteil Gebäude mit Potenzial [m <sup>2</sup> NGF] | Flächenanteil Gebäude mit Potenzial [%] | Durchschnitt Einsparpotenzial Wärme der Gebäude mit Potenzial [kWh/m <sup>2</sup> a] | Kosteneinsparpotenzial Wärme der Geb. mit Potenzial [EUR/m <sup>2</sup> a] | Anzahl Gebäude je BWZK-Gruppe [-] | NGF [m <sup>2</sup> ] | Hochrechnung Kosteneinsparpotenzial Strom [EUR/a] |
| 1000     | Parlament-,Gerichts-,Verwalt.geb. | 99                                | 250.636  | 67%                                     | 31   | 4,67   | 288                               | 649.995               | 2.025.639   |
| 2000     | Gebäude für wissenschaftl. Lehre  | 79                                | 196.596  | 61%                                     | 58   | 8,83   | 206                               | 476.194               | 2.583.524   |
| 3000     | Gebäude des Gesundheitswesens     | 0                                 | 0  | k.A.                                    | k.A.   | k.A.   | 4                                 | 3.261                 | k.A.  |
| 4000     | Schulen                           | 10                                | 12.332   | 39%                                     | 12   | 1,85   | 33                                | 48.738                | 35.218  |
| 5000     | Sportbauten                       | 3                                 | 7.874  | k.A.                                    | k.A.   | k.A.   | 23                                | 30.205                | k.A.  |
| 6000     | Gemeinschaftsstätten              | 14                                | 43.381   | 77%                                     | 76   | 11,65  | 59                                | 127.799               | 1.141.232   |
| 7000     | Gebäude für Produktion, etc.      | 3                                 | 7.798  | k.A.                                    | k.A.   | k.A.   | 199                               | 157.071               | k.A.  |
| 8000     | Bauwerke für technische Zwecke    | 1                                 | 139  | k.A.                                    | k.A.   | k.A.   | 40                                | 12.457                | k.A.  |
| 9000     | Gebäude anderer Art               | 9                                 | 55.191   | 88%                                     | 47   | 7,25   | 86                                | 170.935               | 1.095.703   |
|          |                                   | <b>218</b>                        | <b>573.947</b>   |   |  |  | <b>938</b>                        | <b>1.676.655</b>      | <b>6.881.316</b>                                  |

**Abbildung 27: Kosteneinsparpotenzial beim Stromverbrauch.**

Quelle: Eigene Darstellung.

Auf der Basis der verwendeten Daten und der gewählten starken Vereinfachungen beläuft sich das geschätzte theoretische **Kosteneinsparpotenzial** für Wärme und Strom über alle betrachteten energetisch relevanten Gebäude des Freistaates Thüringen auf eine Summe i.H.v. rund **9,8 Mio. Euro p.a.** Bezugnehmend auf die Energiekosten des Freistaates Thüringen für die Versorgung seiner landeseigenen Gebäude mit Wärme und Strom i.H.v. rund 35 Mio. Euro<sup>43</sup> entspricht dies einer für möglich zu erachtenden **Kosteneinsparung von rund 28 %**.

Ob dieser **theoretische Wert** tatsächlich erreichbar ist, muss an dieser Stelle offen bleiben. Die dafür nötigen detaillierten Untersuchungen der Gebäudesubstanz, der Haustechnik etc. sind gerade nicht Inhalt einer energetischen Potenzialanalyse und i.d.R. nur separat für einzelne Gebäude sinnvoll. Auch Aussagen zur Wirtschaftlichkeit erforderlicher energetischer Sanierungen lassen sich erst in einem zusätzlichen Analyseschritt treffen.<sup>44</sup>

<sup>43</sup> Vgl. zu den Energiekosten des Freistaates Thüringen den Abschnitt 4.1.

<sup>44</sup> Vgl. die schrittweise Vorgehensweise zur Optimierung des Zeit- und Kostenaufwandes einer energetischen Potenzialanalyse in Abschnitt 1.5.

Nachdem ein Überblick über den Gesamtbestand gegeben wurde, soll noch einmal genauer auf die **vier flächenmäßig größten Gebäude** eingegangen werden. Der hohe Einfluss dieser Objekte auf das Gesamtportfolio bestätigt sich bei der Analyse der Energiekosten. Entsprechend Abbildung 28 würde eine Reduzierung des Wärmeverbrauchs auf den zugehörigen Vergleichswert der jeweiligen Gebäude eine jährliche Einsparung i.H.v. rund 500 kWh/a bedeuten. Viel entscheidender ist aber die mögliche Einsparung beim Stromverbrauch i.H.v. rund 5,0 MWh/a. Bei Annahme der angegebenen Wärme- und Strompreise entspricht dies überschlägig einer jährlichen **Kostenersparnis i.H.v. rund 800.000 Euro** pro Jahr. Damit beläuft sich der Anteil der vier flächenstärksten Objekte am Gesamteinsparpotenzial über alle untersuchten Gebäude (672 von 938) auf **rund 8 %** (800.000 Euro /9,8 Mio. Euro).

Ob diese Erwartungswerte realisiert werden können, ist in einer vertiefenden (Fein-)Analyse zu prüfen.<sup>45</sup> Die hohe potenzielle Einsparsumme ist zudem zur Größe der Objekte (jeweils > 17.000 m<sup>2</sup> NGF) ins Verhältnis zu stellen. Gleichwohl zeigt das Beispiel die Dimension der möglichen Einsparungen auf.

| lfd. Nr. | Energiebezugsfläche [m <sup>2</sup> ] | Einsparpotenzial Wärme [kWh/(m <sup>2</sup> a)] | Einsparpotenzial Wärme [kWh/a] | Energiepreis Wärme [EUR/kWh] | Kosteneinsparpotenzial Wärme [EUR/a] | Einsparpotenzial Strom [kWh/(m <sup>2</sup> a)] | Einsparpotenzial Strom [kWh/a] | Energiepreis Strom [EUR/kWh] | Kosteneinsparpotenzial Strom [EUR/a] | GESAMT Kosteneinsparpotenzial [EUR/a] |
|----------|---------------------------------------|---|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|---|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 9        | 18.622                                | 16  | 298.385                        | 0,0696                       | 20.768                               | 61  | 1.132.638                      | 0,1531                       | 173.407                              | 194.174                               |
| 11       | 27.267                                | 0   | 0                              | 0,0696                       | 0                                    | 51  | 1.397.502                      | 0,1531                       | 213.957                              | 213.957                               |
| 64       | 23.393                                | 0   | 0                              | 0,0696                       | 0                                    | 61  | 1.438.134                      | 0,1531                       | 220.178                              | 220.178                               |
| 255      | 17.565                                | 12  | 207.454                        | 0,0696                       | 14.439                               | 61  | 1.065.164                      | 0,1531                       | 163.077                              | 177.515                               |
|          |                                       |   | 505.839                        |                              | 35.206                               |   | 5.033.438                      |                              | 770.619                              | 805.826                               |

**Abbildung 28: Kosteneinsparpotenziale für vier ausgewählte Objekte.**

Quelle: Eigene Darstellung.

Ist eine **Priorisierung** der Objekte nach den einsparbaren Kosten für Wärme und Strom gefragt, wäre Gebäude Nr. 64 vor Nr. 11 für weitere Untersuchungen auszuwählen, wobei allerdings der geringe Abstand zwischen den vier Objekten zu beachten ist. In Bezug zum untersuchten Gesamtportfolio zeigt sich, dass die vier Gebäude zu den TOP 7 der höchsten einsparbaren Gesamtkostenanteile zählen und sich damit alle für eine vertiefende Analyse anbieten. Dies gilt insbesondere für die Zielstellung, dass möglichst wenige Objekte mit großem Einfluss auf den Gesamtenergieverbrauch des Gebäudeportfolios ausgewählt und hinsichtlich energetischer Optimierungsmöglichkeiten geprüft werden sollen.

Die für die einzelnen Objekte als realisierbar eingeschätzten Energiekosteneinsparungen geben Hinweise auf das **finanzielle Budget**, das für eine wirtschaftliche Durchführung energetischer Sanierungsmaßnahmen zur Verfügung steht. Liegen konkrete Kostenansätze für bauliche und technische Energieeinsparmaßnahmen vor, lassen sich aus der Gegenüberstellung Schlussfolgerungen zur Wirtschaftlichkeit der energetischen Sanierungsmaßnahmen ableiten.

**Zusammenfassend** kann festgehalten werden, dass die bisherigen Analysen auf Portfolioebene wichtige Hinweise zu auffälligen Gebäuden geben können. Zur Untersetzung und Prüfung dieser Ergebnisse bietet sich eine **weitergehende Untersuchung** von Gruppen gleichartiger Gebäude oder anderwei-

<sup>45</sup> Vgl. zu den Untersuchungsebenen Abbildung 1 in Abschnitt 1.5.

tiger **Teilportfolien** an. Gegenüber gleichartigen Gebäuden lassen sich ungewöhnlich hohe Verbräuche noch deutlicher erkennen und z.B. von Auffälligkeiten abgrenzen, die durch die Besonderheiten der Gebäudeart erklärbar sind. Ein Vergleich der auffälligen Gebäude mit anderen des gleichen Nutzers bzw. Liegenschaftsverwalters wiederum ermöglicht z.B. konkrete Hinweise für eine anzustrebende Priorisierung energetischer Maßnahmen an einem Standort (z.B. einer Universität). Diesem Ansatz folgend werden zunächst die **Hochschulgebäude** der Universität Erfurt einer separaten Analyse unterzogen.

#### 4.2 Auswertung für Gebäude eines Standortes am Beispiel der Universität Erfurt

Aufgrund einer heterogen ausgeprägten Belastbarkeit der Eingangsdaten bestand das Ziel einer **weitergehenden Prüfung** der Daten. Da sich dies für alle 218 betrachteten Gebäude als zu aufwendig und zeitintensiv darstellte, bestand das Ziel darin, Liegenschaftsverwalter anzusprechen, die über ein umfangreiches selbst genutztes und verwaltetes Gebäudeportfolio mit einer überdurchschnittlich guten Datenqualität verfügen. Diesen Anforderungen entsprachen insbesondere die Hochschulen mit ihren großen Gebäudebeständen. Durch die Mitwirkung der **Thüringer Hochschulen** bzw. deren Liegenschaftsabteilungen konnte die Datengrundlage für eine größere Anzahl an Gebäuden in vergleichsweise kurzer Zeit geprüft und weiter vervollständigt werden.

Hintergrund der **Befragung der Liegenschaftsverwaltungen** der Hochschulen war die Vermutung, dass die vor Ort erfassten und gepflegten Daten am stichhaltigsten und aktuellsten sind. Die Verantwortlichen betreuen die Objekte Tag für Tag vor Ort und kennen ihre Gebäude über viele Jahre. Liegen im Vorfeld unterschiedliche Angaben aus den einzelnen zur Verfügung stehenden Quellen vor, konnten diese nun mit den Angaben der örtlich Verantwortlichen abgeglichen werden. Auf diese Weise wurden Daten bestätigt bzw. korrigiert und noch nicht vorhandene Angaben ergänzt.

Die als Ergebnis der intensiven Zusammenarbeit mit den Hochschulen vorliegende Datenbasis ist geeignet, um die erfassten **Gebäude der Thüringer Hochschulen untereinander zu vergleichen**. Auch für die nicht betrachteten Hochschulgebäude können die Ergebnisse als Orientierung dienen. Die Untersuchungsebene der Gesamtheit der Hochschulgebäude<sup>46</sup> wurde im Rahmen des Forschungsprojektes NaGET nur im Überblick betrachtet. Hier besteht Potenzial für weiteren Erkenntnisgewinn. In der vorliegenden Untersuchung wurde die beispielhafte Betrachtung eines Hochschulstandortes gewählt. Mit Hilfe der Datengrundlage wurde eine vergleichende Verbrauchsanalyse der Gebäude der Universität Erfurt durchgeführt.

Der Einrichtung wird damit ein entsprechendes **Informations- und Entscheidungsinstrument** an die Hand gegeben, das dabei unterstützt, die Objekte mit hohem Handlungsbedarf auszuweisen und dementsprechende Defizite deutlich zu machen. Prinzipiell ist davon auszugehen, dass die Verantwortlichen die baulichen und energetischen Zustände ihrer Gebäude bereits gut kennen. Durch die quantitative Auswertung sowie den Vergleich mit zugehörigen Vergleichs- und Mittelwerten ist dennoch der Gewinn zusätzlicher Informationen wahrscheinlich, die dann in die Entscheidungsprozesse vor Ort bzw. in die Diskussion mit den übergeordneten Mittelgebern einbezogen werden können.

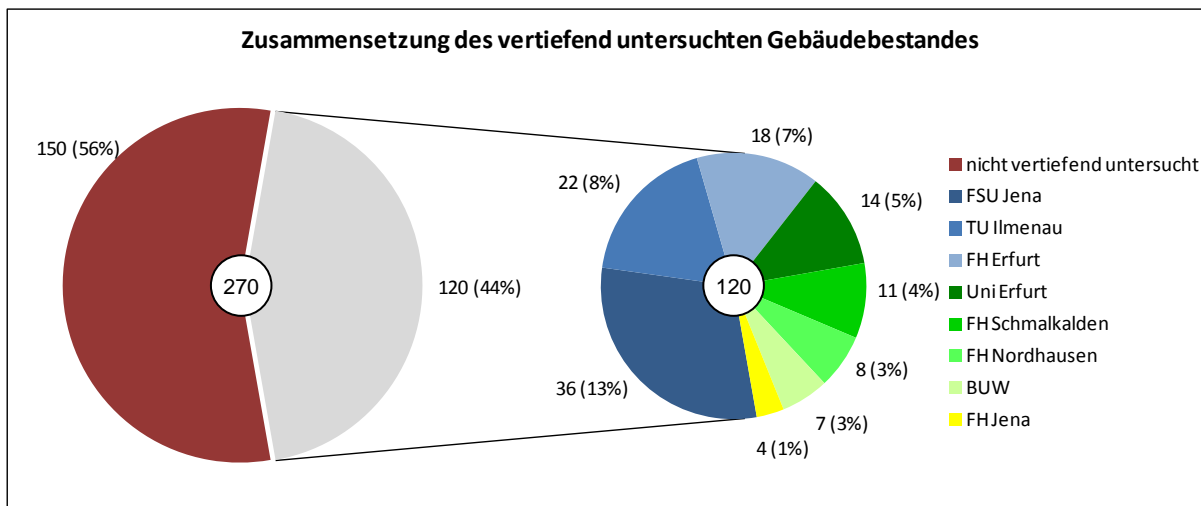
Bevor konkret auf die Gebäude der Universität Erfurt eingegangen wird, soll zunächst ein Überblick über den Gebäudebestand der Thüringer Hochschulen gegeben werden, der in großem, aber nicht vollständigem Umfang Gegenstand der Untersuchung war.

---

<sup>46</sup> Vgl. Ebene 2a in Abbildung 2.

#### 4.2.1 Überblick zu den untersuchten Thüringer Hochschulgebäuden

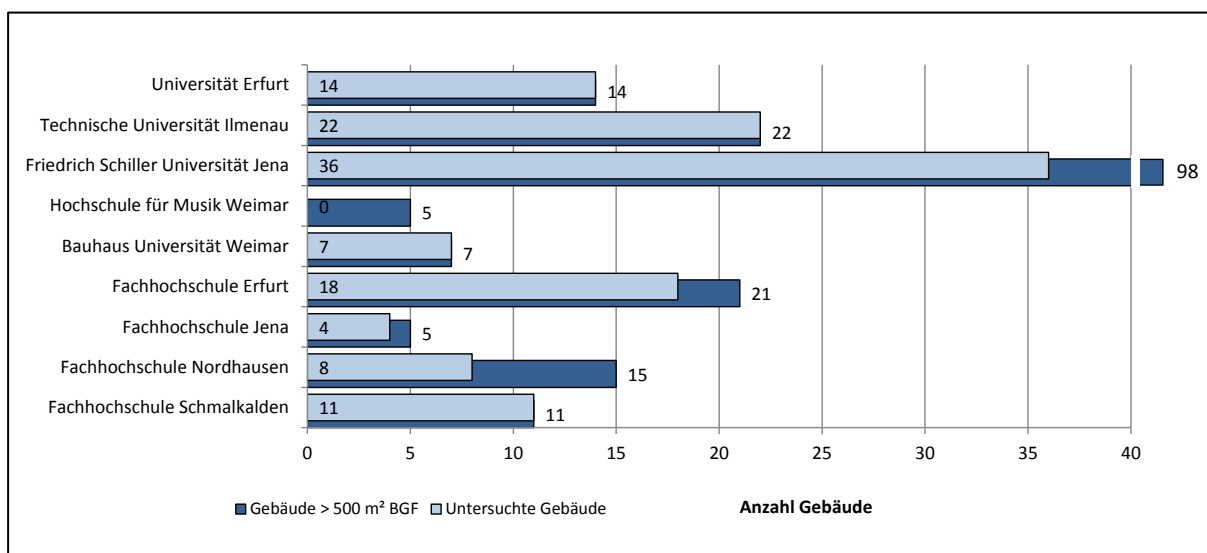
Von den insgesamt 270 untersuchten Gebäuden wurden 120 Gebäude (44%) einer vertiefenden Prüfung unterzogen (vgl. Abbildung 29). Die Gebäude stammen alle aus dem Liegenschaftsbestand der Thüringer Hochschulen. Die Netto-Grundfläche (NGF) der untersuchten Gebäude liegt nahezu durchgehend über 1.000 m<sup>2</sup>.<sup>47</sup>



**Abbildung 29: Zusammensetzung der vertiefend untersuchten Hochschulgebäude.**

Quelle: Eigene Darstellung.

Welche Relation der untersuchte Gebäudebestand zum **Gebäudebestand der einzelnen Hochschulen** aufweist, zeigt die Abbildung 30. Zur Vereinfachung der Darstellung und zur Reduzierung auf die hier im Fokus stehenden Gebäude erfolgte die Erfassung aller Hochschulgebäude ab einer Brutto-Grundfläche (BGF) i.H.v. 500 m<sup>2</sup>.



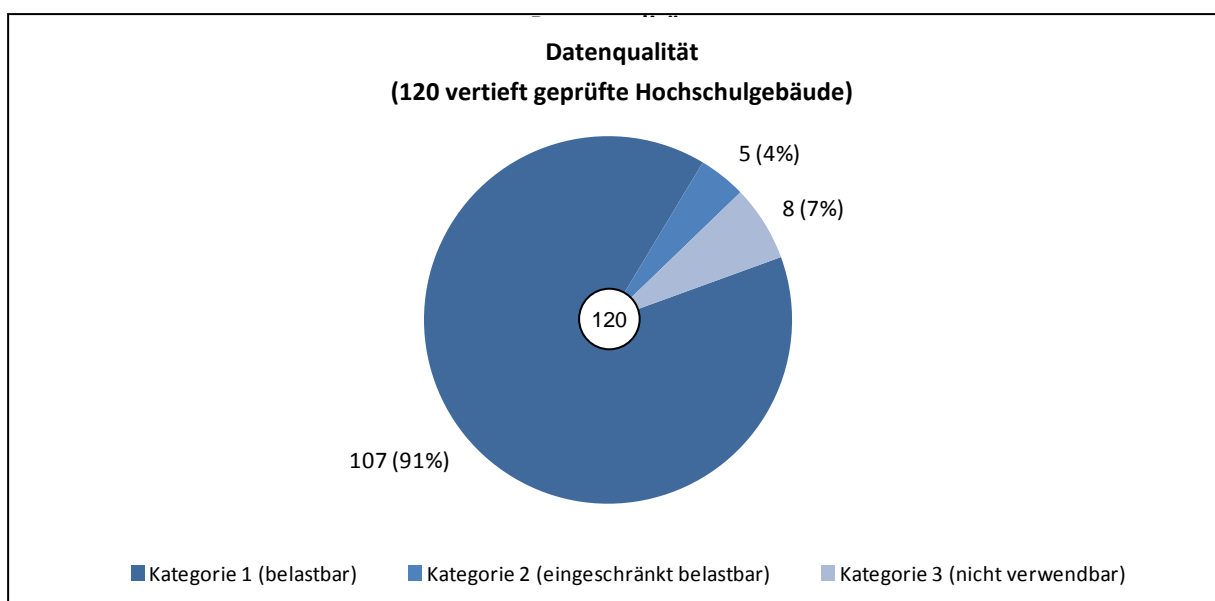
**Abbildung 30: Gebäudebestand der Thüringer Hochschulen mit einer BGF > 500 m<sup>2</sup>.**

Quelle: Eigene Darstellung.

<sup>47</sup> Vgl. Abschnitt 2.1.

Mit dieser Eingrenzung sind den Thüringer Hochschulen insgesamt 198 Gebäude zuzuordnen, von denen in der **Untersuchung 120** und damit rund 60 % abgebildet sind. Bis auf die Hochschule für Musik Weimar sind aus allen weiteren acht staatlichen Hochschulen Gebäude vertreten. Die Anzahl der Gebäude und die Anteile am Gesamtbestand der Hochschulen sind unterschiedlich. Während bei der FH Schmalkalden mit elf Gebäuden der gesamte in Frage kommende Gebäudebestand Teil der Untersuchung ist, beläuft sich der Anteil bei der FSU Jena mit 36 untersuchten Gebäuden auf 37 %.

In der Abbildung 31 ist die Datenqualität für die 120 Gebäude angegeben, die der entsprechenden Prüfung durch die Liegenschaftsverwaltungen unterzogen wurde. Durch deren Einbeziehung liegt eine hohe Belastbarkeit der Daten vor, mit entsprechender Auswirkung auf die Einschätzung der Datenqualität. Zu 107 der 120 untersuchten Gebäude (91 %) liegen demnach Informationen in **hoher Datenqualität** vor (Kategorie 1).<sup>48</sup> Nur für acht Gebäude (7 %) war trotz zusätzlicher Prüfung keine ausreichende Qualität gegeben. Die Verlässlichkeit der Daten und ihrer Auswertungen kann insgesamt als sehr hoch eingeschätzt werden.



**Abbildung 31: Datenqualität der vertiefend geprüften Hochschulgebäude.**

Quelle: Eigene Darstellung.

#### 4.2.2 Die Gebäude der Universität Erfurt

Der Immobilienbestand der Universität Erfurt umfasst **14 Gebäude**, die über eine BGF von mindestens 500 m<sup>2</sup> verfügen. **Alle Gebäude** wurden in die vorliegende Untersuchung einbezogen. In der Abbildung 32 wurden einige ausgewählte Gebäudedaten zusammengestellt.

<sup>48</sup> Vgl. zur Differenzierung der Datenqualität in die Kategorien 1 bis 3 Abschnitt 2.5.

| Nr. | Bezeichnung Gebäude                             | BWZK | Normtext BWZK                       | Baujahr | BGF    | NGF    | Energieausweis gebäudebezogen | VZ-Kategorie |
|-----|---|------|-------------------------------------|---------|--------|--------|-------------------------------|--------------|
| 164 | Lehrgebäude 2                                   | 2000 | Gebäude für wissenschaftliche Lehre | 1965    | 10.252 | 8.567  | ja                            | VZ1          |
| 165 | Audimax   | 2100 | Hörsaalgebäude                      | 1961    | 5.505  | 4.104  | ja                            | VZ1          |
| 166 | Lehrgebäude 1                                   | 2000 | Gebäude für wissenschaftliche Lehre | 1953    | 11.150 | 8.600  | ja                            | VZ1          |
| 167 | Verwaltungsgebäude                              | 1300 | Verwaltungsgebäude                  | 1965    | 7.301  | 6.341  | ja                            | VZ1          |
| 168 | Neue Mensa                                      | 6530 | Mensen                              | 1983    | 5.780  | 4.971  | ja                            | VZ1          |
| 169 | Wohnheim V (Hochhaus) bzw. Mitarbeitergebäude 1 | 6230 | Studentenwohnheime                  | 1964    | 8.355  | 4.215  | ja                            | VZ1          |
| 170 | Mitarbeitergebäude 2                            | 1300 | Verwaltungsgebäude                  | 1955    | 2.765  | 2.426  | ja                            | VZ1          |
| 171 | Nebengebäude                                    | 2210 | Institutsgebäude 1                  | 1975    | 1.487  | 1.257  | ja                            | VZ1          |
| 172 | Lehrgebäude 4                                   | 2000 | Gebäude für wissenschaftliche Lehre | 1961    | 5.110  | 4.505  | ja                            | VZ1          |
| 173 | Mitarbeitergebäude 3                            | 1300 | Verwaltungsgebäude                  | 1924    | 1.062  | 1.004  | ja                            | VZ1          |
| 174 | Internationales Begegnungszentrum               | 6300 | Gemeinschaftsunterkünfte            | 1392    | 2.214  | 1.564  | ja                            | VZ1          |
| 175 | Sporthalle                                      | 5100 | Hallen (ohne Schwimmhalle)          | 1988    | 2.924  | 2.649  | ja                            | VZ1          |
| 176 | Lehrgebäude III                                 | 2210 | Institutsgebäude 1                  | 1904    | 2.896  | 2.350  | ja                            | VZ1          |
| 255 | Bibliothek                                      | 9130 | Bibliotheksgebäude                  | 2000    | 18.503 | 17.565 | ja                            | VZ1          |

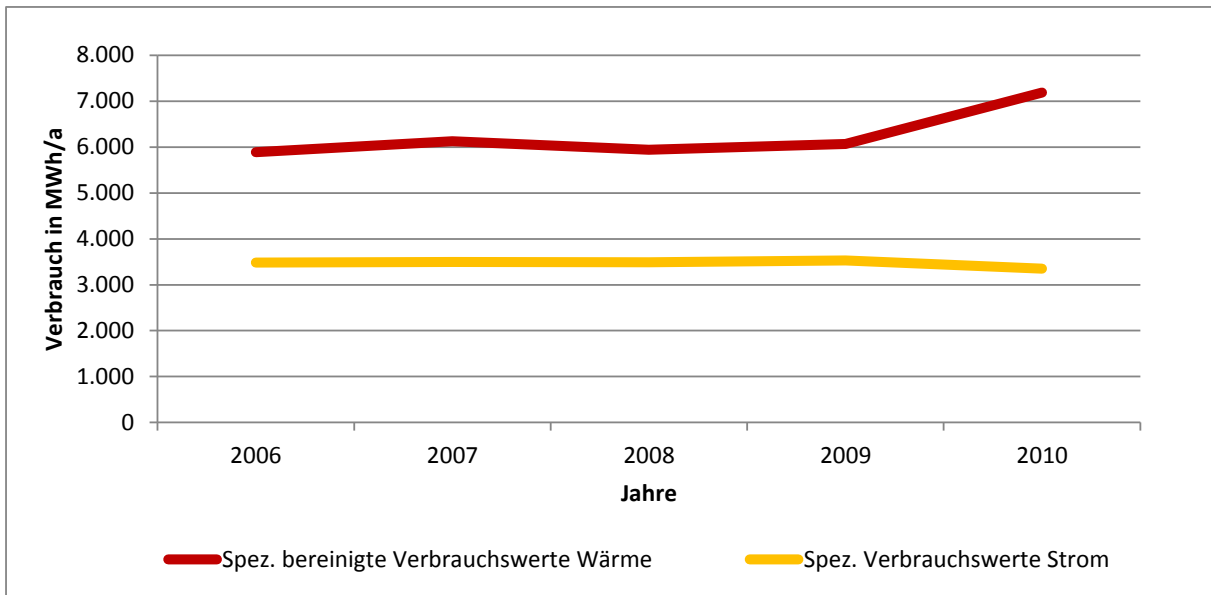
**Abbildung 32: Daten zu den Gebäuden der Universität Erfurt.**

Quelle: Eigene Darstellung.

Zu allen Gebäuden konnten die Wärme- und Stromverbrauchswerte ausgewertet werden. Die Energieverbräuche lagen für den Betrachtungszeitraum 2006 bis 2010 vollständig vor. Alle der untersuchten Gebäude verfügen über eine gebäudegenaue Erfassung der Verbrauchsdaten, sodass den Daten eine hohe Belastbarkeit attestiert werden kann (VZ 1).<sup>49</sup>

Der **Gesamtenergieverbrauch** für Wärme und Strom bewegte sich in den letzten Jahren auf einem **konstanten Niveau** (vgl. Abbildung 33). Gerade beim Stromverbrauch sind die Veränderungen nur sehr gering. Beim Wärmeverbrauch ist nach mehreren Jahren um 6 Mio. kWh/a im Jahr 2010 im Vergleich zum Vorjahr ein Anstieg um 18 % auf rund 7,2 Mio. kWh/a zu verzeichnen, der sich auf alle Gebäude gleichmäßig verteilt. Detaillierte Angaben zu den einzelnen Gebäuden können dem Anhang 2 entnommen werden.

<sup>49</sup> Vergleiche zur Klassifizierung der Verbrauchserfassung Abschnitt 2.4.



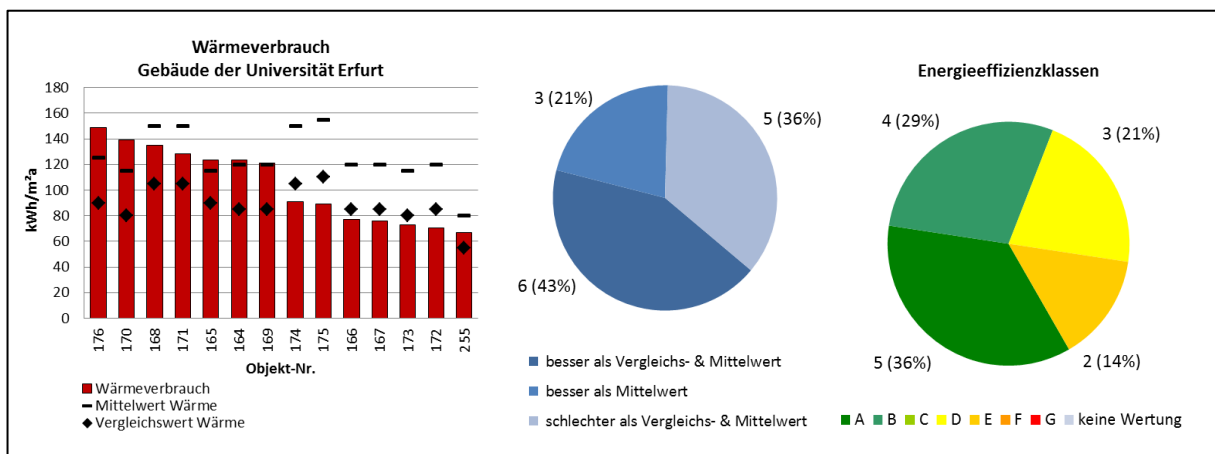
**Abbildung 33: Entwicklung des Energieverbrauchs der Universität Erfurt.**

Quelle: Eigene Darstellung.

#### 4.2.3 Analyse des Wärme- und Stromverbrauchs

In der Abbildung 34 erfolgt eine Gegenüberstellung der Gebäude der Universität Erfurt. Aufgrund der unterschiedlichen Gebäudearten ist jedem Objekt der spezifische Vergleichs- und Mittelwert der jeweiligen BWZK-Kategorie zugeordnet. Stehen Investitionsmittel zur Verfügung, die explizit an einen bestimmten Liegenschaftsverwalter, z.B. eine Hochschule, gebunden sind, ermöglicht diese Form der Auswertung eine **standortspezifische Priorisierung** von Gebäuden.

Der **Wärmeverbrauch** ist bei neun von 14 Gebäuden besser als der Mittelwert der jeweiligen BWZK-Gruppe. Bei drei weiteren Gebäuden (Nr. 164, 165, 169) wird diese Marke nur knapp verfehlt. Sechs der 14 Gebäude weisen sogar einen Wärmeverbrauch auf, der die Vorgaben des Vergleichswertes noch unterschreitet. Ein erhöhtes Verbesserungspotenzial besteht lediglich bei den Objekten Nr. 176 und 170, die beide einen deutlich erhöhten Wärmeverbrauch aufweisen und daher zur Verbesserung der Energieeffizienz mit hoher Priorität einer vertiefenden Analyse zugeführt werden sollten.



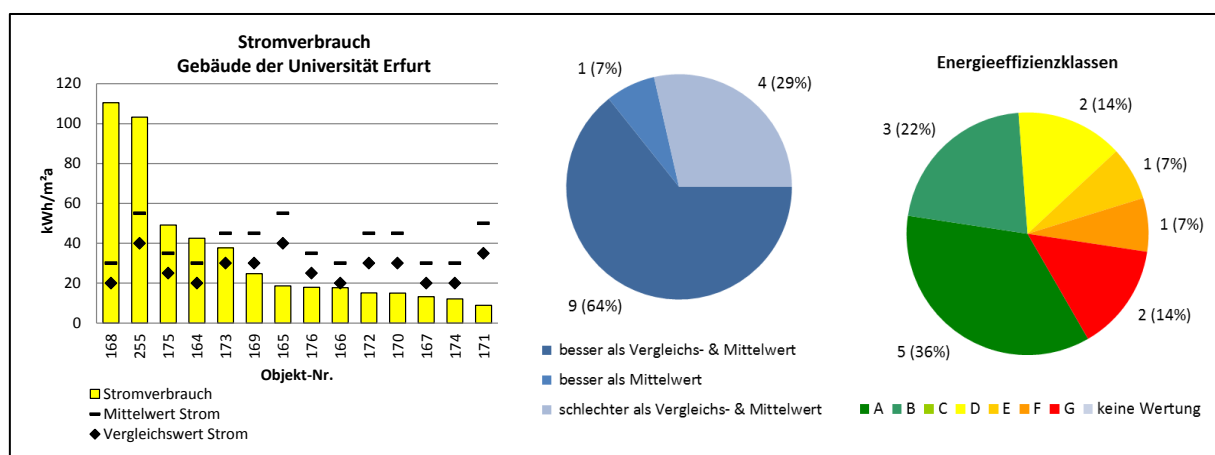
**Abbildung 34: Gebäude der Universität Erfurt mit Wärmeverbrauch.**

Quelle: Eigene Darstellung.

Insgesamt sind die vorliegenden Wärmeverbräuche überwiegend auf einem **guten bis sehr guten Niveau**. Im Durchschnitt sind die Gebäude um 16 % besser als der zugehörige Mittelwert. Auch das Diagramm auf der rechten Seite der Abbildung 34 bestätigt dieses grundsätzlich positive Bild. Die Objekte weisen überwiegend die beiden besten Energieeffizienzklassen „A“ und „B“ auf. Die unterste vertretene Klasse ist „E“, während das Spektrum bis „G“ reicht.

Die Auswertung des **Stromverbrauchs** der Gebäude zeigt ein ähnliches Bild, allerdings treten mehr Extremwerte auf. Mit zehn von 14 gelingt es bei der überwiegenden Mehrheit der Gebäude den Mittelwert der zugehörigen BWZK-Gruppe zu unterschreiten. Darüber hinaus wird bei neun Gebäuden sogar der Vergleichswert unterboten. Bei dem Objekt Nr. 171 fällt ein besonders niedriger Stromverbrauch auf, der 75 % unter dem Vergleichswert liegt. Dieser Extremwert ist nicht unter normalen Bedingungen erreichbar. Es ist daher zu prüfen ob ggf. z.B. nur eine teilweise Nutzung (Leerstand) des Gebäudes vorliegt.

Dem entgegen überschreiten die Stromverbräuche der beiden Objekte Nr. 168 und 255 sehr deutlich die Vorgaben und sollten bzgl. dieses Kriteriums bei der Einleitung von Verbesserungen mit Priorität angegangen werden. Die hohen Stromverbrauchswerte dieser beiden Objekte sind auch im Diagramm auf der rechten Seite der Abbildung 35 durch ihre Einordnung in die Energieeffizienzklasse „G“ zu erkennen. Es wird deutlich, dass die beiden Gebäude im Vergleich zum restlichen Gebäudebestand der Universität Erfurt deutlich abfallen.



**Abbildung 35: Gebäude der Universität Erfurt mit Stromverbrauch.**

Quelle: Eigene Darstellung.

Hinsichtlich dem Wärme- und Stromverbrauch bieten sich unterschiedliche Gebäude für eine prioritäre Behandlung bei der Planung von Energieeffizienzmaßnahmen an. Daher wird in einem weiteren Schritt das aus **beiden Kriterien kombinierte Einsparpotenzial** ermittelt. Die Rangfolge soll auf der Grundlage wirtschaftlicher Gegebenheiten gebildet werden, sodass der Energiebezugspreis mit einbezogen wird. Die kWh Strom verursacht deutlich höhere Kosten als die kWh Wärme, was es in der Berechnung zu berücksichtigen gilt.

#### 4.2.4 Standortsspezifische Priorisierung für die Universität Erfurt

Basierend auf den Verbrauchsdaten können die Energieeffizienz-Potenziale der einzelnen Gebäude ermittelt und verglichen werden. Dazu wird die Differenz der Verbrauchswerte zum Vergleichswert der BWZK-Gruppe gebildet und mit dem Energiepreis multipliziert. Die Addition der Einsparmöglich-



keiten bei Wärme und Strom ermöglicht die Angabe der theoretisch einsparbaren Gesamtkosten pro Jahr. Theoretisch deshalb, da nicht bekannt ist, ob die gewählte Benchmark bei dem konkreten Gebäude ggf. sogar noch unterschritten werden kann. Möglich ist auch, dass aufgrund baulicher Besonderheiten etc. bei dem konkreten Gebäude der Vergleichswert nicht erreichbar ist. Als Anhaltspunkt kann der Vergleichswert als offizieller Richtwert dennoch wertvolle Hinweise liefern.

Für den konkreten Fall der **Universität Erfurt** sind die **Einsparmöglichkeiten** in der Abbildung 36 zusammengestellt. Die Universität Erfurt bezieht für ihre Gebäude Wärme zu einem durchschnittlichen Preis i.H.v. 9,8 ct/kWh und Strom im Durchschnitt für 17,9 ct/kWh.

Die Auswertung **bestätigt** die bisherige Einschätzung. Die Gebäude Nr. 255 und 168 weisen neben den höchsten Stromverbrauchswerten auch die höchsten Energieeinspar-Potenziale auf. Damit wird deutlich, dass die übergreifende kostenmäßige Betrachtung zu einer **Priorisierung von Gebäude mit hohem Stromverbrauch** führt. Hohe Wärmeverbräuche haben dagegen aufgrund des im Vergleich niedrigeren Bezugspreises und der eher geringfügigen Erhöhung eine geringe Bedeutung für die Gesamtkosten. Die beim Wärmeverbrauch auffälligen Gebäude 170 und 176 sind mit den Rängen 6 und 7 im Mittelfeld einzuordnen.

| Nr. | Einsparpotenzial Wärme [kWh/(m²a)] | Einsparpotenzial Wärme [kWh/a] | Energiepreis Wärme [EUR/kWh] | Kosteneinsparpotenzial Wärme [EUR/a] | Einsparpotenzial Strom [kWh/(m²a)] | Einsparpotenzial Strom [kWh/a] | Energiepreis Strom [EUR/kWh] | Kosteneinsparpotenzial Strom [EUR/a] | Gesamtkosteneinsparpotenzial [EUR/a] | Rangfolge |
|-----|------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------|
| 164 | 38                                 | 327.704                        | 0,980                        | 22.808                               | 13                                 | 115.350                        | 0,179                        | 17.660                               | 40.468                               | 3.        |
| 165 | 33                                 | 137.481                        | 0,980                        | 9.569                                | 0                                  | 0                              | 0,179                        | 0                                    | 9.569                                | 8.        |
| 166 | 0                                  | 0                              | 0,980                        | 0                                    | 0                                  | 0                              | 0,179                        | 0                                    | 0                                    |           |
| 167 | 0                                  | 0                              | 0,980                        | 0                                    | 0                                  | 0                              | 0,179                        | 0                                    | 0                                    |           |
| 168 | 30                                 | 147.257                        | 0,980                        | 10.249                               | 82                                 | 407.794                        | 0,179                        | 62.433                               | 72.682                               | 2.        |
| 169 | 36                                 | 150.904                        | 0,980                        | 10.503                               | 0                                  | 0                              | 0,179                        | 0                                    | 10.503                               | 5.        |
| 170 | 59                                 | 143.231                        | 0,980                        | 9.969                                | 0                                  | 0                              | 0,179                        | 0                                    | 9.969                                | 6.        |
| 171 | 23                                 | 48.220                         | 0,980                        | 3.356                                | 0                                  | 0                              | 0,179                        | 0                                    | 3.356                                | 9.        |
| 172 | 0                                  | 0                              | 0,980                        | 0                                    | 0                                  | 0                              | 0,179                        | 0                                    | 0                                    |           |
| 173 | 0                                  | 0                              | 0,980                        | 0                                    | 16                                 | 15.789                         | 0,179                        | 2.417                                | 2.417                                | 10.       |
| 174 | 0                                  | 0                              | 0,980                        | 0                                    | 0                                  | 0                              | 0,179                        | 0                                    | 0                                    |           |
| 175 | 0                                  | 0                              | 0,980                        | 0                                    | 38                                 | 101.631                        | 0,179                        | 15.560                               | 15.560                               | 4.        |
| 176 | 59                                 | 138.469                        | 0,980                        | 9.637                                | 0                                  | 0                              | 0,179                        | 0                                    | 9.637                                | 7.        |
| 255 | 12                                 | 207.454                        | 0,980                        | 14.439                               | 61                                 | 1.065.164                      | 0,179                        | 163.077                              | 177.515                              | 1.        |

**Abbildung 36: Rangfolge der Gebäude der Universität Erfurt nach Energieeinspar-Potenzial.**

Quelle: Eigene Darstellung.

Die Gebäude der **Ränge 1 bis 3** weisen gemeinsam ein Potenzial i.H.v. rund 290.000 Euro und damit 83 % des Gesamtpotenzials aller untersuchten Gebäude der Universität Erfurt auf! Da das Bibliotheksgebäude Nr. 255 mit rd. 177.000 Euro allein 50 % der wirtschaftlichen Einspareffekte p.a. auf sich vereint, sollte dieses mit **hoher Priorität** behandelt werden. Unter der Annahme, dass dieser Betrag nach entsprechender energetischer Sanierung jedes Jahr einspart werden kann, ist er als **finanzielles Budget** für energetische Sanierungsmaßnahmen interpretierbar. Sie die Kosten zur Realisierung der Maßnahmen bekannt, lässt sich die Amortisationszeit ermitteln. Diese gibt an, ob die notwendigen Investitionen schon frühzeitig nach wenigen oder erst nach 15 oder 20 Jahren durch die eingesparten Energiekosten ausgeglichen werden.

Um **Kopplungseffekte** zu nutzen, sollten zuerst solche Gebäude für Sanierungsmaßnahmen ausgewählt werden, die sowohl hinsichtlich des Wärme- als auch des Stromverbrauchs ein deutliches Ver-

besserungspotenzial aufweisen. Werden die entsprechend nötigen Verbesserungsmaßnahmen in einer koordinierten Gesamtsanierung durchgeführt, spart dies i.d.R. Kosten gegenüber einzelnen nacheinander erfolgenden Sanierungsschritten.

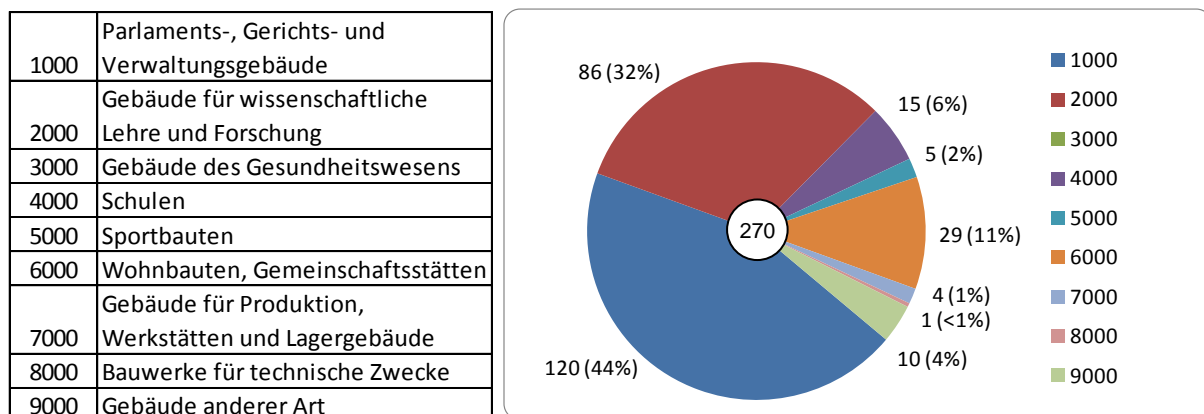
Ist auf der Grundlage der Auswertungen eine Priorisierung erfolgt, ist im **nächsten Schritt** eine **Feinanalyse** vorzusehen.<sup>50</sup> Mit dieser können die bisherigen vorwiegend auf Verbrauchsdaten basierenden Ergebnisse weiter untersetzt werden. Neben der Eingrenzung des Gebäudeportfolios auf eine Liegenschaftsverwaltung oder eine Einrichtung kann auch die Untersuchung ähnlicher Gebäude im Rahmen einer BWZK-Gruppe zu neuen Erkenntnissen führen.

### 4.3 Auswertung für BWZK-Gebäudegruppen am Beispiel 2200 und 9130

Als weitere Auswertungsmöglichkeit zwischen Einzelobjekt und Gesamtbestand bieten sich nach dem **Bauwerkszuordnungskatalog (BWZK)** geordnete Gebäudegruppen an. Dieser Katalog der Gebäudearten wurde von der ARGEBAU - Hochbauausschuss der Länder (LAG) erarbeitet.<sup>51</sup> Dabei handelt es sich um Gebäude gleicher Nutzung, sodass die Aussagekraft eines Vergleichs entsprechend groß ist. Dieser Katalog wurde speziell zur Systematisierung öffentlicher Gebäude konzipiert. Er ist daher geeignet, den untersuchten Gebäudebestand des Freistaats Thüringen zu erfassen und zu strukturieren. Ende 2010 wurde auf der Bauministerkonferenz eine neue Version des Bauwerkszuordnungskatalogs beschlossen. Da die Vergleichs- und Mittelwerte des BMVBS bisher aber weiterhin nur für die bislang verwendeten BWZK-Nummern vorliegen, wird auch in dieser Studie daran festgehalten.

#### 4.3.1 Strukturierung des Gebäudebestandes nach BWZK-Gruppen

Auf der ersten Ebene des Bauwerkszuordnungskataloges (BWZK) werden die neun **Gebäudearten** entsprechend der linken Seite der Abbildung 37 unterschieden. Für jede der Gebäudearten ist eine vertiefende Untergliederung auf die 2. Ebene (z.B. 9100 Gebäude für kulturelle und musische Zwecke) und teilweise bis auf die 3. oder sogar 4. Ebene (z.B. 1.311 Ministerien) möglich.<sup>52</sup>



**Abbildung 37: Übersicht über vorhandene BWZK-Gebäudegruppen.**

Quelle: Eigene Darstellung.

<sup>50</sup> Vgl. zur Feinanalyse Abschnitt 4.4.

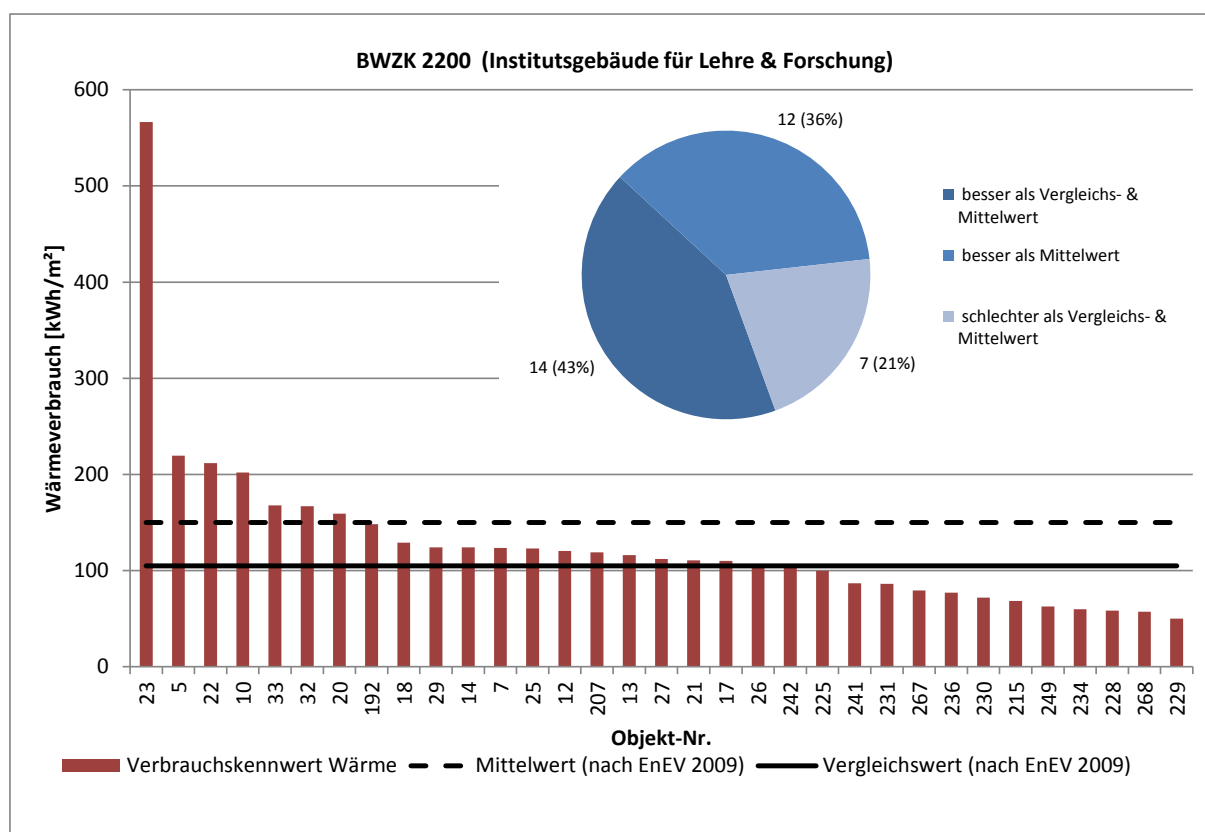
<sup>51</sup> Vgl. Bogenstätter (2007). Der BWZK unterliegt einer stetigen Weiterentwicklung. In einzelnen Bundesländern wird teilweise mit modifizierten Untergliederungen gearbeitet. Ende 2010 wurde auf der Bauministerkonferenz eine neue Version des Bauwerkszuordnungskatalogs beschlossen. Vgl. dazu Bauministerkonferenz (2010).

<sup>52</sup> Vgl. zur BWZK-Struktur Anhang 5.

Auf der rechten Seite der Abbildung wird das Ergebnis der Anwendung des Bauwerkszuordnungskataloges auf den untersuchten Gebäudebestand des Freistaats Thüringen gezeigt. Demnach sind knapp die **Hälfte** der 270 aufgenommenen Gebäude **Parlaments-, Gerichts- und Verwaltungsbauten (BWZK 1000)**. Mit ca. einem Drittel bilden die Lehr- und Forschungsgebäude (BWZK 2000) die zweitgrößte Gruppe. Den drittgrößten Anteil bilden mit 11 % die Wohnbauten und Gemeinschaftsstätten (BWZK 6000). In dieser Gruppe sind neben Gemeinschaftsunterkünften auch Studenten- und Sportlerwohnheime sowie Mensen zusammengefasst. Darüber hinaus sind bis auf Gebäude des Gesundheitswesens alle weiteren Gebäudetypen mit Objekten vertreten.

#### 4.3.2 Institutsgebäude für Forschung und Lehre (BWZK 2200)

Eine der größten Gebäudegruppen innerhalb der 270 untersuchten Gebäude stellen die „**Institutsgebäude für Lehre und Forschung**“ (BWZK 2200) dar. Insgesamt 33 der untersuchten Gebäude wurden dieser Kategorie zugeordnet und erfüllen die Anforderungen an die Datenqualität. Der Abbildung 38 ist eine Übersicht aller Objekte dieser Kategorie und deren Heizwärmeverbrauch zu entnehmen. Sie sind mit ihrer Objekt-Nummer auf der x-Achse aufgeführt.<sup>53</sup>



**Abbildung 38: Heizwärmeverbrauch der Objekte BWZK 2200 im Vergleich.**

Quelle: Eigene Darstellung.

In der Grafik sind gleichfalls der **Mittelwert** der BWZK 2200 mit 150 kWh/m<sup>2</sup>\*a (als gestrichelte Linie) und der **Vergleichswert** mit 105 kWh/m<sup>2</sup>\*a (als durchgehende Linie) angegeben.<sup>54</sup> Der Grafik ist zu

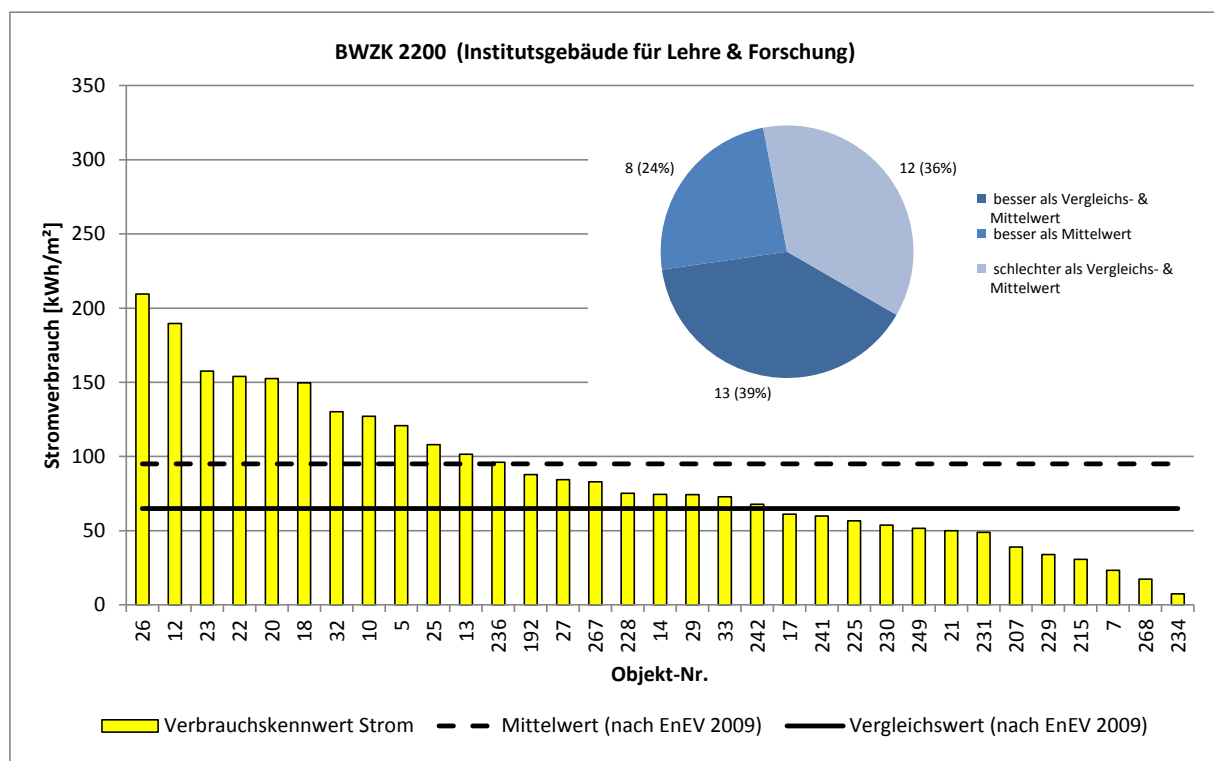
<sup>53</sup> Da die Vergleichswerte für die BWZK 2200 nicht in Abhängigkeit der NGF angegeben sind (< / > 3.500 m<sup>2</sup> NGF), ist eine diesbezügliche Unterscheidung beim Heizwärmeverbrauch nicht erforderlich. Vgl. weiterführend Anhang 5.

<sup>54</sup> Mittelwert und Richtwert sind die Vergleichswerte auf der Basis der EnEV 2007 bzw. 2009. Vgl. Abschnitt 3.5, S. 40 ff.

entnehmen, dass der Heizwärmeverbrauch der überwiegenden Anzahl der Objekte (79 %) geringer und damit besser ausfällt als der Mittelwert. Ein ausgesprochen hoher Anteil von 14 Gebäuden bzw. 43 % erfüllt darüber hinaus den Vergleichswert.

Diese vergleichende Auswertungsvariante ist besonders geeignet, um auffällig hohe Verbrauchswerte im **Vergleich mit ähnlichen Gebäuden** zu erkennen. Im vorliegenden Fall betrifft dies in erster Linie die Gebäude Nr. 23, 5, 22 und 10. Aus dieser Gruppe der Hochverbraucher sticht das Gebäude Nr. 23 hervor, dessen Heizenergieverbrauch 5-fach über dem Vergleichswert liegt und damit zur Einleitung von sofortigen Detailuntersuchungen sowie einem möglichst schnellen Gegensteuern auffordert.

Sind Gebäude mit ungewöhnlich hohem Energieverbrauch identifiziert, können gezielt weitere Analyseschritte eingeleitet werden. Zunächst ist nochmals die Korrektheit der Datengrundlage zu überprüfen. Auch wenn die Datenqualität als hoch eingeschätzt wurde, sollte dieser Schritt zur Absicherung der Ergebnisse stets erfolgen. Neben den Verbrauchsangaben sind hier weitere Einflussfaktoren wie die Flächenangaben oder die zugeordnete Nutzungsart respektive BWZK-Gruppe einzubeziehen. Auch bisher vernachlässigte Nebenflächen mit einer anderweitigen Nutzung könnten den hohen Heizwärmeverbrauch begünstigen. Das Gebäude sollte aufgrund des Extremwertes möglichst kurzfristig einer detaillierteren Gebäudeanalyse im Rahmen einer Feinanalyse<sup>55</sup> unterzogen werden. Auf diese Weise können die Ursachen des ungewöhnlich hohen Verbrauchs erforscht werden und Gegenmaßnahmen eingeleitet werden.



**Abbildung 39: Stromverbrauch der Objekte BWZK 2200 im Vergleich.**

Quelle: Eigene Darstellung.

Eine gleichgelagerte Auswertung wurde auch beim **Stromverbrauch** durchgeführt. Die Ergebnisse sind in der Abbildung 39 dargestellt. Der Vergleichswert wird hier bei 13 und damit deutlich weniger

<sup>55</sup> Vgl. zur Feinanalyse Abschnitt 4.4.

Gebäuden erreicht als beim Heizwärmeverbrauch. Bei ca. der Hälfte der Gebäude wird auch der vom BMVBS herausgegebene Mittelwert der BWZK-Gruppe nicht erreicht.

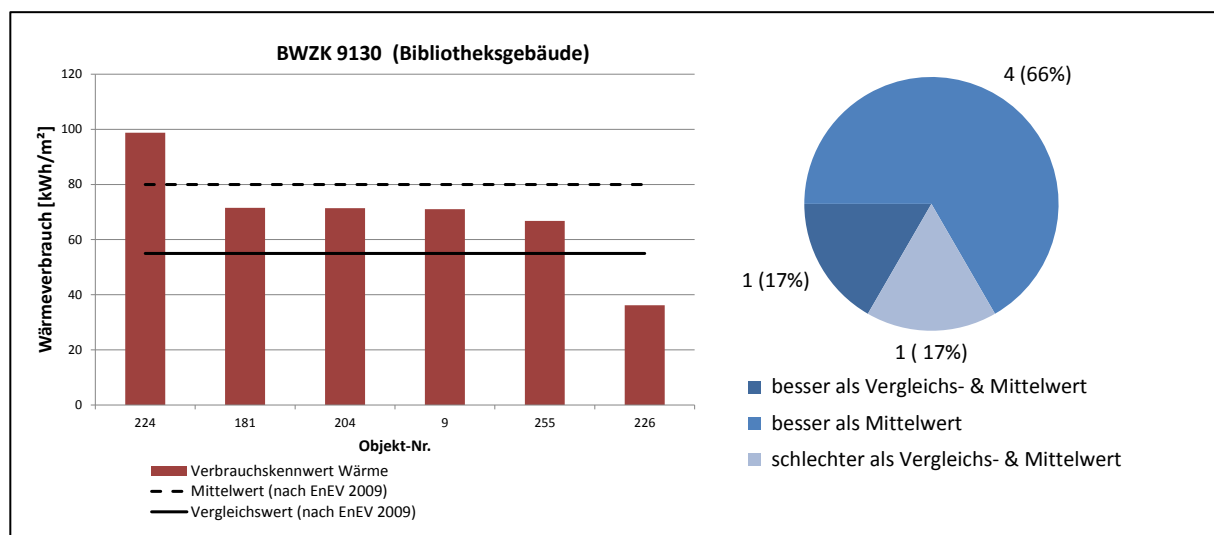
Bauweisen und Nutzungsbedingungen der Gebäude einer BWZK-Gruppe sind ähnlich, was darauf schließen lässt, dass bei den Gebäuden mit hohem Stromverbrauch deutliche Verbesserungen möglich sind. Die Gebäude, die sich durch einen besonders niedrigen Stromverbrauch auszeichnen, können als „**Good Practise Beispiele**“ herangezogen werden und ggf. auch als Ideengeber für Umgestaltung bei Hochverbrauchern dienen.

In jedem Fall sind für die Gebäude mit überhöhten Werten separat in **detaillierten Untersuchungen** geeignete Maßnahmen zur Reduzierung des Strombedarfs zu ermitteln, um das bestehende Verbesserungspotenzial auszunutzen. Inwieweit dies von Mitarbeitern der Liegenschaftsverwalter vor Ort oder im Rahmen einer Feinanalyse erfolgt, ist in Abhängigkeit der Qualifikationen des eigenen Personals, der Dringlichkeit der Detailanalysen und der zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel zu entscheiden.

### 4.3.3 Bibliotheksgebäude (BWZK 9130)

In Ergänzung zur Untersuchung der Institutsgebäude für Forschung und Lehre wurden die **Bibliotheksgebäude (BWZK 9130)** für eine Gegenüberstellung ausgewählt. Es handelt sich dabei um eine BWZK-Gebäudegruppe der 3. Ebene.<sup>56</sup> Dementsprechend sind vergleichsweise wenige Gebäude erhalten, für die aber dafür eine noch höhere Vergleichbarkeit angenommen werden kann. Wobei einschränkend gerade bei Bibliotheken zu beachten ist, dass es sich oft um großflächige Bauwerke mit hohem architektonischem Anspruch und hoher Individualität handelt.

Die **Heizwärmeverbräuche** der hier zu betrachtenden sechs Objekte dieser Gebäudekategorie zeigt Abbildung 40. Vier Gebäude liegen geringfügig, ein weiteres Gebäude deutlicher über dem Vergleichswert. Das sechste Gebäude Nr. 226 weist einen sehr geringen Heizwärmeverbrauch weit unter dem Vergleichswert auf.



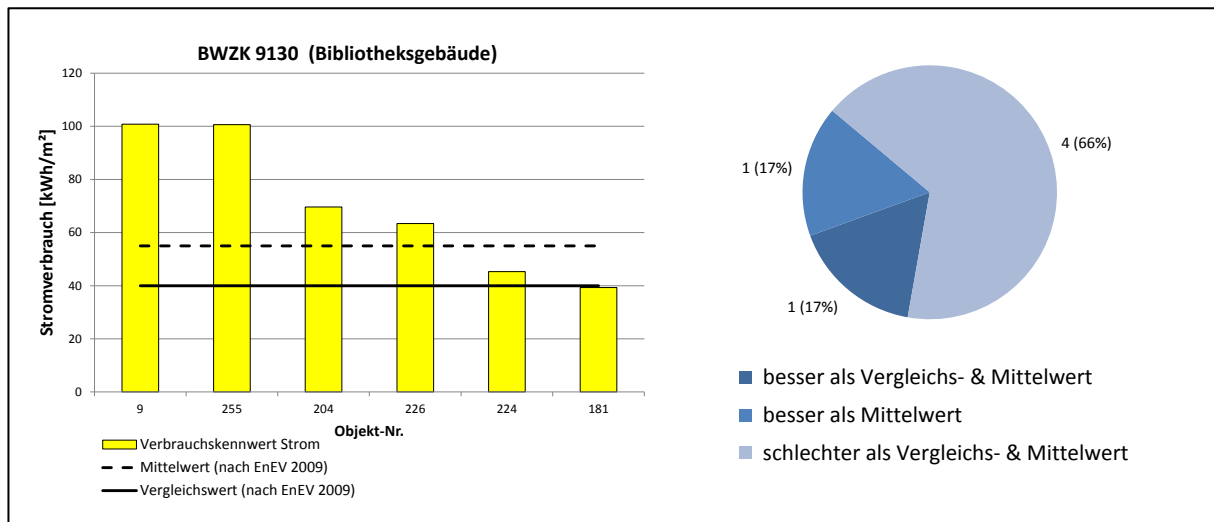
**Abbildung 40: Heizwärmeverbrauch der Objekte der BWZK 9130 im Vergleich.**

Quelle: Eigene Darstellung.

<sup>56</sup> Vgl. die ff. Beispiele für die 1. Ebene: BWZK 9000 (Gebäude anderer Art), 2. Ebene: BWZK 9100 (Gebäude für kulturelle und musische Zwecke).

Beim **Stromverbrauch** liegen die sechs Gebäude deutlich weiter auseinander. Die zwei Gebäude Nr. 9 und 255 übersteigen den Vergleichswert um mehr als 100 %. Als einziges liegt das Gebäude Nr. 181 mit einem geringen Verbrauch unter dem Vergleichswert.

Der Vergleich mit den Benchmarks der BWZK-Gruppe wie auch der Vergleich unter den einzelnen Objekten macht deutlich, dass bei den Bibliotheksgebäuden sowohl hinsichtlich des Heizwärme- als auch hinsichtlich des Stromverbrauchs **Einsparpotenziale** bestehen.



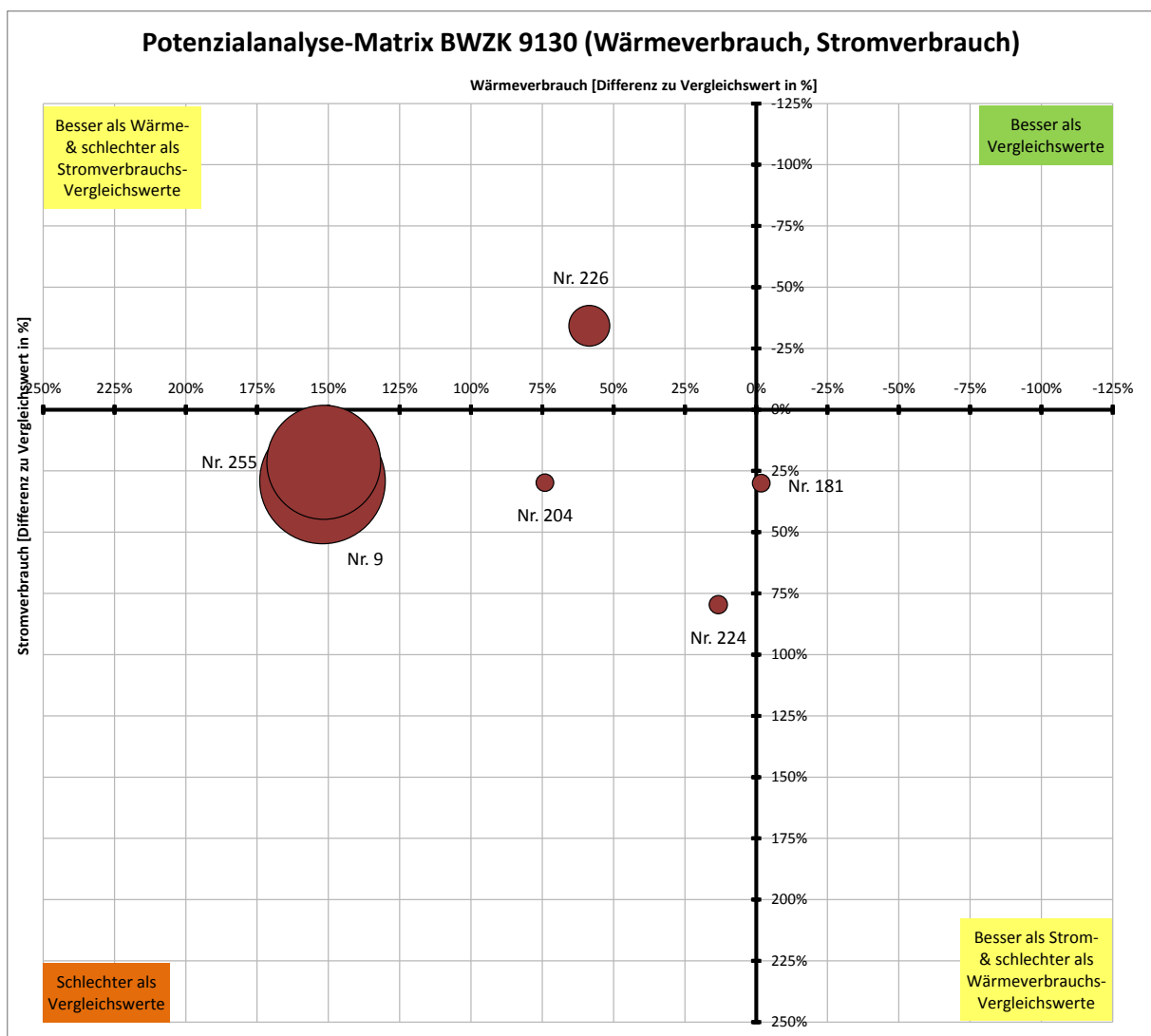
**Abbildung 41: Stromverbrauch der Objekte der BWZK 9130 im Vergleich.**

Quelle: Eigene Darstellung.

Um die Objekte auffindig zu machen, die in beiden Kategorien deutliche Defizite aufweisen, bietet sich zusätzlich die Darstellung als **4-Quadranten-Matrix** an, deren prinzipieller Aufbau bereits im Abschnitt 4.1.3 erläutert wurde. Die Gebäude mit dem größten Sanierungspotenzial befinden sich alle im III. Quadranten (links unten) und sind dadurch schnell erkennbar. Bei der Auswahl dieser Objekte für bauliche Maßnahmen können in aller Regel neben den Einspareffekten beim Energieverbrauch zusätzlich Kopplungseffekte genutzt werden, wenn die Eingriffe gebündelt vorgenommen werden.

Für die untersuchten Bibliotheksgebäude des Freistaates Thüringen ergibt sich die Darstellung entsprechend der Abbildung 42. Mit Hilfe der Größe des Datenpunktes wird der **Bezug zu den Kosten des Energieverbrauchs** hergestellt. Je höher die aufaddierten Verbrauchskosten für Wärme und Strom, desto größer der Datenpunkt.

Der Abbildung ist zu entnehmen, dass die beiden Bibliotheken mit den Objekt-Nummern **9 und 255 die höchsten Gesamtkosten** pro Jahr für den Bezug von Wärme und Strom aufweisen. Es ist anzumerken, dass es sich um zwei Gebäude mit einer NGF über 15.000 m<sup>2</sup> handelt, was die hohen Verbrauchskosten zu einem Teil erklärt. Beide Objekte weisen allerdings auch einen höheren Wärmeverbrauch und einen deutlich höheren Stromverbrauch pro m<sup>2</sup> auf, als dies durch den Vergleichswert für die Gebäudekategorie der Bibliotheken als angemessen einzuordnen ist.



**Abbildung 42: Verbrauchsorientierte Potenzialanalyse für BWZK 9130 (Bibliotheksgebäude) mit Größenkriterium Gesamtkosten pro Jahr.**

Quelle: Eigene Darstellung.

Aus dieser **Kombination** von **hohen Gesamtkosten** und **hohen Verbrauchswerten** lässt sich schließen, dass Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz hier zu besonders großen Effekten führen, bezogen auf die Verringerung des Energieverbrauchs und die Reduzierung der dafür aufzubringen finanziellen Mittel. Entsprechend der stufenweisen Vorgehensweise wäre für diese beiden Objekte eine Feinanalyse zu empfehlen, um neben den Einspareffekten auch die dafür erforderlichen Investitionen abzuschätzen. Die Universitätsbibliothek Erfurt (Objekt-Nr. 255) wurde als eines der beiden auffälligsten Gebäude ausgewählt und auf diese Weise für eine Detailanalyse ausgewählt.<sup>57</sup>

#### 4.3.4 Weitere zur Untersuchung geeignete BWZK-Gruppen

Zusätzlich zu den Institutsgebäuden für Forschung und Lehre (BWZK 2200) und den Bibliotheksgebäuden (BWZK 9130) bieten sich **weitere Gruppen** der landeseigenen Gebäude des Freistaates Thüringen für diese Analyseform an. Diese Form der Auswertung ist für alle BWZK-Gruppen **sinnvoll**, bei denen eine gewisse Mindestanzahl an Objekten vorhanden ist. Dies trifft bei dem Gebäudebestand des Freistaates Thüringen insbesondere auf die folgenden BWZK-Gruppen zu: 1200 Gerichtsgebäude,

<sup>57</sup> Vgl. zur Feinanalyse der Universitätsbibliothek Erfurt Abschnitt 4.4.

1300 Verwaltungsgebäude, 2100 Hörsaalgebäude, 2400 Fachhochschulen, 6300 Gemeinschaftsunterkünfte und 6350 Mensen.

#### 4.4 Feinanalyse für Einzelobjekte am Beispiel der Universitätsbibliothek Erfurt

Wurde ein Gebäude als energetisch auffällig erkannt, kann die grobe Einschätzung auf Basis von (Verbrauchs-)Kennwerten durch eine **Detailuntersuchung des Objektes** unterlegt werden. Dadurch lässt sich das bisherige Ergebnis prüfen und verfeinern. Der zeitliche und finanzielle Aufwand dieser Arbeiten ist i.d.R. beträchtlich. Aufgrund begrenzter Ressourcen sollten konkrete Anhaltspunkte für energetisches Optimierungspotenzial aus der Voranalyse vorliegen. Oder es sind aus anderen Gründen Baumaßnahmen geplant, in deren Vorfeld die Feinanalyse eines Gebäudes genutzt wird, um gezielt energetische Optimierungen mit vorzusehen (Kopplungseffekte).

Im Rahmen einer Feinanalyse erfolgt in jedem Fall eine **Ortsbegehung**. I.d.R. sind **Messungen** und Untersuchungen im bzw. am Gebäude durchzuführen. Die energetische Qualität des Gebäudes ist durch einen Energieberater zu ermitteln und die Schwachstellen aufzuzeigen.

**Ziel** einer solchen Untersuchung ist es festzustellen, welche **Ursachen** maßgebend sind für einen hohen Energieverbrauch. Darauf basierend sind konkrete **Handlungsempfehlungen** und ein technisches Konzept auf Vorplanungsniveau zu erforderlichen Maßnahmen an der Bausubstanz und der Anlagentechnik abzuleiten.

##### 4.4.1 Ausgangssituation der Universitätsbibliothek Erfurt

Im Rahmen der Voranalyse wurde die Universitätsbibliothek Erfurt als ein Gebäude mit auffälligem Energieverbrauch identifiziert<sup>58</sup> und für eine beispielhafte Feinanalyse ausgewählt. Die nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über die durchgeführten Untersuchungen und die im Ergebnis identifizierten auffälligen Gebäude, zu denen die Universitätsbibliothek Erfurt (Nr. 255) zählt. Die Differenzierung der Untersuchungsebenen folgt der zu Beginn der Untersuchung entwickelten Systematik.<sup>59</sup>

| Untersuchungsebene                        | Abschnitt | Untersuchungsform   | Auffällige Gebäude                        |
|---|-----------|---|---|
| Gesamtgebäudebestand (Ebene 1)            | 4.1.5 f.  | Analyse der Höhe des <b>Verbrauchs</b> (Wärme und Strom) in Kombination mit dem Größerkriterium <b>Energiebezugsfläche</b> (NGF). | 9, 11, 64, <b>255</b>                     |
| Gebäude der Universität Erfurt (Ebene 2b) | 4.2.3     | Analyse der Höhe des <b>Verbrauchs</b> (Wärme und Strom) und des Abstandes zum Vergleichswert                                     | Wärme: 176, 170<br>Strom: 168, <b>255</b> |
| Gebäude der Universität Erfurt (Ebene 2b) | 4.2.4     | Analyse des Energieeinsparpotenzials nach dem Kriterium der <b>Gesamtkosten</b> für Wärme und Strom                               | <b>255</b> , 168, 164, 175                |

<sup>58</sup> Vgl. zur Voranalyse der Universitätsbibliothek Erfurt Abschnitt 4.2.3. ff.

<sup>59</sup> Vgl. zu den Untersuchungsebenen 1, 2b und 2c den Abschnitt 1.5.



|  |       |   |                                    |
|--|-------|---|------------------------------------|
| Gebäude der BWZK-Gebäudegruppe 9130 (Ebene 2c) | 4.3.3 | Analyse der Höhe des <b>Verbrauchs</b> (Wärme und Strom) und des Abstandes zum Vergleichswert | Wärme: 224<br>Strom: 9, <b>225</b> |
|--|-------|---|------------------------------------|

**Abbildung 43: Auffällige Gebäude als Ergebnis der Untersuchungen.**

Quelle: Eigene Darstellung.

Mit einer Netto-Grundfläche von rd. 17.600 m<sup>2</sup> und den dafür aufzubringenden hohen Energiekosten wurden bei dem Gebäude deutliche Energieeinsparpotenziale erwartet. Im Ergebnis der Ausschreibung wurde die ENVISYS GmbH & Co. KG mit der energetischen Analyse des Gebäudes beauftragt.<sup>60</sup> Im Mittelpunkt der Untersuchung sollte der Wärme- und Stromverbrauch stehen.

Die Universitätsbibliothek Erfurt (UB Erfurt) wurde **Ende der 1990er** Jahre auf dem Campus der Universität Erfurt als **Neubau** errichtet. Das seit dem Jahr 2000 genutzte, öffentlich zugängliche Gebäude verfügt über eine Kapazität von 900.000 Bänden und 360 Leseplätzen. Zusätzlich sind in die Außenfassade 18 Lesekabinen integriert, sogenannte „Carrels“, die ein ungestörtes intensives Lesen und Arbeiten ermöglichen.



**Abbildung 44: Die Universitätsbibliothek Erfurt.**

Quelle: Universität Erfurt.

Der drei- bis viergeschossige Baukörper mit einem Technik-Untergeschoss weist einen Bruttorauminhalt von rd. 79.000 m<sup>3</sup> auf. Er ist geprägt durch seine **flexible Großraumkonzeption** der Freihandbereiche und drei **zentral Lichthöfe** mit Oberlicht. Die Lichthöfe sind auf einer Seite von einer Wandscheibe mit einer großzügigen Treppenanlage flankiert. Über Brücken und Öffnungen bestehen Sicht- und Wegebeziehungen zur angelagerten Verwaltungsspanne. Entlang der Lufträume finden die meisten Publikumsbewegungen statt. Trapezförmig dazu sind die Regalzonen angeordnet (vgl. Abbildung 44). Die gebänderten Putzfassaden weisen im Freihandbereich eine Höhe von 2,25 m auf, welche der Regalhöhe entspricht. Durch Oberlichtbänder gelangt das Tageslicht über die Regale hinweg ins Gebäude. Nach Norden ist die Bibliothek vollständig aufgestellt, um viel blendfreies Licht ins Gebäude hineinzuleiten.

Zur Erfassung der energetischen Ist-Situation konnten bezüglich des Wärme- und des Stromverbrauchs gebäudegenau gemessene **Verbrauchskennwerte** verwendet werden. In Abbildung 45 wer-

<sup>60</sup> Vgl. ENVISYS GmbH & Co. KG (2013).

den zudem die zugehörigen Vergleichswerte für die BWZK-Gruppe 9130 (Bibliotheksgebäude) angegeben, die deutlich überschritten sind.<sup>61</sup>

|              | <b>Verbrauchskennwert</b><br>[kWh/(m <sup>2</sup> a)] | <b>Vergleichswert nach EnEV 2009</b><br>[kWh/(m <sup>2</sup> a)] |
|--------------|---|--|
| <b>Wärme</b> | 67  | 55   |
| <b>Strom</b> | 101   | 40   |

**Abbildung 45: Verbrauchswerte und Benchmarks für die Universitätsbibliothek Erfurt.**

Quelle: Eigene Darstellung.

Während der Wärmeverbrauch den Vergleichswert noch vergleichsweise geringfügig übersteigt, liegt der Stromverbrauch sehr deutlich über der Vorgabe.<sup>62</sup> Aufgrund der Auffälligkeit der Werte und einer sehr hohen Stromgrundlast wurde das Gebäude zu einer detaillierten energetische Untersuchung ausgewählt.

#### 4.4.2 Analyse des energetischen Ist-Zustandes

Im Rahmen der Feinanalyse wurden über einen Zeitraum von drei Monaten umfangreiche Messungen und Untersuchungen zur Erfassung der energetischen Qualität des Gebäudes durchgeführt. Einerseits wurde messtechnisch erfasst und rechnerisch ermittelt, wie genau sich die Energieströme verteilen, zweitens wurde bedarfsanalytisch der optimale Energieeinsatz erkundet und drittens die installierte Bau- und Anlagentechnik untersucht. Schwerpunkte der Analyse waren:

- **Gebäudehülle:** thermografische Untersuchung der Fassade mit besonderer Begutachtung des Daches;
- **Beleuchtung:** Erfassung des Leuchtenbestandes, der Leistungsdaten der Leuchten und der Betriebszeit; Messungen der Beleuchtungsstärke zur bedarfsgerechten Ausleuchtung
- **Raumluft-Technik:** Analyse der Betriebsdaten der Anlagen, inkl. der Untersuchung der Außenluft-Volumenströme; Bedarfsanalyse der Wärme- und Kälteabgabe-Einheiten
- **Kälteerzeugung:** Anlagenanalyse mit Fokus auf der Auslastung der Anlagen und des Elektroenergieeinsatzes
- **Gebäudeautomation:** Untersuchung der Steuer- und Regelungstechnik und deren Programmierung auf Optimierungspotenziale
- **Raumluftqualität:** Innenraummessung an neuralgischen Punkten im Gebäude, insbesondere im Freihandbereich der Bibliothek und in Gebäudeecken; Messung u.a. von Temperatur, Luftfeuchte, CO<sub>2</sub>-Konzentration

Im Ergebnis lag eine Reihe von Auswertungen vor, aus denen die energetische Situation in dem Bibliotheksgebäude erkennbar wird. Zur visuellen Unterstützung wurden Energieflussdiagramme (Sankey-Diagramme) erstellt (vgl. Anhang 6), an Hand derer grafisch nachvollzogen werden kann, für welche Leistung wie viel der eingebrachten Energie aufgewendet wird und wie hoch die Energieverluste sind.

<sup>61</sup> Vgl. Abschnitt 4.3.3.

<sup>62</sup> Vgl. zur Einordnung der Verbrauchswerte Abschnitt 4.2.3 und Abschnitt 4.3.3.

### 4.4.3 Optimierungsvorschläge

Die durchgeführten Untersuchungen bildeten die Grundlage für eine **Schwachstellenanalyse**. Die resultierenden Befunde gaben Hinweise auf die Ursachen für den erhöhten Energieverbrauch. Wie den identifizierten Schwachstellen begegnet werden kann, wurde in **Optimierungsvorschläge** gefasst, die in diesem Abschnitt in Kurzform vorgestellt werden, zunächst für den Wärmebereich, danach für den Strombereich. Prinzipiell ist festzustellen, dass nicht ein einzelner Faktor den Auslöser für den hohen Energieverbrauch darstellt, sondern dieser durch eine Reihe von Einflüssen bewirkt wird.

Im Bereich **Wärme** wurde das Dach als auffällig eingeschätzt, da dieses undichte Stellen aufweist und dadurch vermutlich auch die Wärmedämmung nicht mehr voll funktionstüchtig ist. Bei der vorzusehenden Dacherneuerung wurde die Installation einer Photovoltaikanlage vorgeschlagen. Bezüglich der Fassade wurde festgestellt, dass die U-Werte der Verglasung auch die aktuellen Forderungen der Energieeinsparverordnung noch erfüllen. Allein eine Glasscheibe zeigte in der Thermografie-Untersuchung eine deutlich höhere Oberflächentemperatur als die umgebenden Bauteile. Dieser Befund konnte auf den falschen Einbau der Scheibe zurückgeführt werden, dessen Korrektur empfohlen wird.

Ein weiterer Anhaltspunkt für einzugrenzende Wärmeverluste wurde im **Eingangsbereich** des Gebäudes ausgemacht. Die Anordnung des vorhandenen Windfangs wurde als Schwachstelle benannt und eine Vergrößerung inklusive Einbau einer zusätzlichen Windbarriere vorgeschlagen.

Bei der **Wärmeabgabe und -verteilung** wurde diagnostiziert, dass im Vergleich zu Richtwerten überhöhte Außenluftvolumenströme bestehen. Eine Drosselung würde die Lüftungswärmeverluste deutlich reduzieren. Des Weiteren wurde bemerkt, dass der Luftschleier im Eingangsbereich der Bibliothek mit niedrigeren Temperaturen arbeitet als vorgesehen. Der Einschätzung der Gutachter nach könnte durch eine Erhöhung der Vorlauftemperatur die Wirksamkeit des Luftschleiers verbessert und Zugscheinungen eingedämmt werden. Als weiterer Punkt wird aufgrund der schnellen technischen Entwicklung der letzten Jahre empfohlen, die bestehenden Heizungspumpen gegen Hocheffizienzpumpen auszutauschen. Darüber hinaus wurde allgemein empfohlen, die Heizkörperventile im Gebäude auf Funktionstüchtigkeit zu prüfen und einen hydraulischen Abgleich der Heizkreise durchzuführen.

Die Analyse der **Wärmeerzeugung** für das Gebäude ergab, dass die tatsächliche Wärmelast von bis zu 650 KW deutlich unter der Anschlussleistung der Fernwärmeübergabestation (960 KW) liegt und diese Überkapazität abgebaut werden könnte. Dabei sollte auch eine Anpassung des Wärmetauschers erfolgen. Zudem wurde angeregt die Funktionstüchtigkeit und die Einstellungen des Übergabeventils für die Fernwärme zu überprüfen und hier ggf. eine hydraulische Schaltung vorzusehen, um unnötiges Takten zu verhindern.

Auch der **Stromverbrauch** wurde in dem Bibliotheksgebäude untersucht. Hierzu erfolgt eine Einteilung in den Strombedarf für die **Beleuchtung** und die Raumlufttechnik. Das Gebäude ist mit großen Glasflächen ausgestattet, sodass prinzipiell gute Voraussetzungen zur Nutzung von Tageslicht gesehen wurden. Da z.B. ein Teil des Lesebereichs konstant verschattet ist und die natürliche Beleuchtung hier stärker genutzt werden könnte, wurden ein lokales manuelles Öffnen bzw. Schließen der Verschattungselemente angeregt. Eine weitere Möglichkeit wurde darin erkannt, den bisher permanent geschlossenen Blendschutz durch ein Lichtlenksystem zu ersetzen. Damit würde das einfallende Tageslicht an der Decke reflektieren und für eine Grundausleuchtung sorgen.

Als besonders auffällig stellten sich die Beleuchtungszeiten dar. Der Anschaltzeitpunkt um 4.00 Uhr früh richtet sich nach dem Arbeitszeitantritt der Reinigungskräfte. Eine manuelle etagen- oder bereichsweise Schaltung ist derzeit nicht möglich. Eine entsprechende Nachrüstung lässt deutliche Einspareffekte erwarten.

Die **Regalbeleuchtung** ist derzeit von 4.00 Uhr bis 22.00 Uhr durchgehend im Betrieb. Da die Beleuchtungsaufgabe nur in der Zeit der Nutzung besteht, wenn ein Leser ein Buch entnimmt oder zurückstellt, wurde hier ein bedarfsgerechter Betrieb vorgeschlagen. Unter der Prämisse, den Nutzerkomfort nicht einzuschränken, wurde eine Präsenzregelung favorisiert. Als vorstellbar wurde eine Grundbeleuchtung von 30 % der Beleuchtungsstärke beschrieben, die bei Nutzung durch Bewegungsmelder an den Regalenden allmählich auf volle Lichtstärke ansteigt.

Weitere Optimierungsmöglichkeiten wurden an den **Lichtbäumen** erkannt, die im gesamten Gebäude Verwendung finden. Diese werden teilweise nach oben gerichtet zur indirekten Beleuchtung eingesetzt. Den Gutachtern zufolge erzeugt das indirekte Licht in einigen Fällen durch Reflexion an der Decke ausreichendes Licht (z.B. Büroräume), oft aber ist gar keine oder eine nur unzureichende Reflexionsfläche vorhanden (z.B. Foyer/ Atrium). Dort wo die Lichtbäume nicht individuell ein- und ausgeschaltet werden können, wurde eine entsprechende Nachrüstung angeregt. Auf diese Weise könnte nicht benötigtes oder störendes Licht durch das Personal selbst gelöscht und damit ein Beitrag zur Reduzierung des Stromverbrauchs geleistet werden. Speziell im Magazin wurde festgestellt, dass die Leuchtmittel gegen effizientere ersetzt und durch Präsenzmelder ergänzt werden könnten.

Einen Untersuchungsschwerpunkt bildete die **Raumlufttechnik**, da hier nicht nur der größte Strom-, sondern auch der größte Wärmebedarf entsteht. Als eine wichtige Ursache wurde der Luftvolumenstrom erkannt, der deutlich über dem Bedarf liegt. Durch einen reduzierten Außenluftwechsel wird gerade im Winter eine deutliche Reduzierung der Wärmeverluste erwartet. Ähnlich wie bei den Heizungspumpen wurde bei den eingesetzten Ventilatoren ein Austausch gegen moderne Geräte mit einer hohen Energieeffizienz als Optimierungsvorschlag unterbreitet. Zur Ausnutzung von ggf. bestehenden weiteren Einsparpotenzialen wurde auf die Überprüfung der Regelschemas der Anlagen insgesamt und der Raumlufttechnik im Magazin der Bibliothek im Besonderen hingewiesen. Zusätzlich wurden für die Kältetechnik allgemeine Vorschläge gegeben, die aber aufgrund der Untersuchung im Winter nicht durch Beobachtung bzw. Messung unterlegt werden konnten und daher einer weiteren Untersuchung bedürfen.

Als weiterer Analyseschritt wurden die erkannten Optimierungspotenziale mit zu erwartenden **Einspareffekten** und dafür **aufzubringender Investitionen** unterlegt und daraus eine Prognose zur Wirtschaftlichkeit und **Amortisation** abgeleitet.<sup>63</sup> Die einzelnen Vorschläge wurden zu Handlungsszenarien gebündelt.

#### 4.4.4 Handlungsempfehlungen

Die Feinanalyse war darauf ausgerichtet, konkrete Umsetzungsvorschläge zu unterbreiten. Um die zügige Realisierung von Effizienzsteigerungen zu unterstützen, wurden die Optimierungsvorschläge entsprechend ihrer zeitlichen Umsetzbarkeit und Kapitalintensivität strukturiert. Es wurden vier Maßnahmenpakete gebildet, die jeweils eine sinnvolle Kombination von Maßnahmen darstellen und

---

<sup>63</sup> Vgl. die Übersicht mit den Einzelmaßnahmen im Anhang 7.

zudem eine **stufenweise Vorgehensweise** ermöglichen. So sind z.B. in dem Maßnahmenpaket (3) „Empfohlene Maßnahmen“ viele der unter Variante (1) und (2) zusammengefassten Einzelschritte bereits enthalten.

- **(1) Sofortmaßnahmen (max. gering-investiv):** Diese Maßnahmen sind meist ohne Investitionen und kurzfristig umsetzbar,
- **(2) Kurzfristig umsetzbare Maßnahmen (überwiegend gering-investiv):** Hier finden sich Maßnahmen, die sich schnell amortisieren bzw. Reparaturmaßnahmen, die ohnehin fällig sind,
- **(3) Empfohlene Maßnahmen (Vorzugsvariante):** Eine Kombination von Maßnahmen, die insgesamt lohnenswert sind und miteinander harmonisieren,
- **(4) Komplettpaket:** Summe aller Maßnahmen, die möglich erscheinen, um den Energieaufwand zu minimieren, kurzfristige Wirtschaftlichkeit steht hier nicht vorn an.

**Sofort umgesetzt** werden kann vor allem die Reduktion des Außenluftvolumenstroms der Raumlufttechnischen Anlage im Freihandbereich der Bibliothek. Konkret bedeutet dies die Zurücknahme des Drucks in der Anlage um einen festen Wert. Allein durch diese Maßnahmen kann bereits ein großer Teil des realisierbaren Einsparpotenzials erreicht werden. Ebenfalls sofort entfaltet sich die Wirkung eines gestaffelten Einschaltens der Beleuchtung in den Ebenen und die Einstellung der Lichtbäume, sofern keine Schalterinstallation nötig ist. Darüber hinaus wurde auch die Reparatur der defekten und energetisch wirksamen Mängel am Dach, an der Glasscheibe, an den Thermostatventilen, an der Dämmung der Kühldecken und am Ventil des Magazin-Vorerhitzers als Sofortmaßnahme eingeordnet.

Die **kurzfristigen Maßnahmen** (2) vertiefen und präzisieren die meisten der Sofortmaßnahmen bei einem überschaubaren Investitionsrahmen. Zu dieser Kategorie werden manuelle Schaltmöglichkeiten, Betriebszeitenoptimierungen sowie Eingriffe in die Steuerung und Regelung zusammengefasst. Als besonders relevant werden hier aber der Umbau von Lichtinstallationen und der Einbau von Effizienzpumpen im Bereich Wärme und Kälte angesehen. Wegen der drohenden bauphysikalischen Schäden wird in dieses Maßnahmenpaket auch die Sanierung des schadhaften Daches eingeordnet, wobei hier zunächst nur die energetisch relevanten Verbesserungen angesetzt wurden.

Das **empfohlene Maßnahmenpaket** (3) stellt unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten die Vorzugsvariante dar. Hier ist die Optimierung der Raumlufttechnik hin zu einem bedarfsgesteuerten variablen Volumenstrom enthalten, inklusive der dafür erforderlichen planerischen Überarbeitung. Auch ein Austausch der Ventilatoren ist hierbei vorgesehen. Bei der Beleuchtung wird zumindest die präsentgesteuerte Teilabschaltung berücksichtigt. Es wird angeregt, ggf. zusätzlich die Installation zur Lichtdimmung vorzusehen, da diese zwar als kostenintensiv, aber gleichzeitig sehr wirtschaftlich einzuschätzen sein. Es wird eine Testphase für die Lichtdimmung empfohlen, um danach fundiert entscheiden zu können, wie wirtschaftlich die Umsetzung für die gesamte Universitätsbibliothek umsetzbar ist.

In der **Komplettvariante** (4) sind zusätzlich große Investitionen enthalten, die in ihrer Abstimmung aufeinander den Energiebedarf der Bibliothek auf ein Minimum (- 50 %) reduzieren. Die Wirtschaftlichkeit und die Amortisationsdauer der Maßnahmen wurden berücksichtigt, aber nachrangig behandelt. Besondere Würdigung findet die Nutzung regenerativer Energien, wie Absorptionskälte, Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung sowie thermische und elektrische Solarnutzung. Eine größere Position stellt

zudem der bereits beim empfohlenen Maßnahmenpaket (3) angesprochene Umbau an den Regalleuchten mit Installation einer Lichtdimmung dar.

Für die vier Maßnahmenkombinationen ergeben sich spezifische **Investitions- und Einspareffekte**. Die erwarteten Investitionen leiten sich aus konkret eingeholten Angeboten, Tabellenwerten der Literatur und/ oder eigenen Projekterfahrungen der Gutachter ab. Auch die Höhe der erzielbaren Einsparungen und die daraus resultierende Wirtschaftlichkeit stellen Prognosen dar und unterliegen verschiedenen **Einflussfaktoren**. Als entscheidend für die Ermittlung der Einsparwirkung wurden diese Eingangsgrößen benannt:

- Derzeitiger und zukünftiger Energiepreis, bei dem auch die Anschlussgrößen und Staffeln eine wichtige Rolle spielen können,
- Kapitalverzinsung,
- Nutzungszeiten und Betrachtungszeiträume,
- Preissteigerungsraten.

Den eigenen **vereinfachten Berechnungen** nach VDI 2065 legten die Gutachter unter Bezugnahme auf die RL Bau Thüringen die folgenden **Annahmen** zugrunde:<sup>64</sup>

- Mittlerer Strompreisbezug: 0,18 €/kWh
- Mittlerer Fernwärmebezugspreis: 0,09 €/kWh
- Mittlere Energiepreissteigerung pro Jahr: 4 %
- Kalkulatorischer Zinssatz (Kapitalverzinsung): 5 %
- Betrachtungszeitraum: 20 Jahre

Unter den gesetzten Prämissen ergeben sich **Einsparungen** für die einzelnen Maßnahmenpakete, wie sie in Abbildung 46 zusammengefasst sind:

| Maßnahmenpakete        | Wärme          |         |                 |         | Strom          |         |                 |         | Gesamt-         |     |
|------------------------|----------------|---------|-----------------|---------|----------------|---------|-----------------|---------|-----------------|-----|
|                        | Verbrauch p.a. |         | Einsparung p.a. |         | Verbrauch p.a. |         | Einsparung p.a. |         | Einsparung p.a. |     |
|                        | [MWh]          | [EUR]   | [MWh]           | [EUR]   | [MWh]          | [EUR]   | [MWh]           | [EUR]   | [EUR]           | [%] |
| <i>Ist-Situation</i>   | 1.150          | 103.500 | -               | -       | 1.850          | 333.000 | -               | -       | -               | -   |
| <b>(1) Sofort</b>      | 898            | 80.856  | 252             | 22.644  | 1.642          | 295.560 | 208             | 37.440  | 60.084          | 14  |
| <b>(2) Kurzfristig</b> | 724            | 65.151  | 426             | 38.349  | 1.512          | 272.077 | 338             | 60.923  | 99.272          | 23  |
| <b>(3) Empfohlen</b>   | 631            | 56.790  | 519             | 46.710  | 1.150          | 207.007 | 700             | 125.993 | 172.703         | 40  |
| <b>(4) Komplett</b>    | 1.288          | 115.965 | -138            | -12.465 | 755            | 135.862 | 1.095           | 197.138 | 184.673         | 42  |

**Abbildung 46: Einsparungen der vier Maßnahmenpakete im Vergleich.**

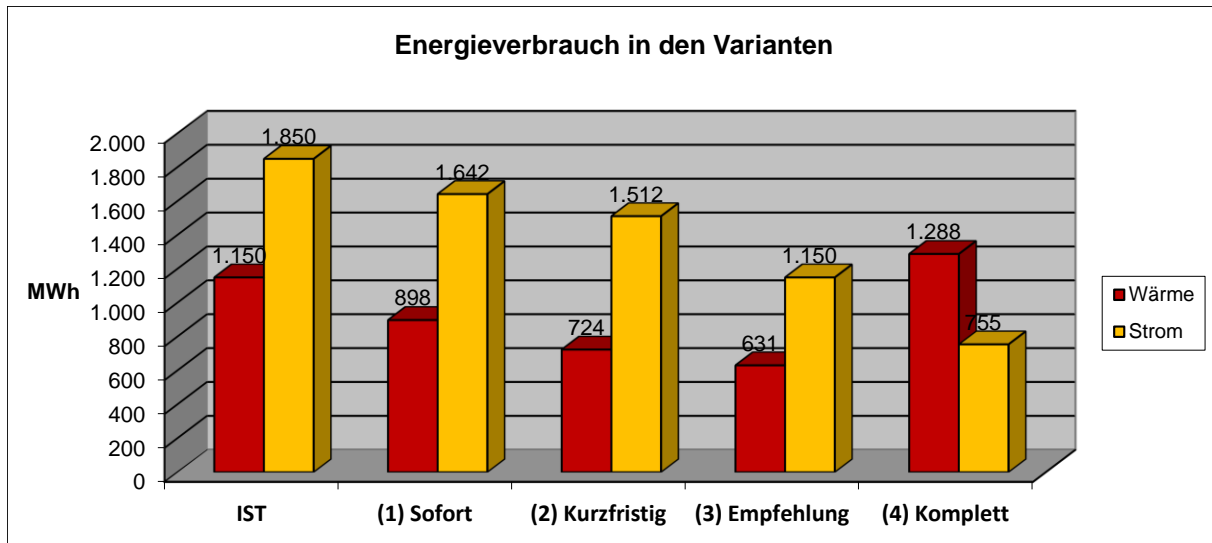
Quelle: ENVISYS (2013).

Der Mehrverbrauch an Wärme in der Komplettvariante (4)<sup>65</sup> ergibt sich aus dem zusätzlichen Wärmeverbrauch durch die thermisch angetriebene Kälteerzeugung. Vor der Umsetzung dieses Maß-

<sup>64</sup> Vgl. TMBLV (2011), S. 97.

<sup>65</sup> Vgl. den negativen Wert an Einsparungen in Abbildung 46.

nahmenpaket wird empfohlen, mit dem Energieversorger in Verhandlungen zu treten und für die sommerliche Fernwärme einen niedrigeren als den hier einheitlich angesetzten Preis zu vereinbaren (vgl. Abbildung 47).



**Abbildung 47: Vergleich der Maßnahmenpakete.**

Quelle: ENVISIYS (2013).

Ausgehend von den erwarteten Gesamteinsparungen kann durch Gegenüberstellung mit den erwarteten Investitionen die **Amortisationszeit** ermittelt werden (vgl. Abbildung 48). Demnach sind die Kosten des Maßnahmenpaketes (1) bereits nach rund einem Monat durch Einsparungen erreicht. Auch die Pakete (2) und (3) amortisieren sich bereits kurz- bis mittelfristig in weniger als vier Jahren. Allein bei der Komplettvariante (4) ist davon auszugehen, dass die Einsparungen die Kosten erst längerfristig nach rd. 13 Jahren erreichen.

| Maßnahmenpakete | Investition [EUR] | Ersparnis p.a. [EUR] | Amortisation [a] | Barwert [TEUR] | Kapitalwert [ann. TEUR] |
|-----------------|-------------------|----------------------|------------------|----------------|-------------------------|
| (1) Sofort      | 6.250             | 60.084               | 0,1              | 1.047          | 1.092                   |
| (2) Kurzfristig | 301.150           | 99.272               | 3,2              | 1.729          | 1.489                   |
| (3) Empfohlen   | 610.650           | 172.703              | 3,7              | 3.008          | 2.528                   |
| (4) Komplett    | 2.121.650         | 184.673              | 12,8             | 3.217          | 1.150                   |

**Abbildung 48: Wirtschaftlichkeit der vier Maßnahmenpakete im Vergleich.**

Quelle: ENVISYS (2013).

#### 4.4.5 Schlussfolgerungen

Im Ergebnis bestätigt die Feinanalyse das Ergebnis aus der Voranalyse, wonach ein hohes Energieeffizienzoptimierungspotenzial bei dem Bibliotheksgebäude attestiert wird. In Ergänzung der vorherigen Untersuchungen auf Portfolioebene wurden nun auch die **Ursachen** der energetischen Auffälligkeit identifiziert sowie **Maßnahmen** zur Verbesserung benannt und mit wirtschaftlichen Kennzahlen unterlegt.

Die gewählte schrittweise **Vorgehensweise** mit zunehmendem Detaillierungsgrad erweist sich damit als **zielführend und wirtschaftlich** sinnvoll. Daher bietet es sich an, den aufgezeigten stufenweisen Ansatz weiterzuführen und gezielt zusätzliche Objekte, die als Hochverbraucher identifiziert wurden, für eine Feinanalyse vorzusehen.

Mit den Ergebnissen der Feinanalyse wurden die Voraussetzungen geschaffen, kurz- und mittelfristig bauliche Maßnahmen gezielt einzuleiten. Zudem wurde durch nicht oder geringfügig investive Sofortmaßnahmen aufgezeigt, wie mit unmittelbarer Wirkung der Wärme- und Stromverbrauch zu senken ist. Die dadurch insgesamt eingesparten finanziellen Mittel werden für andere Maßnahmen frei und leisten einen längerfristigen Beitrag zur Entlastung des Haushaltes des Freistaates.



## 5. Fazit und Ausblick

Energetische Potenzialanalysen bilden einen **ersten Schritt** zur Einschätzung der energetischen Qualität eines Immobilienportfolios. Nachfolgende Detailuntersuchungen können damit nicht ersetzt, sondern vielmehr gezielt eingeleitet werden. Insbesondere durch das interne und externe Benchmarking der Verbrauchsdaten können mit begrenztem Aufwand grundlegende Erkenntnisse gewonnen werden.

Mit der Analyse des Energieverbrauchs können **Hochverbraucher** identifiziert und vertiefenden Analyseschritten zugeführt werden. Im Weiteren bietet sich eine Grundlage zur Ursachenforschung und daraufhin ggf. vorzusehender Verbesserungen. Dabei muss es sich nicht zwangsläufig um investive Maßnahmen handeln. Auch die Notwendigkeit zur Änderung des Nutzerverhaltens oder die Einstellung der Heizungs- und Lüftungsanlagen können am Ende der Untersuchungen stehen und wertvolle Hilfen darstellen.

Für die Entscheidungsträger der öffentlichen Hand steht mit der energetischen Potenzialanalyse ein Instrument zur Verfügung, dass diese bei der **Vorauswahl** von energetisch zu optimierenden und zu sanierenden Objekten unterstützt. Da detaillierte Untersuchungen zur energetischen Qualität eines Gebäudes kostenintensiv sind, sind sie i.d.R. nur für eine begrenzte Anzahl an Objekten vertretbar. Durch die Eingrenzung der Objekte wird eine gezielte Beauftragung von detaillierten Gebäudeanalysen möglich, was letztendlich zu einer Haushaltsentlastung beiträgt.

Darüber hinaus kann das gezeigte Vorgehen auch die Grundlage für den Aufbau eines energetischen **Portfoliomanagements** darstellen. Die eruierten Energieverbräuche und entsprechenden Rückschlüsse auf die energetische Qualität der Gebäude würden dann zur Ableitung von Investitions- und Desinvestitionsstrategien genutzt.

Neben dieser Gesamteinschätzung soll ein **Ausblick** gegeben werden, wie schrittweise die Weiterführung des bisher Erreichten speziell bei den landeseigenen Gebäuden des **Freistaates Thüringen** erfolgen kann.

### 5.1 Übertragbarkeit auf gesamten Gebäudebestand

Grundsätzlich bietet die geschaffene Datenbasis die Möglichkeit zur Erweiterung auf den gesamten Gebäudebestand des Freistaates Thüringen. Hinsichtlich der aufgezeigten Vorgehensweise zur Eruiierung und Überprüfung der vorhandenen Gebäudedaten ist von einer Übertragbarkeit auf die weiteren 720 der 938 energetisch relevanten Gebäude auszugehen. Da aber bei diesen Gebäude nicht mehr auf die Vorarbeiten im Rahmen der Erstellung von Energieausweisen zurückgegriffen werden kann, ist tendenziell von einer dünneren Datenbasis und damit einem **höhere Aufwand** zur Generierung der erforderlichen Daten auszugehen.

Zur Umsetzung des Ziels bietet sich eine sukzessive Vorgehensweise an, bei der schrittweise weitere Gebäude in die Untersuchung aufgenommen werden. Aufgrund der vorliegenden vertiefenden Analyse zu 120 der insgesamt 198 Gebäude (60 %) Thüringer Hochschulen mit einer Brutto-Grundfläche > 500 m<sup>2</sup> wäre hier eine Ausweitung auf den **gesamten Hochschulgebäudebestand** gut vorstellbar. Von Vorteil wäre zudem, dass die Liegenschaftsabteilungen bereits mit dem Projekt vertraut sind. Eine andere Option stellt die Konzentration auf die bisher nicht genauer betrachteten 288 Parlaments-, Gerichts- und Verwaltungsgebäude (BWKZ 1000) dar. In dieser Gebäudegruppe konzentrieren sich

rund 30 % der energetisch relevanten Landesgebäude. Auch die 206 Gebäude für wissenschaftliche Lehre (BWZK 2000) bieten weiteres Untersuchungspotenzial. Dabei könnten die Erkenntnisse aus der vorliegenden Untersuchung zu den 33 Institutsgebäuden für Forschung und Lehre (BWZK 2200) einfließen.

Darüber hinaus ist auch die zukünftigen **gesetzlichen Anforderungen** Rechnung zu tragen. Die bisherigen Untersuchungen konzentrieren sich auf Gebäude mit über 1.000 m<sup>2</sup> BGF. Für diese Gebäude wurden aufgrund der gesetzlichen Verpflichtung bereits in der Vergangenheit Energieausweise erstellt. Da zukünftig die Grenze voraussichtlich auf 500 m<sup>2</sup> reduziert wird, ist perspektivisch für eine Reihe zusätzlicher Gebäude des Freistaats ein Energieausweis verpflichtend. Es bietet sich an, gerade auch diese Gebäude in die Potenzialanalyse einzubeziehen, da die erforderliche Datenanalyse im Zuge der gesetzlichen Änderung sowieso erforderlich wäre.

## 5.2 Einbau zusätzlicher Verbrauchszähler

Gebäudeinformationen sind auch für eine energetische Potenzialanalyse unverzichtbar, wobei der Umfang an erforderlichen Informationen gering ist im Vergleich zu Gebäudeanalysen unter Einbeziehung der Bauweise oder der verwendeten Werkstoffe etc. Die Verbrauchswerte zählen als **Voraussetzung** aller verbrauchsorientierten Auswertungsverfahren zu den unverzichtbaren Daten.

Um den Gebäudebestand des Freistaates Thüringen noch besser analysieren zu können, bedarf es daher der Installation von weiteren Verbrauchszählern für Wärme, Strom und Wasser. Die zusätzlichen Zähler sind erforderlich, um den Energieverbrauch möglichst von allen energetisch relevanten Gebäuden separat erfassen zu können.

| Auswertung Qualifizierung Energiecontrolling |       |            |        |              |        |                 |                       |             |           |            |            |                |
|--|-------|------------|--------|--------------|--------|-----------------|-----------------------|-------------|-----------|------------|------------|----------------|
| (Stand 23. April 2012)                       |       |            |        |              |        |                 |                       |             |           |            |            |                |
| Nachrüstung von Verbrauchszählern            |       |            |        |              |        |                 |                       |             |           |            |            |                |
| Tranc  | LS-Nr | Geb.-Nr.   | Geb.-N | Objekt       | Kennun | Zählerart       | Liegenschaft          | Zählereinba | Zählersta | Abnahme    | Zählersta  | Einh           |
| 1  | 11083 | 1108300006 |        | B.-U. Weimar | WMZ1   | WM              | MS13 Verteiler 1      | 06.04.2011  | 0         | 27.01.2012 | 367,948    | MWh            |
| 1  | 11083 | 1108300006 |        | B.-U. Weimar | WMZ2   | WM              | MS13 HK 10            | 05.04.2011  | 0         | 27.01.2012 | 34,182     | MWh            |
| 1  | 11083 | 1108300006 |        | B.-U. Weimar | WMZ3   | WM              | MS13 HK 13            | 05.04.2011  | 0         | 27.01.2012 | 109,908    | MWh            |
| 1  | 11083 | 1108300005 |        | B.-U. Weimar | WMZ5   | WM              | MS 15                 | 12.04.2011  | 0         | 27.01.2012 | 31,046     | MWh            |
| 1  | 11083 | 1108300004 |        | B.-U. Weimar | WMZ6   | WM              | MS 9                  | 08.04.2011  | 0         | 27.01.2012 | 33,711     | MWh            |
| 1  | 11083 | 1108300002 |        | B.-U. Weimar | WMZ7   | WM              | MS 7a                 | 11.04.2011  | 0         | 27.01.2012 | 63,345     | MWh            |
| 1  | 11083 | 1108300002 |        | B.-U. Weimar | WMZ8   | WM              | MS 7b                 | 07.04.2011  | 0         | 27.01.2012 | 120,545    | MWh            |
| 1  | 11083 | 1108300001 |        | B.-U. Weimar | WMZ9   | WM              | MS 5                  | 12.04.2011  | 0         | 27.01.2012 | 60,880     | MWh            |
| 1  | 11083 | 1108300006 |        | B.-U. Weimar | WMZ10  | WM              | MS13 HK 15 WWB        | 05.04.2011  | 0         | 27.01.2012 | 14,992     | MWh            |
| 1  | 11083 | 1108300006 |        | B.-U. Weimar | WMZ11  | WM              | MS13 HK 12            | 12.04.2011  | 0         | 27.01.2012 | 231,040    | MWh            |
| 1  | 11083 | 1108300006 |        | B.-U. Weimar | WMZ12  | WM              | MS13 HK 11            | 12.04.2011  | 0         | 27.01.2012 | 112,032    | MWh            |
| 1  | 11083 | 1108300006 |        | B.-U. Weimar | WMZ13  | WM              | MS13 HK 9             | 05.04.2011  | 0         | 27.01.2012 | 46,549     | MWh            |
| 1  | 11083 | 1108300004 |        | B.-U. Weimar | TWZ1   | TW (Stadtwerke) | MS 9                  | Bestand     | -         | 27.01.2012 | 79,580     | m <sup>3</sup> |
| 1  | 11083 | 1108300001 |        | B.-U. Weimar | TWZ2   | TW (Stadtwerke) | MS 5                  | Bestand     | -         | 27.01.2012 | 146,110    | m <sup>3</sup> |
| 1  | 11083 | 1108300002 |        | B.-U. Weimar | TWZ3   | TW (Stadtwerke) | MS 7                  | Bestand     | -         | 27.01.2012 | 538,620    | m <sup>3</sup> |
| 1  | 11083 | 1108300005 |        | B.-U. Weimar | TWZ4   | TW (Stadtwerke) | MS15                  | Bestand     | -         | 27.01.2012 | 88,250     | m <sup>3</sup> |
| 1  | 11083 | 1108300006 |        | B.-U. Weimar | TWZ5   | TW (Stadtwerke) | MS 13                 | Bestand     | -         | 27.01.2012 | 587,000    | m <sup>3</sup> |
| 1  | 11083 | 1108300005 |        | B.-U. Weimar | EitZ1  | EZ              | MS 15                 | 06.11.2011  | 0         | 27.01.2012 | 706,000    | kWh            |
| 1  | 11083 |            |        | B.-U. Weimar | EitZ2  | EZ              | MS 5 / 7              | 02.11.2011  | 0         | 27.01.2012 | 31.127,000 | kWh            |
| 1  | 11083 | 1108300002 |        | B.-U. Weimar | EitZ3  | EZ              | MS 7 Aufzug           | 02.11.2011  | 0         | 27.01.2012 | 426,000    | kWh            |
| 1  | 11083 | 1108300001 |        | B.-U. Weimar | EitZ4  | EZ              | MS 5                  | 06.11.2011  | 0         | 27.01.2012 | 3.953,000  | kWh            |
| 1  | 11083 | 1108300004 |        | B.-U. Weimar | EitZ5  | EZ              | MS 9                  | 07.11.2011  | 0         | 27.01.2012 | 3.578,000  | kWh            |
| 1  | 11083 |            |        | B.-U. Weimar | EitZ6  | EZ              | MS 5/7/9/13/15 gesamt | 07.11.2011  | 0         | 27.01.2012 | 87.168,000 | kWh            |

Abbildung 49: Installation von Verbrauchszählern in Gebäuden der Bauhaus-Universität Weimar.

Quelle: TMBLV.

Der Freistaat Thüringen hat bereits die Auswertung der Zählerinfrastruktur in den landeseigenen Gebäuden begonnen und einen Entwicklungsplan aufgestellt. Bis Ende 2012 wurden im Rahmen des **Investitionsprogrammes** „Qualifizierung Energiecontrolling in Landesliegenschaften“ des TMBLV Thüringenweit 200 neue Zähler installiert. Einen Überblick der Verbrauchszähler, die 2011/ 2012 in

Gebäuden der Bauhaus-Universität Weimar installiert wurden, gibt die Abbildung 49. Es ist geplant, die Ausbauarbeiten fortzusetzen.

Übergreifend besteht das Ziel, bis Ende 2015 alle energetisch relevanten Gebäude mit eigenen Messeinrichtungen für Wärme, Strom und Wasser auszustatten. Das ambitionierte Vorhaben wird in Zukunft die Verbrauchserfassung und -auswertung dieser Gebäude deutlich vereinfachen. Damit wird ein **wichtiger Grundstein** für dauerhaft zuverlässige Auswertungen und Prognosen gelegt.

Bei der Entscheidung darüber, welche Gebäude bei begrenztem finanziellem Budget zuerst mit separaten Zählern für Strom (Energie und Leistung), Wärme (Heizwärme, Kälte) und Wasser (Warmwasser, Kaltwasser) ausgestattet werden, sollten neben den Einbaukosten weitere Kriterien berücksichtigt werden. Wichtige Größen stellen z.B. die Verbrauchshöhe, die Anschlussleistung oder auch die Notwendigkeit zur Abrechnung mit Dritten dar. Zur Systematisierung und Erleichterung der Planung der Zählerinfrastruktur bietet sich die Orientierung an solchen definierten **Auswahlkriterien** an. Darüber hinaus sind die gesetzlichen Rahmenbedingungen zu beachten, aus denen sich künftig weitere Anforderungen ergeben können (z.B. EnEG, EnEV, Novellierung des Energiewirtschaftsgesetzes zur Liberalisierung des Messwesens).<sup>66</sup>

### 5.3 Zentrales Datenmanagement

Derzeit erfolgt eine weitgehend separate Datenhaltung für Planung und Bau im TLBV und für den Betrieb durch das ThÜLIMA. Die Kompatibilität der einzelnen Datenbanksysteme ist nicht durchgängig gegeben. Dadurch werden der Datenaustausch und die Kommunikation erschwert.

Einen Lösungsweg stellt die Installation eines **zentralen Datenbanksystems** dar, das in der Lage ist, einem Gebäude entsprechende Daten über den gesamten Lebenszyklus zuzuordnen. Das bedeutet, dass sowohl die Informationen, die im Rahmen der Planung und Bauausführung entstehen, als auch die während der Nutzungsphase anfallenden Informationen aufgenommen werden können und auslesbar sind.

Mit PLANON ist im Freistaat eine **Liegenschaftsdatenbank** im Aufbau, die zukünftig die skizzierten Anforderungen der umfangreichen Datenintegration erfüllen kann. Wenn die Arbeiten zur Implementierung fertiggestellt sind, wird das System eine ideale Plattform zur Datenauswertung bieten, auch für energetische Potenzialanalysen. Um die enthaltenen Daten immer aktuell zu halten, bedarf es der Einbindung des vor Ort verantwortlichen Personals. Die Datenbank sollte von allen Einrichtungen übergreifend nutzbar sein, bei denen ein Bezug zu den Landesgebäuden besteht. Um eine zielgerichtete Nutzung der Datenbank zu gewährleisten, bietet sich die Einrichtung von strukturierten Zugriffsrechten an. Der Zugriff von Mitarbeitern kann auf diese Weise den Erfordernissen des jeweiligen Aufgaben- und Zuständigkeitspektrums angepasst werden.

---

<sup>66</sup> Vgl. AMEV (2010), S. 13 ff.

## Anhang 1: Gebäudedaten zu den vertiefend geprüften Hochschulgebäuden (Auszug)

| Nr. | LS/LG-Nr. | Geb.-Nr. | EMIS-Geb.-Nr. | BWZK | Normtext BWZK                               | Baujahr | BGF    | NGF    | Energieausweis Gebäudebezogen | VZ-Kategorie |
|-----|-----------|----------|---------------|------|---|---------|--------|--------|-------------------------------|--------------|
| 1   | 20387     | 4611     | n/a           | 6300 | Gemeinschaftsunterkünfte                    | 1981    | 5.820  | 4.947  | ja                            | VZ1          |
| 2   | 20260     | 3456     | n/a           | 1350 | Rechenzentren                               | 1972    | 1.548  | 1.362  | ja                            | VZ1          |
| 3   | 20219     | 2511     | n/a           | 2210 | Institutsgebäude 1                          | 1899    | 2.943  | 2.620  | ja                            | VZ3          |
| 4   | 20219     | 2431     | n/a           | 2100 | Hörsaalgebäude                              | 1953    | 2.562  | 2.255  | ja                            | VZ1          |
| 5   | 20222     | 2411     | n/a           | 2200 | Institutsgeb. für Lehre und Forschung       | 1900    | 3.547  | 3.157  | ja                            | VZ1          |
| 6   | 20223     | 2451     | n/a           | 2000 | Gebäude für wissenschaftliche Lehre         | 1880    | 4.194  | 3.691  | ja                            | VZ1          |
| 7   | 20224     | 2421     | n/a           | 2200 | Institutsgeb. für Lehre und Forschung       | 1899    | 1.707  | 1.519  | ja                            | VZ1          |
| 8   | 20225     | 3261     | n/a           | 2210 | Institutsgebäude 1                          | 1890    | 5.905  | 5.256  | ja                            | VZ1          |
| 9   | 20215     | 1122     | n/a           | 9130 | Bibliotheksgebäude                          | 1998    | 20.692 | 18.622 | ja                            | VZ1          |
| 10  | 20471     | 4344     | 2047100001    | 2200 | Institutsgeb. für Lehre und Forschung       | 1956    | 3.046  | 2.711  | ja                            | VZ2          |
| 11  | 20673     | 1831     | n/a           | 2210 | Institutsgebäude 1                          | 1907    | 30.637 | 27.267 | ja                            | VZ1          |
| 12  | 20237     | 4262     | 2023700002    | 2200 | Institutsgeb. für Lehre und Forschung       | 1901    | 3.663  | 3.260  | ja                            | VZ1          |
| 13  | 20235     | 4131     | 2023500005    | 2200 | Institutsgeb. für Lehre und Forschung       | 1912    | 2.007  | 1.786  | ja                            | VZ3          |
| 14  | 20239     | 1521     | n/a           | 2200 | Institutsgeb. für Lehre und Forschung       | 1883    | 2.845  | 2.532  | ja                            | VZ3          |
| 15  | 20573     | 341      | n/a           | 1312 | Versorgungsämter                            | 1904    | 1.652  | 1.388  | ja                            | VZ1          |
| 16  | 20223     | 1832     | n/a           | 6530 | Mensen                                      | 1998    | 9.148  | 8.325  | ja                            | VZ1          |
| 17  | 20243     | 2311     | n/a           | 2200 | Institutsgeb. für Lehre und Forschung       | 1953    | 3.201  | 2.849  | ja                            | VZ2          |
| 18  | 20256     | 2251     | n/a           | 2200 | Institutsgeb. für Lehre und Forschung       | 1929    | 2.981  | 2.653  | ja                            | VZ3          |
| 19  | 20246     | 1111     | n/a           | 1320 | Verwaltungsgebäude höherer techn. ausstatt. | 1909    | 15.238 | 13.105 | ja                            | VZ3          |
| 20  | 20995     | 2231     | 2099500001    | 2200 | Institutsgeb. für Lehre und Forschung       | 1903    | 1.707  | 1.519  | ja                            | VZ5          |
| 21  | 20852     | 2240     | 2058200011    | 2200 | Institutsgeb. für Lehre und Forschung       | 1951    | 5.089  | 4.529  | ja                            | VZ1          |
| 22  | 20258     | 2241     | n/a           | 2200 | Institutsgeb. für Lehre und Forschung       | 1902    | 3.239  | 2.883  | ja                            | VZ2          |
| 23  | 20473     | 2441     | 2047300004    | 2200 | Institutsgeb. für Lehre und Forschung       | 1955    | 3.953  | 3.518  | ja                            | VZ1          |
| 24  | 20473     | 2551     | n/a           | 2210 | Institutsgebäude 1                          | 1905    | 2.281  | 2.030  | ja                            | VZ1          |
| 25  | 20286     | 2221     | n/a           | 2200 | Institutsgeb. für Lehre und Forschung       | 1962    | 2.049  | 1.824  | ja                            | VZ3          |
| 26  | 20282     | 2341     | 2028200001    | 2200 | Institutsgeb. für Lehre und Forschung       | 1991    | 4.006  | 3.565  | ja                            | VZ3          |
| 27  | 20291     | 1531     | 2029100001    | 2200 | Institutsgeb. für Lehre und Forschung       | 1959    | 6.607  | 5.880  | ja                            | VZ1          |
| 28  | 20299     | 2211     | n/a           | 2100 | Hörsaalgebäude                              | 1957    | 9.271  | 8.159  | ja                            | VZ1          |

| Nr. | LS/LG-Nr. | Geb.-Nr. | EMIS-Geb.-Nr. | BWZK | Normtext<br>BWZK                      | Baujahr | BGF    | NGF    | Energieausweis<br>Gebäude-<br>bezogen | VZ-Kategorie |
|-----|-----------|----------|---------------|------|---------------------------------------|---------|--------|--------|---------------------------------------|--------------|
| 29  | 20302     | 1411     | n/a           | 2200 | Institutsgeb. für Lehre und Forschung | 1883    | 1.821  | 1.620  | ja                                    | VZ1          |
| 30  | 20304     | 4111     | n/a           | 1300 | Verwaltungsgebäude                    | 1906    | 4.082  | 3.470  | ja                                    | VZ1          |
| 31  | 20331     | 4417     | n/a           | 2210 | Institutsgebäude 1                    | 1928    | 1.572  | 1.399  | ja                                    | VZ3          |
| 32  | 20307     | 1341     | n/a           | 2200 | Institutsgeb. für Lehre und Forschung | 1990    | 3.516  | 3.129  | ja                                    | VZ3          |
| 33  | 20307     | 1321     | n/a           | 2200 | Institutsgeb. für Lehre und Forschung | 1905    | 1.387  | 1.234  | ja                                    | VZ1          |
| 34  | 20318     | 4378     | n/a           | 2210 | Institutsgebäude 1                    | 1932    | 3.962  | 3.526  | ja                                    | VZ3          |
| 35  | 20319     | 1641     | n/a           | 9120 | Ausstellungsgebäude                   | 1890    | 1.662  | 1.462  | ja                                    | VZ1          |
| 36  | 20327     | 1510     | n/a           | 9120 | Ausstellungsgebäude                   | 1907    | 1.764  | 1.553  | ja                                    | VZ1          |
| 62  | 20629     | 1        | 2062900001    | 2400 | Fachhochschulen                       | 1987    | 3.427  | n/a    | ja                                    | VZ1          |
| 63  | 20629     | 3        | 2062900002    | 2400 | Fachhochschulen                       | 1987    | 9.245  | 8.043  | ja                                    | VZ1          |
| 64  | 20629     | 5        | 2062900004    | 2400 | Fachhochschulen                       | 1987    | 26.889 | 23.393 | ja                                    | VZ1          |
| 164 | 11050     | 2        | 1105000002    | 2000 | Gebäude für wissenschaftliche Lehre   | 1965    | 10.252 | 8.567  | ja                                    | VZ1          |
| 165 | 11050     | 5        | 1105000005    | 2100 | Hörsaalgebäude                        | 1961    | 5.505  | 4.104  | ja                                    | VZ1          |
| 166 | 11050     | 7        | 1105000007    | 2000 | Gebäude für wissenschaftliche Lehre   | 1953    | 11.150 | 8.600  | ja                                    | VZ1          |
| 167 | 11050     | 12       | 1105000014    | 1300 | Verwaltungsgebäude                    | 1965    | 7.301  | 6.341  | ja                                    | VZ1          |
| 168 | 11050     | 13       | 1105000013    | 6530 | Mensen                                | 1983    | 5.780  | 4.971  | ja                                    | VZ1          |
| 169 | 11050     | 14       | 1105000018    | 6230 | Studentenwohnheime                    | 1964    | 8.355  | 4.215  | ja                                    | VZ1          |
| 170 | 11050     | 1        | 1105000011    | 1300 | Verwaltungsgebäude                    | 1955    | 2.765  | 2.426  | ja                                    | VZ1          |
| 171 | 11050     | 18       | 1105000008    | 2210 | Institutsgebäude 1                    | 1975    | 1.487  | 1.257  | ja                                    | VZ1          |
| 172 | 11050     | 19       | 1105000015    | 2000 | Gebäude für wissenschaftliche Lehre   | 1961    | 5.110  | 4.505  | ja                                    | VZ1          |
| 173 | 11050     | 21       | 1105000012    | 1300 | Verwaltungsgebäude                    | 1924    | 1.062  | 1.004  | ja                                    | VZ1          |
| 174 | n/a       | 1        | n/a           | 6300 | Gemeinschaftsunterkünfte              | 1392    | 2.214  | 1.564  | ja                                    | VZ1          |
| 175 | 11051     | 1        | n/a           | 5100 | Hallen (ohne Schwimmh.)               | 1988    | 2.924  | 2.649  | ja                                    | VZ1          |
| 176 | 11053     | 1        | 1105300001    | 2210 | Institutsgebäude 1                    | 1904    | 2.896  | 2.350  | ja                                    | VZ1          |
| 177 | 11061     | 1        | 1106100001    | 2400 | Fachhochschulen                       | 1903    | 5.832  | 4.658  | ja                                    | VZ1          |
| 178 | 11063     | 1        | 1106300001    | 1300 | Verwaltungsgebäude                    | 1956    | 3.044  | 2.140  | nein                                  | VZ3          |
| 179 | 11063     | 3        | 1106300003    | 2400 | Fachhochschulen                       | 1911    | 2.543  | 1.819  | nein                                  | VZ3          |
| 180 | 11064     | 1        | 1106400001    | 2400 | Fachhochschulen                       | 1975    | 4.164  | 3.446  | ja                                    | VZ1          |
| 181 | 11065     | 1        | 1106500002    | 9130 | Bibliotheksgebäude                    | 1918    | 5.051  | 4.370  | ja                                    | VZ1          |

| Nr. | LS/LG-Nr. | Geb.-Nr. | EMIS-Geb.-Nr. | BWZK | Normtext<br>BWZK                                       | Baujahr | BGF   | NGF   | Energieausweis<br>Gebäude-<br>bezogen | VZ-Kategorie |
|-----|-----------|----------|---------------|------|--|---------|-------|-------|---------------------------------------|--------------|
| 182 | 11065     | 2        | 1106500001    | 2400 | Fachhochschulen  | 1918    | 5.744 | 4.084 | ja                                    | VZ1          |
| 183 | 11065     | 3        | 1106500003    | 2400 | Fachhochschulen  | 1918    | 5.335 | 4.641 | ja                                    | VZ1          |
| 184 | 11065     | 4        | 1106500005    | 2400 | Fachhochschulen  | 1918    | 3.351 | 2.915 | ja                                    | VZ1          |
| 185 | 11065     | 5        | 1106500006    | 2400 | Fachhochschulen  | 1918    | 5.527 | 4.878 | ja                                    | VZ1          |
| 186 | 11065     | 6        | 1106500008    | 6530 | Mensen   | 1918    | 6.002 | 5.462 | ja                                    | VZ1          |
| 187 | 11065     | 7        | 1106500009    | 1320 | Verwaltungsgebäude<br>m. höherer<br>techn. Ausstattung | 1918    | 5.568 | 3.721 | ja                                    | VZ1          |
| 189 | 11081     | 1        | n/a           | 5000 | Sportbauten  | 1974    | 2.082 | 1.895 | ja                                    | VZ1          |
| 190 | 11083     | 10       | 1108300006    | 2100 | Hörsaalgebäude   | 1957    | 3.638 | 3.201 | n/a                                   | VZ4          |
| 191 | 11084     | 4        | 1108400004    | 2100 | Hörsaalgebäude   | 1911    | 4.033 | 3.549 | n/a                                   | VZ4          |
| 192 | 11085     | 1        | 1108500001    | 2200 | Institutsgeb. für Lehre<br>und Forschung               | 1974    | 4.373 | 3.892 | n/a                                   | VZ4          |
| 201 | 11146     | 08-10    | 1114600006    | 6530 | Mensen   | 1910    | 2.871 | 2.212 | ja                                    | VZ1          |
| 202 | 11146     | 12       | 1114600008    | 4000 | Schulen  | 1953    | 3.161 | 2.296 | ja                                    | VZ1          |
| 203 | 11146     | 14/15    | 1114600010    | 1300 | Verwaltungsgebäude                                     | 1910    | 1.327 | 1.051 | ja                                    | VZ1          |
| 204 | 11146     | 18       | n/a           | 9130 | Bibliotheksgebäude                                     | 1954    | 6.166 | 3.651 | ja                                    | VZ1          |
| 205 | 11146     | 19       | 1114600014    | 2100 | Hörsaalgebäude   | 1970    | 3.206 | 2.829 | ja                                    | VZ1          |
| 206 | 11146     | 20       | 1114600015    | 2100 | Hörsaalgebäude   | 1970    | 2.103 | 1.869 | ja                                    | VZ1          |
| 207 | 11146     | 25       | 1114600019    | 2200 | Institutsgeb. für Lehre<br>und Forschung               | 1955    | 1.413 | 1.147 | ja                                    | VZ1          |
| 208 | 11146     | 28       | 1114600022    | 2300 | Institutsgeb. f. Forschung<br>u. Untersuch.            | 1956    | 2.169 | 1.928 | ja                                    | VZ1          |
| 212 | 11254     | 10       | n/a           | 2300 | Institutsgeb. f. Forschung<br>u. Untersuch.            | 2005    | n/a   | 2.062 | ja                                    | VZ1          |
| 213 | 11254     | 11       | n/a           | 1300 | Verwaltungsgebäude                                     | 1987    | n/a   | 3.941 | ja                                    | VZ1          |
| 214 | 11259     | 1        | 1125900001    | 2210 | Institutsgebäude 1                                     | 1902    | 2.452 | 1.972 | ja                                    | VZ1          |
| 215 | 11259     | 2        | 1125900002    | 2200 | Institutsgeb. für Lehre<br>und Forschung               | 1959    | 5.258 | 4.766 | ja                                    | VZ1          |
| 216 | 11259     | 3        | 1125900008    | 7300 | Werkstätten  | 1904    | 1.732 | 1.669 | ja                                    | VZ1          |
| 217 | 11259     | 4        | 1125900004    | 1300 | Verwaltungsgebäude                                     | 1902    | 1.195 | 905   | ja                                    | VZ1          |
| 218 | 11259     | 7        | 1125900009    | 2400 | Fachhochschulen  | 1979    | 5.163 | 3.479 | ja                                    | VZ1          |
| 219 | 11259     | 10       | 1125900003    | 2400 | Fachhochschulen  | 2000    | 2.194 | 1.904 | ja                                    | VZ1          |
| 220 | 11259     | 11       | 1125900005    | 1300 | Verwaltungsgebäude                                     | 1902    | 457   | 362   | ja                                    | VZ1          |
| 221 | 11259     | 13       | 1125900010    | 6530 | Mensen   | 2000    | 1.861 | 1.679 | ja                                    | VZ1          |

| Nr. | LS/LG-Nr. | Geb.-Nr. | EMIS-Geb.-Nr. | BWZK | Normtext<br>BWZK                             | Baujahr | BGF    | NGF    | Energieausweis<br>Gebäude-<br>bezogen | VZ-Kategorie |
|-----|-----------|----------|---------------|------|--|---------|--------|--------|---------------------------------------|--------------|
| 222 | 11259     | 14       | 1125900011    | 2400 | Fachhochschulen                              | 2000    | 1.923  | 1.726  | ja                                    | VZ1          |
| 223 | 11259     | 15       | 1125900007    | 2100 | Hörsaalgebäude                               | 2000    | 6.204  | 5.588  | ja                                    | VZ1          |
| 224 | 11259     | 16       | 1125900006    | 9130 | Bibliotheksgebäude                           | 2000    | 4.062  | 3.830  | ja                                    | VZ1          |
| 225 | 11267     | 2        | 1126700001    | 2200 | Institutsgeb. für Lehre und Forschung        | 1977    | 2.978  | 1.765  | ja                                    | VZ1          |
| 226 | 11267     | 11       | n/a           | 9130 | Bibliotheksgebäude                           | 1994    | 11.297 | 9.970  | ja                                    | VZ1          |
| 227 | 11267     | 13       | 1126700015    | 2300 | Institutsgeb. f. Forschung u. Untersuch.     | 2000    | 3.443  | 1.989  | ja                                    | VZ1          |
| 228 | 11267     | 16       | 1126700007    | 2200 | Institutsgeb. für Lehre und Forschung        | 1963    | 3.459  | 3.079  | ja                                    | VZ1          |
| 229 | 11267     | 20       | 1126700009    | 2200 | Institutsgeb. für Lehre und Forschung        | 1988    | 4.439  | 3.951  | ja                                    | VZ1          |
| 230 | 11267     | 21       | 1126700010    | 2200 | Institutsgeb. für Lehre und Forschung        | 1957    | 12.625 | 11.236 | ja                                    | VZ1          |
| 231 | 11267     | 29       | 1126700012    | 2200 | Institutsgeb. für Lehre und Forschung        | 1962    | 14.060 | 12.513 | ja                                    | VZ1          |
| 232 | 11267     | 30       | 1126700013    | 2300 | Institutsgeb. f. Forschung u. Untersuch.     | 1961    | 2.475  | 2.203  | ja                                    | VZ1          |
| 233 | 11267     | 31       | 1126700014    | 6530 | Mensen                                       | 1972    | 5.716  | 5.030  | ja                                    | VZ1          |
| 234 | 11267     | 44       | 1126700028    | 2200 | Institutsgeb. für Lehre und Forschung        | 1992    | 3.380  | 3.008  | ja                                    | VZ1          |
| 235 | 11267     | 64       | 1126700030    | 2300 | Institutsgeb. für Forschung und Untersuchung | 2001    | 5.548  | 4.938  | ja                                    | VZ1          |
| 236 | 11267     | 65       | 1126700031    | 2200 | Institutsgeb. für Lehre und Forschung        | 2003    | 6.409  | 5.704  | ja                                    | VZ1          |
| 237 | 11267     | 66       | 1126700032    | 2100 | Hörsaalgebäude                               | 2004    | 5.291  | 4.709  | ja                                    | VZ1          |
| 241 | 11286     | 1        | n/a           | 2200 | Institutsgeb. für Lehre und Forschung        | 1885    | 4.880  | 4.299  | ja                                    | VZ1          |
| 242 | 11286     | 2        | n/a           | 2200 | Institutsgeb. für Lehre und Forschung        | 1926    | 4.700  | 3.950  | ja                                    | VZ1          |
| 243 | 11286     | 3        | n/a           | 2100 | Hörsaalgebäude                               | 2006    | 1.530  | 1.140  | ja                                    | VZ1          |
| 246 | 11378     | 4        | n/a           | 9130 | Bibliotheksgebäude                           | 2005    | 1.677  | 1.510  | n/a                                   | VZ4          |
| 247 | 11380     | 3        | 1138000003    | 1300 | Verwaltungsgebäude                           | 1970    | 1.689  | 1.435  | n/a                                   | VZ4          |
| 249 | 11402     | 1        | n/a           | 2200 | Institutsgeb. für Lehre und Forschung        | 1925    | 1.446  | 1.287  | ja                                    | VZ1          |
| 255 | 11050     | 20       | 1105000009    | 9130 | Bibliotheksgebäude                           | 2000    | 18.503 | 17.565 | ja                                    | VZ1          |
| 259 | 11065     | 12       | n/a           | 1300 | Verwaltungsgebäude                           | 1940    | n/a    | 1.024  | nein                                  | VZ1          |
| 260 | 11065     | 9        | n/a           | 2200 | Gebäude f. wissenschaftl. Lehre              | 2008    | n/a    | 6.502  | nein                                  | VZ1          |
| 261 | 11065     | 8        | n/a           | 2400 | Fachhochschulen                              | 2008    | n/a    | 2.629  | nein                                  | VZ1          |
| 262 | 11063     | n/a      | n/a           | 7300 | Betriebs- und Werkstätten                    | 2000    | n/a    | 902    | nein                                  | VZ3          |

| Nr. | LS/LG-Nr. | Geb.-Nr. | EMIS-Geb.-Nr. | BWZK           | Normtext<br>BWZK  | Baujahr | BGF    | NGF   | Energieausweis<br>Gebäude-<br>bezogen | VZ-Kategorie |
|-----|-----------|----------|---------------|----------------|---|---------|--------|-------|---------------------------------------|--------------|
| 263 | 11063     | n/a      | n/a           | 2300 /<br>7100 | Institutgebäude für<br>Forschung und Un-<br>tersuchung oder ggf.<br>land- und forstwirt-<br>schaftliche Produk-<br>tionsstätten | 2000    | n/a    | 2.171 | nein                                  | VZ3          |
| 264 | n/a       | n/a      | n/a           | 2200           | Institutsgeb. für Leh-<br>re und Forschung  | 2011    | 11.421 | 9.695 | n/a                                   | VZ1          |
| 265 | n/a       | n/a      | n/a           | 2100           | Hörsaalgebäude  | 1980    | 513    | 444   | n/a                                   | VZ1          |
| 266 | n/a       | n/a      | n/a           | 2200           | Institutsgeb. für Leh-<br>re und Forschung  | 2000    | 7.867  | 6.464 | n/a                                   | VZ1          |
| 267 | n/a       | n/a      | n/a           | 2200           | Institutsgeb. für Leh-<br>re und Forschung  | 1954    | 1.172  | 1.043 | n/a                                   | VZ1          |
| 268 | n/a       | n/a      | n/a           | 2200           | Institutsgeb. für Leh-<br>re und Forschung  | 1930    | 1.466  | 1.305 | n/a                                   | VZ1          |
| 269 | n/a       | n/a      | n/a           | 1300           | Verwaltungsgebäu-<br>de   | 1964    | 3.515  | 2.911 | n/a                                   | VZ1          |
| 270 | 20629     | 4        | 2062900003    | 2400           | Fachhochschulen   | 2007    | n/a    | n/a   | ja                                    | VZ1          |



## Anhang 2: Verbrauchsdaten zu den vertiefend geprüften Hochschulgebäuden (Auszug)

| Nr. | Wärmeverbrauch [kWh] |           |           |           |           | Stromverbrauch [kWh] |           |           |           |           |
|-----|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|     | 2006                 | 2007      | 2008      | 2009      | 2010      | 2006                 | 2007      | 2008      | 2009      | 2010      |
| 1   | 604.684              | 529.654   | 573.049   | 599.165   | 735.191   | 144.085              | 140.719   | 136.541   | 139.723   | 145.408   |
| 2   | 312.172              | 269.243   | 283.027   | n/a       | n/a       | 970.051              | 1.172.021 | 1.233.438 | 1.366.690 | 867.194   |
| 3   | 515.940              | 490.693   | 500.493   | n/a       | n/a       | 161.155              | 170.206   | 182.813   | n/a       | n/a       |
| 4   | 444.187              | 422.451   | 430.888   | n/a       | n/a       | 116.197              | 113.234   | 115.077   | n/a       | n/a       |
| 5   | 591.493              | 587.736   | 657.458   | 663.108   | 796.101   | 361.249              | 394.317   | 388.105   | n/a       | n/a       |
| 6   | 267.415              | 249.291   | 258.425   | 252.676   | 307.772   | 29.078               | 28.992    | 32.100    | n/a       | n/a       |
| 7   | 218.331              | 194.177   | 179.432   | 181.246   | 203.301   | 38.523               | 34.702    | 32.815    | n/a       | n/a       |
| 8   | 372.060              | 348.870   | 463.910   | 462.210   | 605.820   | 49.382               | 75.085    | 67.915    | 88.600    | 95.998    |
| 9   | 1.016.080            | 881.670   | 1.063.390 | 1.254.320 | 1.409.160 | 1.852.867            | 1.824.020 | 1.862.832 | 1.885.416 | 1.884.352 |
| 10  | 526.626              | 474.104   | 528.946   | 521.589   | 594.559   | 338.277              | 348.953   | 344.274   | 345.093   | 345.064   |
| 11  | 1.599.728            | 1.276.055 | 1.515.800 | 1.783.352 | 1.908.279 | 2.485.567            | 2.387.742 | 2.385.649 | 2.432.723 | 2.237.129 |
| 12  | 334.477              | 340.273   | 299.220   | 407.100   | 480.579   | 545.253              | 580.490   | 603.525   | 633.160   | 618.032   |
| 13  | 260.334              | 139.173   | 183.495   | n/a       | n/a       | 275.471              | 261.105   | 191.877   | 183.061   | 169.638   |
| 14  | 297.705              | 285.431   | 295.620   | n/a       | n/a       | 185.757              | 194.103   | 186.526   | n/a       | n/a       |
| 15  | 156.298              | 150.894   | 156.175   | 164.898   | 189.671   | 13.021               | 11.017    | 11.744    | 11.915    | 11.494    |
| 16  | 1.022.464            | 833.328   | 843.272   | 962.775   | 1.177.980 | 1.383.915            | 1.322.918 | 1.413.131 | 1.408.599 | 1.474.855 |
| 17  | 417.764              | 341.152   | 233.899   | 417.824   | 285.710   | 143.403              | 178.570   | 200.430   | n/a       | n/a       |
| 18  | 346.858              | 298.210   | 314.474   | n/a       | n/a       | 385.875              | 399.027   | 406.534   | n/a       | n/a       |
| 19  | 932.978              | 926.457   | 1.030.049 | n/a       | n/a       | 403.538              | 417.242   | 416.790   | 418.810   | 418.672   |
| 20  | 244.782              | 210.182   | 221.928   | n/a       | n/a       | 230.505              | 219.436   | 245.447   | n/a       | n/a       |
| 21  | 507.280              | 434.503   | 459.918   | n/a       | n/a       | 163.462              | 182.396   | 332.166   | n/a       | n/a       |
| 22  | 618.292              | 530.620   | 560.566   | n/a       | n/a       | 442.652              | 419.453   | 469.173   | n/a       | n/a       |
| 23  | 1.708.412            | 1.624.810 | 1.657.260 | 1.796.852 | 2.591.700 | 574.179              | 570.286   | 518.172   | n/a       | n/a       |
| 24  | 306.671              | 300.646   | 276.511   | 286.537   | 315.255   | 52.800               | 52.500    | 67.800    | 62.600    | 52.100    |
| 25  | 226.949              | 195.740   | 205.760   | n/a       | n/a       | 204.950              | 202.929   | 183.340   | n/a       | n/a       |
| 26  | 377.208              | 323.092   | 341.991   | n/a       | n/a       | 768.636              | 827.027   | 645.560   | n/a       | n/a       |
| 27  | 589.004              | 487.138   | 573.292   | 623.548   | 651.898   | 554.137              | 494.178   | 504.154   | 497.468   | 488.933   |
| 28  | 1.018.899            | 864.551   | 923.767   | n/a       | n/a       | 1.234.120            | 1.176.799 | 1.316.288 | n/a       | n/a       |
| 29  | 190.603              | 182.744   | 189.269   | n/a       | n/a       | 118.362              | 123.681   | 118.855   | n/a       | n/a       |
| 30  | 381.664              | n/a       | 359.985   | 389.540   | 498.244   | 73.050               | 73.650    | 72.700    | 77.400    | 78.549    |
| 31  | 314.181              | 290.327   | 319.044   | 341.309   | 393.172   | 136.363              | 138.444   | 133.206   | 131.005   | 128.058   |
| 32  | 479.244              | 459.225   | 524.024   | n/a       | n/a       | 432.512              | 402.736   | 385.944   | n/a       | n/a       |
| 33  | 189.903              | 181.971   | 207.648   | n/a       | n/a       | 83.054               | 88.691    | 97.984    | n/a       | n/a       |
| 34  | 495.257              | 538.194   | 743.694   | 787.751   | 873.762   | 159.828              | 169.507   | 234.770   | 239.495   | 265.830   |
| 35  | 127.628              | 111.524   | 108.363   | 135.935   | 153.396   | 31.420               | 27.760    | 23.020    | 21.520    | 26.640    |
| 36  | 182.434              | 174.912   | 181.157   | n/a       | n/a       | 113.833              | 118.948   | 114.304   | n/a       | n/a       |
| 62  | 723.918              | 883.114   | 878.884   | n/a       | n/a       | 336.364              | 359.008   | 288.012   | n/a       | n/a       |
| 63  | 1.160.430            | 1.280.015 | 1.352.557 | n/a       | n/a       | 899.408              | 949.282   | 741.555   | n/a       | n/a       |
| 64  | 1.784.240            | 1.583.800 | 1.840.000 | n/a       | n/a       | 2.195.870            | 2.343.692 | 1.880.211 | n/a       | n/a       |
| 164 | 1.069.580            | 1.081.280 | 932.010   | 993.270   | 1.114.920 | 370.220              | 367.871   | 354.674   | 382.020   | 380.431   |
| 165 | 322.000              | 414.410   | 407.580   | 465.400   | 595.250   | 70.515               | 64.266    | 94.788    | 81.302    | 95.333    |

| Nr. | Wärmeverbrauch [kWh] |         |         |         |         | Stromverbrauch [kWh] |         |         |         |         |
|-----|----------------------|---------|---------|---------|---------|----------------------|---------|---------|---------|---------|
|     | 2006                 | 2007    | 2008    | 2009    | 2010    | 2006                 | 2007    | 2008    | 2009    | 2010    |
| 166 | 589.500              | 568.820 | 618.960 | 594.540 | 687.360 | 148.026              | 149.723 | 159.347 | 147.572 | 134.732 |
| 167 | 449.120              | 437.610 | 438.650 | 438.470 | 508.950 | 86.211               | 83.341  | 81.278  | 83.164  | 80.372  |
| 168 | 447.000              | 607.000 | 595.920 | 655.440 | 670.520 | 527.310              | 560.736 | 560.000 | 515.823 | 445.818 |
| 169 | 524.550              | 480.960 | 488.310 | 484.410 | 485.400 | 107.851              | 110.830 | 94.425  | 107.059 | 118.117 |
| 170 | 291.670              | 298.470 | 317.840 | 298.210 | 354.350 | 39.788               | 41.669  | 27.577  | 40.406  | 43.299  |
| 171 | 152.000              | 149.000 | 134.990 | 129.240 | 205.070 | 17.076               | 14.619  | 14.501  | 9.064   | 9.911   |
| 172 | 222.820              | 283.630 | 285.050 | 278.410 | 354.580 | 74.387               | 76.437  | 53.258  | 79.423  | 81.176  |
| 173 | 68.670               | 68.340  | 67.530  | 64.440  | 78.700  | 36.969               | 41.904  | 34.621  | 35.885  | 37.100  |
| 174 | 147.779              | 118.142 | 120.805 | 141.510 | 137.166 | 14.150               | 20.700  | 16.793  | 22.951  | 17.032  |
| 175 | 254.350              | 231.720 | 169.730 | 211.950 | 304.040 | 121.030              | 137.871 | 131.404 | 193.355 | 178.807 |
| 176 | 299.049              | 251.653 | 299.668 | 304.647 | 385.663 | 38.650               | 43.050  | 44.676  | 43.013  | 47.124  |
| 177 | 581.520              | 494.690 | 406.530 | 39.4720 | 56.7210 | 100.566              | 82.831  | 85.584  | 86.075  | 79.354  |
| 178 | 163.311              | 178.491 | 164.235 | 194.672 | 224.265 | 97.679               | 117.701 | 108.667 | 101.133 | 103.436 |
| 179 | 138.838              | 151.743 | 139.622 | 165.498 | 190.656 | 83.041               | 100.062 | 92.382  | 85.977  | 87.936  |
| 180 | 222.835              | 205.391 | 212.191 | 224.518 | 259.334 | 102.114              | 101.210 | 108.024 | 99.950  | 97.516  |
| 181 | 298.830              | 306.810 | 366.990 | 248.152 | 290.030 | 128.989              | 126.951 | 140.170 | 186.965 | 188.001 |
| 182 | 223.360              | 202.880 | 225.050 | 231.911 | 271.049 | 121.049              | 150.625 | 167.582 | 174.729 | 175.697 |
| 183 | 218.340              | 211.130 | 226.950 | 263.589 | 307.350 | 113.760              | 124.731 | 138.143 | 198.596 | 199.228 |
| 184 | 155.960              | 143.630 | 157.550 | 165.560 | 200.546 | 120.788              | 128.874 | 144.560 | 124.738 | 129.997 |
| 185 | 239.310              | 217.640 | 250.780 | 277.024 | 323.775 | 194.199              | 244.876 | 237.444 | 208.718 | 209.875 |
| 186 | 316.040              | 284.760 | 299.500 | 310.188 | 362.536 | 289.996              | 291.336 | 328.470 | 322.705 | 235.000 |
| 187 | 214.400              | 204.030 | 205.850 | 211.322 | 246.985 | 239.104              | 189.687 | 268.011 | 159.216 | 160.099 |
| 189 | 411.569              | 309.009 | 322.246 | 280.313 | 331.176 | 97.233               | 70.015  | 86.769  | 31.400  | 40.150  |
| 190 | 235.803              | 219.381 | 250.258 | n/a     | n/a     | 62.364               | 61.715  | 55.583  | n/a     | n/a     |
| 191 | 496.327              | 461.761 | 526.753 | n/a     | n/a     | 131.266              | 129.901 | 116.992 | n/a     | n/a     |
| 192 | 558.533              | 492.754 | 514.197 | n/a     | n/a     | 340.629              | 344.909 | 340.719 | n/a     | n/a     |
| 201 | 161.100              | 228.180 | 111.820 | 168.140 | 171.460 | 77.893               | 75.079  | 30.607  | 25.619  | 34.112  |
| 202 | 126.860              | 111.050 | 128.360 | 120.600 | 132.290 | 23.424               | 18.706  | 17.801  | 19.231  | 18.699  |
| 203 | 94.560               | 83.690  | 70.630  | 86.550  | 101.700 | 26.666               | 26.666  | 26.666  | 31.746  | 28.017  |
| 204 | 220.590              | 206.630 | 240.200 | 245.080 | 273.600 | 212.899              | 228.283 | 249.869 | 259.635 | 253.157 |
| 205 | 328.260              | 308.670 | 350.240 | 352.500 | 409.370 | 68.813               | 71.890  | 74.890  | 82.454  | 73.335  |
| 206 | 153.390              | 135.890 | 157.400 | 154.750 | 188.650 | 24.186               | 21.993  | 24.172  | 28.263  | 24.823  |
| 207 | 146.350              | 111.910 | 118.650 | 128.190 | 151.750 | 42.119               | 44.931  | 49.791  | 43.651  | 40.848  |
| 208 | 471.110              | 162.200 | 184.240 | 177.380 | 184.270 | 73.673               | 165.804 | 91.148  | 78.625  | 78.106  |
| 212 | 126.380              | 111.030 | 119.800 | 117.127 | 136.893 | 93.585               | 131.242 | 132.570 | 88.247  | 88.736  |
| 213 | 174.885              | 235.860 | 256.680 | 223.794 | 261.428 | 12.250               | 84.930  | 131.894 | 168.613 | 169.461 |
| 214 | 245.000              | 225.000 | 227.000 | 232.000 | 270.000 | 80.000               | 76.600  | 76.400  | 73.000  | 62.000  |
| 215 | 343.000              | 337.000 | 341.000 | 331.000 | 370.000 | 157.500              | 161.400 | 146.100 | 150.000 | 144.000 |
| 216 | 144.000              | 133.000 | 136.000 | 139.000 | 160.000 | 37.500               | 37.750  | 34.750  | 42.500  | 42.500  |
| 217 | 103.000              | 96.000  | 101.000 | 105.000 | 114.000 | 43.673               | 35.545  | 46.772  | 50.361  | 64.696  |
| 218 | 216.000              | 188.000 | 205.000 | 232.000 | 275.000 | 460.350              | 502.800 | 499.500 | 462.850 | 382.000 |
| 219 | 264.000              | 242.000 | 351.000 | 350.000 | 331.000 | 144.200              | 125.800 | 174.000 | 165.400 | 107.600 |
| 220 | 51.000               | 48.000  | 51.000  | 52.000  | 47.000  | 8.327                | 7.048   | 5.028   | 5.139   | 4.804   |
| 221 | 279.000              | 335.000 | 294.000 | 278.000 | 300.000 | 404.600              | 457.600 | 347.800 | 238.000 | 233.000 |

| Nr. | Wärmeverbrauch [kWh] |           |           |           |           | Stromverbrauch [kWh] |           |           |           |           |
|-----|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|     | 2006                 | 2007      | 2008      | 2009      | 2010      | 2006                 | 2007      | 2008      | 2009      | 2010      |
| 222 | 141.000              | 167.000   | 142.000   | 186.000   | 189.000   | 106.920              | 128.040   | 111.360   | 122.280   | n/a       |
| 223 | 396.000              | 346.000   | 391.000   | 471.000   | 524.000   | 206.160              | 212.280   | 257.640   | 285.360   | 278.640   |
| 224 | 403.000              | 416.000   | 385.000   | 405.000   | 420.000   | 172.680              | 170.040   | 187.920   | 173.160   | 159.600   |
| 225 | 179.280              | 165.750   | 191.410   | 182.440   | 212.470   | 64.754               | 88.153    | 95.905    | 94.823    | 109.081   |
| 226 | 358.260              | 340.340   | 343.640   | 371.570   | 491.565   | 824.035              | 841.416   | 657.093   | 288.928   | 950.654   |
| 227 | 372.240              | 279.600   | 415.000   | 386.000   | 480.000   | 148.320              | 129.600   | 120.480   | 118.320   | 121.080   |
| 228 | 192.660              | 185.630   | 199.690   | 183.370   | 215.660   | 226.961              | 228.934   | 224.988   | 229.784   | 240.638   |
| 229 | 187.060              | 197.620   | 222.860   | 193.610   | 242.420   | 122.300              | 134.438   | 124.744   | 144.914   | 132.147   |
| 230 | 933.510              | 882.690   | 937.710   | 818.480   | 926.630   | 532.308              | 532.308   | 532.308   | 599.987   | 682.454   |
| 231 | 1.247.100            | 1.154.700 | 1.205.000 | 1.127.700 | 1.255.700 | 537.834              | 537.834   | 537.834   | 597.260   | 701.025   |
| 232 | 354.740              | 315.250   | 336.360   | 308.450   | 381.670   | 204.300              | 192.100   | 181.600   | 180.000   | 180.000   |
| 233 | 712.650              | 761.450   | 801.570   | n/a       | n/a       | 611.640              | 761.450   | 801.570   | n/a       | n/a       |
| 234 | 175.940              | 171.300   | 199.770   | 180.260   | 219.430   | 39.224               | 29.736    | 30.486    | 20.796    | 15.632    |
| 235 | 2.024.500            | 1.861.300 | 1.851.000 | 1.768.000 | 2.188.000 | 1.910.000            | 1.839.000 | 1.897.000 | 1.959.000 | 2.049.000 |
| 236 | 384.500              | 375.770   | 471.000   | 445.000   | 546.000   | 614.104              | 577.088   | 545.172   | 548.960   | 550.648   |
| 237 | 458.500              | 418.500   | 404.000   | 412.000   | 433.000   | 127.000              | 107.000   | 100.000   | 101.653   | 95.528    |
| 241 | 373.400              | 363.740   | 384.390   | 390.930   | 469.130   | 234.125              | 248.183   | 256.299   | 264.515   | 252.452   |
| 242 | 418.100              | 405.160   | 425.410   | 436.900   | 496.630   | 295.620              | 276.382   | 272.298   | 256.165   | 275.104   |
| 243 | 175.135              | 179.790   | 170.480   | 172.280   | 200.720   | 69.858               | 68.366    | 71.350    | 78.011    | 78.886    |
| 246 | n/a                  | n/a       | n/a       | n/a       | n/a       | n/a                  | n/a       | n/a       | n/a       | n/a       |
| 247 | 211.772              | 203.777   | 212.567   | n/a       | n/a       | 51.204               | 57.392    | 52.128    | n/a       | n/a       |
| 249 | 24.343               | 39.022    | 71.811    | 78.834    | 85.674    | 9.100                | 70.700    | 57.300    | 66.562    | 75.425    |
| 255 | 1.053.680            | 1.135.160 | 1.066.520 | 1.011.180 | 1.309.490 | 1.831.233            | 1.784.701 | 1.826.543 | 1.792.588 | 1.684.161 |
| 259 | n/a                  | n/a       | n/a       | n/a       | n/a       | n/a                  | n/a       | n/a       | n/a       | n/a       |
| 260 | n/a                  | n/a       | n/a       | 369.245   | 431.777   | n/a                  | n/a       | n/a       | 278.200   | 279.884   |
| 261 | n/a                  | n/a       | n/a       | 149.318   | 174.517   | n/a                  | n/a       | n/a       | 112.501   | 113.124   |
| 262 | 200.750              | 188.404   | 166.404   | 167.359   | 339.549   | 51.464               | 39.966    | 35.768    | 34.787    | 32.143    |
| 263 | 483.230              | 453.512   | 400.557   | 402.854   | 817.338   | 123.882              | 96.202    | 86.097    | 83.737    | 77.371    |
| 264 | n/a                  | n/a       | n/a       | n/a       | n/a       | n/a                  | n/a       | n/a       | n/a       | n/a       |
| 265 | n/a                  | n/a       | n/a       | n/a       | n/a       | n/a                  | n/a       | n/a       | n/a       | n/a       |
| 266 | n/a                  | n/a       | n/a       | n/a       | n/a       | n/a                  | n/a       | n/a       | n/a       | n/a       |
| 267 | 66.220               | 69.190    | 71.510    | 81.290    | 125.880   | 41.370               | 36.469    | 74.742    | 83.977    | 100.817   |
| 268 | n/a                  | n/a       | 50.000    | 100.000   | 100.000   | n/a                  | n/a       | 12.123    | 25.301    | 30.687    |
| 269 | 215.000              | 104.000   | 97.140    | 193.270   | 228.510   | 58.398               | n/a       | 43.608    | 84.733    | 10.878    |
| 270 | n/a                  | n/a       | 2.046.208 | n/a       | n/a       | n/a                  | n/a       | 1.574.752 | n/a       | n/a       |

## Anhang 3: Energieausweis für Nichtwohngebäude

# ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

Gültig bis:

1

### Gebäude

|   |  |  |
|---|--|--|
| Hauptnutzung / Gebäudekategorie             |  | <b>Gebäudefoto<br/>(freiwillig)</b>  |
| Adresse                                     |  |  |
| Gebäudeteil                                 |  |  |
| Baujahr Gebäude                             |  |  |
| Baujahr Wärmeerzeuger <sup>1)</sup>         |  |  |
| Baujahr Klimaanlage <sup>1)</sup>           |  |  |
| Nettogrundfläche <sup>2)</sup>              |  |  |
| Erneuerbare Energien                        |  |  |
| Lüftung                                     |  |  |
| Anlass der Ausstellung des Energieausweises | <input type="checkbox"/> Neubau<br><input type="checkbox"/> Vermietung / Verkauf | <input type="checkbox"/> Modernisierung (Änderung / Erweiterung)<br><input type="checkbox"/> Aushang b. öff. Gebäuden<br><input type="checkbox"/> Sonstiges (freiwillig) |

### Hinweise zu den Angaben über die energetische Qualität des Gebäudes

Die energetische Qualität eines Gebäudes kann durch die Berechnung des **Energiebedarfs** unter standardisierten Randbedingungen oder durch die Auswertung des **Energieverbrauchs** ermittelt werden. **Als Bezugsfläche dient die Nettogrundfläche.**

- Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Berechnungen des **Energiebedarfs** erstellt. Die Ergebnisse sind auf **Seite 2** dargestellt. Zusätzliche Informationen zum Verbrauch sind freiwillig. Diese Art der Ausstellung ist Pflicht bei Neubauten und bestimmten Modernisierungen. Die angegebenen Vergleichswerte sind die Anforderungen der EnEV zum Zeitpunkt der Erstellung des Energieausweises (**Erläuterungen – siehe Seite 4**).
- Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Auswertungen des **Energieverbrauchs** erstellt. Die Ergebnisse sind auf **Seite 3** dargestellt. Die Vergleichswerte beruhen auf statistischen Auswertungen.

Datenerhebung Bedarf/Verbrauch durch  Eigentümer  Aussteller

- Dem Energieausweis sind zusätzliche Informationen zur energetischen Qualität beigefügt (freiwillige Angabe).

### Hinweise zur Verwendung des Energieausweises

Der Energieausweis dient lediglich der Information. Die Angaben im Energieausweis beziehen sich auf das gesamte Gebäude oder den oben bezeichneten Gebäudeteil. Der Energieausweis ist lediglich dafür gedacht, einen überschlägigen Vergleich von Gebäuden zu ermöglichen.

Aussteller

.....  
Datum

.....  
Unterschrift des Ausstellers

<sup>1)</sup> Mehrfachangaben möglich <sup>2)</sup> Nettogrundfläche ist im Sinne der EnEV ausschließlich der beheizte / gekühlte Teil der Nettogrundfläche

# ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

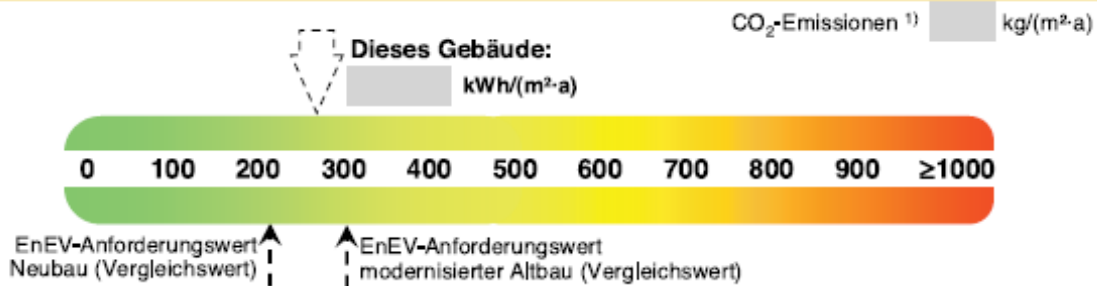
gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

Adresse, Gebäudeteil

## Berechneter Energiebedarf des Gebäudes

2

### Primärenergiebedarf „Gesamtenergieeffizienz“



#### Anforderungen gemäß EnEV <sup>2)</sup>

##### Primärenergiebedarf

Ist-Wert  kWh/(m<sup>2</sup>·a) Anforderungswert  kWh/(m<sup>2</sup>·a)

##### Mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten

eingehalten

##### Sommerlicher Wärmeschutz (bei Neubau)

eingehalten

#### Für Energiebedarfsberechnungen verwendetes Verfahren

- Verfahren nach Anlage 2 Nr. 2 EnEV
- Verfahren nach Anlage 2 Nr. 3 EnEV („Ein-Zonen-Modell“)
- Vereinfachungen nach § 9 Abs. 2 EnEV

### Endenergiebedarf

| Energieträger | Jährlicher Endenergiebedarf in kWh/(m <sup>2</sup> ·a) für |            |                        |                       |                              | Gebäude insgesamt |
|---------------|--|------------|------------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------|
|               | Heizung  | Warmwasser | Eingebaute Beleuchtung | Lüftung <sup>4)</sup> | Kühlung einschl. Befeuchtung |                   |
|               |  |            |                        |                       |                              |                   |
|               |  |            |                        |                       |                              |                   |

### Aufteilung Energiebedarf

| [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)] | Heizung | Warmwasser | Eingebaute Beleuchtung | Lüftung <sup>4)</sup> | Kühlung einschl. Befeuchtung | Gebäude insgesamt |
|---------------------------|---------|------------|------------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------|
| <b>Nutzenergie</b>        |         |            |                        |                       |                              |                   |
| <b>Endenergie</b>         |         |            |                        |                       |                              |                   |
| <b>Primärenergie</b>      |         |            |                        |                       |                              |                   |

### Ersatzmaßnahmen <sup>3)</sup>

#### Anforderungen nach § 7 Nr. 2 EEWärmeG

- Die um 15 % verschärften Anforderungswerte sind eingehalten,

#### Anforderungen nach § 7 Nr. 2 i, V, m, § 8 EEWärmeG

Die Anforderungswerte der EnEV sind um  % verschärft.

##### Primärenergiebedarf

Verschärfter Anforderungswert  kWh/(m<sup>2</sup>·a).

##### Wärmeschutzanforderungen

- Die verschärften Anforderungswerte sind eingehalten,

### Gebäudezonen

| Nr.                      | Zone                    | Fläche [m <sup>2</sup> ] | Anteil [%] |
|--------------------------|-------------------------|--------------------------|------------|
| 1                        |                         |                          |            |
| 2                        |                         |                          |            |
| 3                        |                         |                          |            |
| 4                        |                         |                          |            |
| 5                        |                         |                          |            |
| 6                        |                         |                          |            |
| <input type="checkbox"/> | weitere Zonen in Anlage |                          |            |

### Erläuterungen zum Berechnungsverfahren

Die Energieeinsparverordnung lässt für die Berechnung des Energiebedarfs in vielen Fällen neben dem Berechnungsverfahren alternative Vereinfachungen zu, die im Einzelfall zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können. Insbesondere wegen standardisierter Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch. Die ausgewiesenen Bedarfswerte sind spezifische Werte nach der EnEV pro Quadratmeter beheizte / gekühlte Nettogrundfläche.

<sup>1)</sup> freiwillige Angabe

<sup>2)</sup> bei Neubau sowie bei Modernisierung im Falle des § 16 Abs. 1 Satz 2 EnEV

<sup>3)</sup> nur bei Neubau im Falle der Anwendung von § 7 Nr. 2 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz

<sup>4)</sup> nur Hilfsenergiebedarf

# ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

Erfasster Energieverbrauch des Gebäudes

Adresse, Gebäudeteil

3

## Heizenergieverbrauchskennwert (einschließlich Warmwasser)

Dieses Gebäude:  
 kWh/(m<sup>2</sup>·a)

0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 ≥1000

↑ Vergleichswert dieser Gebäudekategorie  
 ↓ für Heizung und Warmwasser <sup>1)</sup>

## Stromverbrauchskennwert

Dieses Gebäude:  
 kWh/(m<sup>2</sup>·a)

0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 ≥1000

↑ Vergleichswert dieser Gebäudekategorie  
 ↓ für Strom <sup>1)</sup>

Der Wert enthält den Stromverbrauch für

- Zusatzheizung  
  Warmwasser  
  Lüftung  
  eingebaute Beleuchtung  
  Kühlung  
  Sonstiges:

## Verbrauchserfassung – Heizung und Warmwasser

| Energieträger | Zeitraum |     | Energieverbrauch [kWh] | Anteil Warmwasser [kWh] | Klimafaktor | Energieverbrauchskennwert in kWh/(m <sup>2</sup> ·a) (zeitlich bereinigt, klimabereinigt) |            |          |
|---------------|----------|-----|------------------------|-------------------------|-------------|---|------------|----------|
|               | von      | bis |                        |                         |             | Heizung   | Warmwasser | Kennwert |
|               |          |     |                        |                         |             |   |            |          |
|               |          |     |                        |                         |             |   |            |          |
|               |          |     |                        |                         |             |   |            |          |
| Durchschnitt  |          |     |                        |                         |             |   |            |          |

## Verbrauchserfassung – Strom

| Zeitraum |     | Ablesewert [kWh] | Kennwert [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)] |
|----------|-----|------------------|------------------------------------|
| von      | bis |                  |                                    |
|          |     |                  |                                    |
|          |     |                  |                                    |
|          |     |                  |                                    |

## Gebäudenutzung

|   |  |  |   |
|---|--|--|---|
| Gebäudekategorie oder Nutzung, ggf. mit Prozentanteil |  |  | % |
|   |  |  | % |
|   |  |  | % |
| Sonderzonen   |  |  |   |

## Erläuterungen zum Verfahren

Das Verfahren zur Ermittlung von Energieverbrauchskennwerten ist durch die Energieeinsparverordnung vorgegeben. Die Werte sind spezifische Werte pro Quadratmeter beheizte / gekühlte Nettogrundfläche. Der tatsächliche Verbrauch eines Gebäudes weicht insbesondere wegen des Witterungseinflusses und sich ändernden Nutzerverhaltens von den angegebenen Kennwerten ab.

<sup>1)</sup> veröffentlicht im Bundesanzeiger / Internet durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie

# ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

## Erläuterungen

4

### Energiebedarf – Seite 2

Der Energiebedarf wird in diesem Energieausweis durch den Jahres-Primärenergiebedarf und den Endenergiebedarf für die Anteile Heizung, Warmwasser, eingebaute Beleuchtung, Lüftung und Kühlung dargestellt. Diese Angaben werden rechnerisch ermittelt. Die angegebenen Werte werden auf der Grundlage der Bauunterlagen bzw. gebäudebezogener Daten und unter Annahme von standardisierten Randbedingungen (z. B. standardisierte Klimadaten, definiertes Nutzerverhalten, standardisierte Innentemperatur und innere Wärmegewinne usw.) berechnet. So lässt sich die energetische Qualität des Gebäudes unabhängig vom Nutzerverhalten und der Wetterlage beurteilen. Insbesondere wegen standardisierter Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch.

### Primärenergiebedarf – Seite 2

Der Primärenergiebedarf bildet die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes ab. Er berücksichtigt neben der Endenergie auch die so genannte „Vorkette“ (Erkundung, Gewinnung, Verteilung, Umwandlung) der jeweils eingesetzten Energieträger (z. B. Heizöl, Gas, Strom, erneuerbare Energien etc.). Kleine Werte signalisieren einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz und eine die Ressourcen und die Umwelt schonende Energienutzung. Die angegebenen Vergleichswerte geben für das Gebäude die Anforderungen der Energieeinsparverordnung an, die zum Zeitpunkt der Erstellung des Energieausweises galt. Sie sind im Falle eines Neubaus oder der Modernisierung des Gebäudes nach § 9 Abs. 1 Satz 2 EnEV einzuhalten. Bei Bestandsgebäuden dienen sie der Orientierung hinsichtlich der energetischen Qualität des Gebäudes. Zusätzlich können die mit dem Energiebedarf verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen des Gebäudes freiwillig angegeben werden.

Der Skalenendwert des Bandtachometers beträgt, auf die Zehnerstelle gerundet, das Dreifache des Vergleichswerts „EnEV Anforderungswert modernisierter Altbau“ (140 % des „EnEV Anforderungswerts Neubau“).

### Wärmeschutz – Seite 2

Die Energieeinsparverordnung stellt bei Neubauten und bestimmten baulichen Änderungen auch Anforderungen an die energetische Qualität aller wärmeübertragenden Umfassungsflächen (Außenwände, Decken, Fenster etc.) sowie bei Neubauten an den sommerlichen Wärmeschutz (Schutz vor Überhitzung) eines Gebäudes.

### Endenergiebedarf – Seite 2

Der Endenergiebedarf gibt die nach technischen Regeln berechnete, jährlich benötigte Energiemenge für Heizung, Warmwasser, eingebaute Beleuchtung, Lüftung und Kühlung an. Er wird unter Standardklima und Standardnutzungsbedingungen errechnet und ist ein Maß für die Energieeffizienz eines Gebäudes und seiner Anlagentechnik. Der Endenergiebedarf ist die Energiemenge, die dem Gebäude bei standardisierten Bedingungen unter Berücksichtigung der Energieverluste zugeführt werden muss, damit die standardisierte Innentemperatur, der Warmwasserbedarf, die notwendige Lüftung und eingebaute Beleuchtung sichergestellt werden können. Kleine Werte signalisieren einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz.

### Heizenergie- und Stromverbrauchskennwert (Energieverbrauchskennwerte) – Seite 3

Der Heizenergieverbrauchskennwert (einschließlich Warmwasser) wird für das Gebäude auf der Basis der Erfassung des Verbrauchs ermittelt. Das Verfahren zur Ermittlung von Energieverbrauchskennwerten ist durch die Energieeinsparverordnung vorgegeben. Die Werte sind spezifische Werte pro Quadratmeter Nettogrundfläche nach der Energieeinsparverordnung. Über Klimafaktoren wird der erfasste Energieverbrauch hinsichtlich der örtlichen Wetterdaten auf ein standardisiertes Klima für Deutschland umgerechnet. Der ausgewiesene Stromverbrauchskennwert wird für das Gebäude auf der Basis der Erfassung des Verbrauchs oder der entsprechenden Abrechnung ermittelt. Die Energieverbrauchskennwerte geben Hinweise auf die energetische Qualität des Gebäudes. Kleine Werte signalisieren einen geringen Verbrauch. Ein Rückschluss auf den künftig zu erwartenden Verbrauch ist jedoch nicht möglich. Der tatsächliche Verbrauch einer Nutzungseinheit oder eines Gebäudes weicht insbesondere wegen des Witterungseinflusses und sich ändernden Nutzerverhaltens oder sich ändernder Nutzungen vom angegebenen Energieverbrauchskennwert ab.

Die Vergleichswerte ergeben sich durch die Beurteilung gleichartiger Gebäude. Kleinere Verbrauchswerte als der Vergleichswert signalisieren eine gute energetische Qualität im Vergleich zum Gebäudebestand dieses Gebäudetyps. Die Vergleichswerte werden durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung im Einvernehmen mit dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie bekannt gegeben.

Die Skalenendwerte der Bandtachometer betragen, auf die Zehnerstelle gerundet, das Doppelte des jeweiligen Vergleichswerts.

#### Anhang 4: Flächenumrechnungsfaktoren zur Berechnung der Energiebezugsfläche

| Ziffer<br>nach<br>BWZK | Gebäudekategorie  | Umrechnungsfaktoren<br>f <sub>Fläche</sub> für <sup>6</sup> |                 |                  |                  |
|------------------------|---|---|-----------------|------------------|------------------|
|                        |   | A <sub>HNF</sub>  | A <sub>NF</sub> | A <sub>NGF</sub> | A <sub>BGF</sub> |
| 1100                   | Parlamentsgebäude   | 1,97  | 1,54            | 1,00             | 0,85             |
| 1200                   | Gerichtsgebäude   | 1,68  | 1,41            | 1,00             | 0,83             |
| 1300                   | Verwaltungsgebäude  | 1,71  | 1,40            | 1,00             | 0,85             |
| 1312                   | Ämtergebäude  | 1,64  | 1,38            | 1,00             | 0,84             |
| 1315                   | Finanzämter   | 1,62  | 1,41            | 1,00             | 0,85             |
| 1320                   | Verwaltungsgebäude mit höherer technischer Ausstattung <sup>7</sup> | 1,75  | 1,33            | 1,00             | 0,86             |
| 1340                   | Polizeidienstgebäude  | 1,78  | 1,38            | 1,00             | 0,84             |
| 1342                   | Polizeiinspektionen, Kommissariate, Kriminalämter, Reviere          | 1,76  | 1,40            | 1,00             | 0,83             |
| 1350                   | Rechenzentren   | 1,73  | 1,54            | 1,00             | 0,88             |
| 2000                   | Gebäude für wissenschaftliche Lehre                                 | 1,74  | 1,56            | 1,00             | 0,88             |
| 2100                   | Hörsaalgebäude  | 1,91  | 1,64            | 1,00             | 0,88             |
| 2200                   | Institutsgebäude für Lehre und Forschung                            | 1,70  | 1,54            | 1,00             | 0,89             |
| 2210                   | Institutsgebäude I <sup>8</sup>                                     | 1,70  | 1,50            | 1,00             | 0,88             |
| 2220                   | Institutsgebäude II <sup>8</sup>                                    | 1,66  | 1,49            | 1,00             | 0,88             |
| 2230                   | Institutsgebäude III <sup>8</sup>                                   | 1,63  | 1,49            | 1,00             | 0,90             |

<sup>6</sup> Indizes: HNF = Hauptnutzfläche, NF = Nutzfläche, NGF = Nettogrundfläche, BGF = Bruttogrundfläche

<sup>7</sup> höhere technische Ausstattung: Anteil der Kosten für technische Anlagen gegenüber Baukonstruktion (Kostengruppe 300 der DIN 276 – Kosten im Hochbau) > 25%

<sup>8</sup> Einstufung der Institutsgebäude gemäß Rahmenplan für den Hochschulbau

(Fortsetzung nächste Seite)



| Ziffer nach BWZK | Gebäudekategorie                                  | Umrechnungsfaktoren<br>für <sup>6</sup> |                 |                  |                  |
|------------------|---|---|-----------------|------------------|------------------|
|                  |   | A <sub>HNF</sub>                        | A <sub>NF</sub> | A <sub>NGF</sub> | A <sub>BGF</sub> |
| 2240             | Institutsgebäude IV <sup>8</sup>                  | 1,67                                    | 1,53            | 1,00             | 0,88             |
| 2250             | Institutsgebäude V <sup>8</sup>                   | 1,94                                    | 1,75            | 1,00             | 0,89             |
| 2300             | Institutsgebäude für Forschung und Untersuchung   | 1,76                                    | 1,61            | 1,00             | 0,87             |
| 2400             | Fachhochschulen                                   | 1,76                                    | 1,61            | 1,00             | 0,87             |
| 3000             | Gebäude des Gesundheitswesens                     | 1,78                                    | 1,53            | 1,00             | 0,86             |
| 3200             | Krankenhäuser und Unikliniken für Akutkranke      | 2,01                                    | 1,72            | 1,00             | 0,86             |
| 4000             | Schulen   | 1,56                                    | 1,36            | 1,00             | 0,89             |
| 4100             | Allgemeinbildende Schulen                         | 1,54                                    | 1,40            | 1,00             | 0,90             |
| 4200             | Berufsbildende Schulen                            | 1,55                                    | 1,39            | 1,00             | 0,90             |
| 4300             | Sonderschulen                                     | 1,56                                    | 1,39            | 1,00             | 0,88             |
| 4400             | Kindertagesstätten                                | 1,60                                    | 1,30            | 1,00             | 0,86             |
| 4500             | Weiterbildungseinrichtungen                       | 1,49                                    | 1,32            | 1,00             | 0,88             |
| 5000             | Sportbauten                                       | 1,42                                    | 1,19            | 1,00             | 0,91             |
| 5100             | Hallen (ohne Schwimmhallen)                       | 1,40                                    | 1,17            | 1,00             | 0,91             |
| 5200             | Schwimmhallen                                     | 1,72                                    | 1,40            | 1,00             | 0,88             |
| 6000             | Gemeinschaftsstätten                              | 1,58                                    | 1,32            | 1,00             | 0,84             |
| 6300             | Gemeinschaftsunterkünfte                          | 1,69                                    | 1,36            | 1,00             | 0,85             |
| 6400             | Betreuungseinrichtungen                           | 1,53                                    | 1,29            | 1,00             | 0,85             |
| 6530             | Mensen  | 1,64                                    | 1,46            | 1,00             | 0,91             |
| 7000             | Gebäude für Produktion, Werkstätten, Lagergebäude | 1,41                                    | 1,16            | 1,00             | 0,89             |
| 7100             | Land- und forstwirtschaftliche Produktionsstätten | 1,20                                    | 1,14            | 1,00             | 0,90             |
| 7300             | Betriebs- und Werkstätten                         | 1,28                                    | 1,16            | 1,00             | 0,91             |
| 7500             | Gebäude für Lagerung                              | 1,11                                    | 1,06            | 1,00             | 0,89             |
| 7700             | Gebäude für öffentliche Bereitschaftsdienste      | 1,53                                    | 1,14            | 1,00             | 0,87             |
| 7710             | Straßenmeistereien                                | 1,44                                    | 1,14            | 1,00             | 0,86             |
| 7760             | Feuerwehren                                       | 1,48                                    | 1,15            | 1,00             | 0,86             |
| 8000             | Bauwerke für technische Zwecke                    | 1,95                                    | 1,24            | 1,00             | 0,85             |
| 9100             | Gebäude für kulturelle und musische Zwecke        | 1,46                                    | 1,28            | 1,00             | 0,88             |
| 9120             | Ausstellungsgebäude                               | 1,46                                    | 1,34            | 1,00             | 0,87             |
| 9130             | Bibliotheksgebäude                                | 1,42                                    | 1,33            | 1,00             | 0,90             |
| 9150             | Gemeinschaftshäuser                               | 1,47                                    | 1,25            | 1,00             | 0,88             |
| 9600             | Justizvollzugsanstalten                           | 1,66                                    | 1,45            | 1,00             | 0,84             |

**Anhang 5: Mittelwerte EnEV 2007 und Vergleichswerte EnEV 2009 für den Heizenergieverbrauchskennwert und den Stromverbrauchskennwert für Gebäude, die nach dem Bauwerkszuordnungskatalog kategorisiert sind**

| Ziffer nach BWZK | Gebäudekategorie   | Gebäudegröße (Nettogrundfläche)<br>[m <sup>2</sup> ] | Mittelwerte = Vergleichswerte nach EnEV 2007                       |       | Vergleichswerte nach EnEV 2009                                     |       |
|------------------|--|--|--|-------|--|-------|
|                  |  |  | Heizung und Warmwasser<br>[kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> ·a)] | Strom | Heizung und Warmwasser<br>[kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> ·a)] | Strom |
| 1                | 2  | 3  | 4  | 5     | 6  | 7     |
| 1100             | Parlamentsgebäude  | beliebig   | 100  | 55    | 70   | 40    |
| 1200             | Gerichtsgebäude  | ≤ 3.500  | 125  | 25    | 90   | 20    |
|                  |  | > 3.500  | 100  | 35    | 70   | 25    |
| 1300             | Verwaltungsgebäude, normale technische Ausstattung (ohne BWZK Nr. 1311, 1320, 1340 und 1350) | ≤ 3.500  | 115  | 30    | 80   | 20    |
|                  |  | > 3.500  | 120  | 45    | 85   | 30    |

(Fortsetzung nächste Seite)

| Ziffer<br>nach<br>BWZK | Gebäudekategorie  | Gebäude-<br>größe<br>(Netto-<br>grundflä-<br>che)<br><br>[m <sup>2</sup> ] | Mittelwerte<br>= Vergleichswerte<br>nach EnEV 2007 |       | Vergleichswerte<br>nach EnEV 2009        |       |
|------------------------|---|--|--|-------|--|-------|
|                        |   |  | Heizung und<br>Warmwasser                          | Strom | Heizung und<br>Warmwasser                | Strom |
|                        |   |  | [kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> ·a)]           |       | [kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> ·a)] |       |
| 1                      | 2   | 3  | 4  | 5     | 6  | 7     |
| 1311                   | Ministerien   | beliebig   | 100  | 45    | 70                                       | 30    |
| 1320                   | Verwaltungsgebäude mit<br>höherer techn. Ausstat-<br>tung <sup>9</sup>          | beliebig   | 120  | 60    | 85                                       | 40    |
| 1340                   | Polizeidienstgebäude  | beliebig   | 125  | 40    | 90                                       | 30    |
| 1350                   | Rechenzentren   | beliebig   | 125  | 220   | 90                                       | 155   |
| 2100                   | Hörsaalgebäude  | beliebig   | 115  | 55    | 90                                       | 40    |
| 2200                   | Institutsgebäude für Lehre<br>und Forschung<br>(ohne BWZK Nr. 2210 bis<br>2250) | beliebig   | 150  | 95    | 105                                      | 65    |
| 2210                   | Institutsgebäude I <sup>10</sup>  | ≤ 3.500  | 125  | 35    | 90                                       | 25    |
|                        |   | > 3.500  | 120  | 50    | 85                                       | 35    |
| 2220                   | Institutsgebäude II <sup>10</sup>   | beliebig   | 160  | 75    | 110                                      | 55    |
| 2230                   | Institutsgebäude III <sup>10</sup>  | beliebig   | 135  | 95    | 95                                       | 65    |
| 2240                   | Institutsgebäude IV <sup>10</sup>   | beliebig   | 195  | 110   | 135                                      | 75    |
| 2250                   | Institutsgebäude V <sup>10</sup>  | beliebig   | 200  | 135   | 140                                      | 95    |
| 2300                   | Institutsgebäude für<br>Forschung und Untersu-<br>chung                         | beliebig   | 190  | 90    | 135                                      | 65    |
| 2400                   | Fachhochschulen   | beliebig   | 115  | 40    | 80                                       | 30    |
| 3000                   | Gebäude des Gesund-<br>heitswesens<br>(ohne BWZK Nr. 3200)                      | beliebig   | 190  | 70    | 135                                      | 50    |
| 3200                   | Krankenhäuser und Uni-<br>kliniken für Akutkranke                               | beliebig   | 360  | 180   | 250                                      | 125   |
| 4100                   | Allgemeinbildende Schu-<br>len  | ≤ 3.500  | 150  | 15    | 105                                      | 10    |
|                        |   | > 3.500  | 125  | 15    | 90                                       | 10    |
| 4200                   | Berufsbildende Schulen  | beliebig   | 115  | 25    | 80                                       | 20    |
| 4300                   | Sonderschulen   | beliebig   | 150  | 20    | 105                                      | 15    |
| 4400                   | Kindertagesstätten  | beliebig   | 160  | 25    | 110                                      | 20    |
| 4500                   | Weiterbildungseinrichtun-<br>gen  | beliebig   | 130  | 30    | 90                                       | 20    |

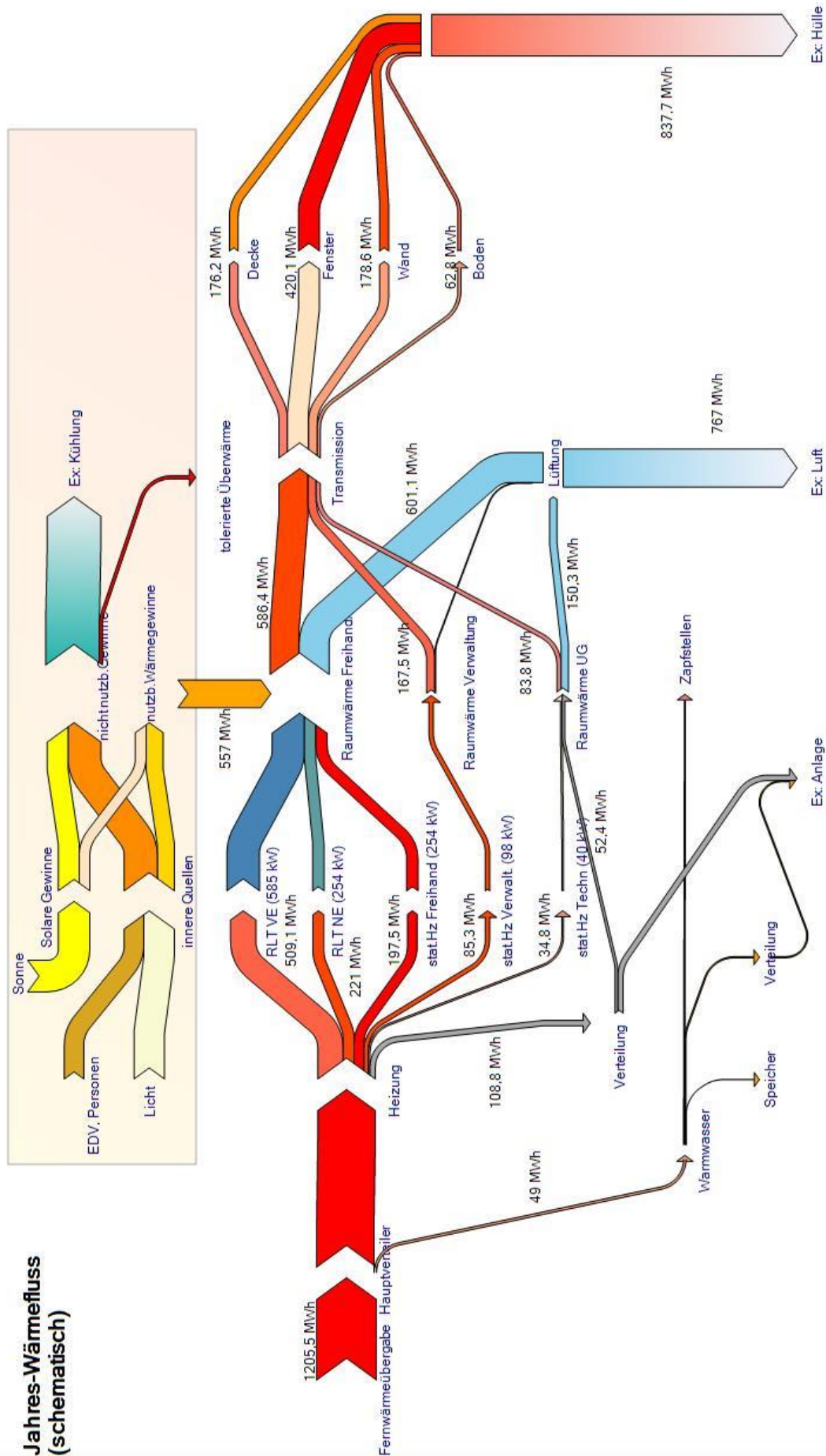
<sup>9</sup> höhere technische Ausstattung: Anteil der Kosten für technische Anlagen gegenüber Baukonstruktion (Kosten-  
gruppe 300 der DIN 276 – Kosten im Hochbau) > 25%

<sup>10</sup> Einstufung der Institutsgebäude gemäß Rahmenplan für den Hochschulbau

| Ziffer nach BWZK | Gebäudekategorie  | Gebäudegröße (Nettogrundfläche)<br>[m <sup>2</sup> ] | Mittelwerte = Vergleichswerte nach EnEV 2007                       |       | Vergleichswerte nach EnEV 2009                                     |       |
|------------------|---|--|--|-------|--|-------|
|                  |   |  | Heizung und Warmwasser<br>[kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> ·a)] | Strom | Heizung und Warmwasser<br>[kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> ·a)] | Strom |
| 1                | 2   | 3  | 4  | 5     | 6  | 7     |
| 5000             | Sportbauten (ohne BWZK Nr. 5100, 5200 und 5300) und Sondersportanlagen (Kegelbahnen, Schießanlagen, Reithallen, Eissporthallen, Tennishallen) | beliebig   | 170  | 40    | 120  | 30    |
| 5100             | Hallen (ohne Schwimmhallen)   | beliebig   | 155  | 35    | 110  | 25    |
| 5200             | Schwimmbädern   | beliebig   | 775  | 220   | 425  | 155   |
| 5300             | Gebäude für Sportplatz- und Freibadeanlagen (Umkleidegebäude, Tribünengebäude, Sporthäuser, Platzwartgebäude, Sportbetriebsgebäude)           | beliebig   | 195  | 40    | 135  | 30    |
| 6300 bis 6600    | Gemeinschaftsunterkünfte, Betreuungseinrichtungen, Verpflegungseinrichtungen, Beherbergungsstätten  | beliebig   | 150  | 30    | 105  | 20    |
| 7000             | Gebäude für Produktion, Werkstätten, Lagergebäude (ohne BWZK Nr. 7700)  | ≤ 3.500  | 160  | 30    | 110  | 20    |
|                  |   | > 3.500  | 160  | 90    | 110  | 65    |
| 7700             | Gebäude für öffentliche Bereitschaftsdienste  | beliebig   | 145  | 25    | 100  | 20    |
| 8000             | Bauwerke für technische Zwecke  | beliebig   | 155  | 60    | 110  | 40    |
| 9100             | Gebäude für kulturelle und musische Zwecke (ohne BWZK Nr. 9120 bis 9150)  | beliebig   | 90   | 30    | 65   | 20    |
| 9120             | Ausstellungsgebäude   | beliebig   | 110  | 60    | 75   | 40    |
| 9130             | Bibliotheksgebäude  | beliebig   | 80   | 55    | 55   | 40    |
| 9140             | Veranstaltungsgebäude   | beliebig   | 155  | 60    | 110  | 40    |
| 9150             | Gemeinschaftshäuser   | beliebig   | 195  | 45    | 135  | 30    |
| 9600             | Justizvollzugsanstalten   | beliebig   | 260  | 60    | 180  | 40    |

# Anhang 6: Sankey-Diagramme für Wärme

Quelle: ENVISYS (2013).



# Anhang 7: Übersicht vorgeschlagener Einzelmaßnahmen und deren Einordnung in die vier Maßnahmenpakete; Quelle: ENVISYS (2013).

## Maßnahmevorschläge

| Handlungsfeld   | Maßnahme                                  | Kosten<br>€ | Einsparung<br>€lt-kWh | Wg-kWh  | Amortisation |      | V1 | V2 | V3 | V4 | Bemerkungen | Einsparung                           | Kostenansatz  |  |
|-----------------|---|-------------|-----------------------|---------|--------------|------|----|----|----|----|-------------|--------------------------------------|---|--|
|                 |   |             |                       |         | stat.        | dyn. |    |    |    |    |             |                                      |   |  |
| Licht           | 1 Betriebszeiten                          | 0           | 50.000                |         | 0,0          |      | X  |    |    |    |             | 100 kWh x 2 h x 250 d                |   |  |
|                 | 2 Betriebszeiten (alt, Option)            | 2.500       | 50.000                |         | 0,3          |      |    | X  | X  | X  |             | GLT-Programmierung                   |   |  |
|                 | 3 Regale vor Glasfassaden, Verkfl.        | 2.000       | 6.000                 |         | 1,9          |      |    | X  | X  | X  |             | Installationen                       |   |  |
|                 | 4 Regalbeleuchtung                        | 680.000     | 213.000               |         | 17,7         | 20,4 |    |    | X  |    |             | detaillierte Ermittlung nach Angebot |   |  |
|                 | 5 Regalbeleuchtung (alt, Option)          | 120.000     | 90.000                |         | 7,4          |      |    | X  | X  | X  |             | Ableitung aus Angebot                |   |  |
|                 | 6 Lichtbäume                              | 4.000       | 4.000                 |         | 5,6          | 6,0  |    | X  | X  | X  |             |                                      |   |  |
|                 | 7 Lichtbäume                              | 4.000       | 4.000                 |         | 5,6          | 6,0  |    |    | X  | X  |             |                                      |   |  |
|                 | 8 Leuchtmittel Magazin                    | 25.000      | 8.000                 |         | 17,4         | 19,9 |    |    | X  | X  |             |                                      | 185-/Leuchte  |  |
|                 | 9 Betriebsweise Magazin                   | 500         | 1.000                 |         | 2,8          | 2,9  |    |    | X  | X  |             |                                      | kl. Installationsaufwand  |  |
|                 | 10 Tageslicht Mediothek-Lesesaal          | 5.000       | 1.000                 |         | 27,8         | 34,0 |    |    | X  | X  |             |                                      | Installation  |  |
|                 | 11 innere Verschattungselemente           | 500         | 1.000                 |         | 2,8          |      |    | X  | X  |    |             |                                      |   |  |
| Raumlufttechnik | 1 RL 1.1-1.4 (1. Stufe)                   | 0           | 154.000               | 180.000 | 0,0          |      | X  |    |    |    |             |                                      |   |  |
|                 | 1a RL 1.1-1.4 (2. Stufe bzw. alt, Option) | 0           | 256.000               | 300.000 | 0,0          |      |    |    |    |    |             |                                      |   |  |
|                 | 2 RL 1.1-1.4 (Ziel)                       | 12.000      | 359.000               | 422.000 | 0,1          | 0,1  |    | X  | X  | X  |             |                                      | 500- x 15 + 15 x 300  |  |
|                 | 3 große Ventilatoren                      | 72.000      | 76.950                | -26.163 | 6,3          | 6,8  |    | X  | X  | X  |             |                                      | 9.000/Vent. mit Umbau (o.FU)  |  |
|                 | 3a kleine Ventilatoren                    | 16.000      | 13.050                | -4.437  | 8,3          | 9,0  |    | X  | X  | X  |             |                                      | 2000/Vent. mit Umbau  |  |
|                 | 4 Betriebsweise                           | 10.000      | 2.000                 | 5.000   | 12,1         | 13,5 |    | X  | X  | X  |             |                                      | Planungskosten 10-15 Tagewerke  |  |
|                 | 5 RL 2 Magazin VE                         | 500         | 0                     | 71.400  | 0,1          | 0,1  |    | X  | X  | X  |             |                                      | 8,5 kW konstant ganzjährig  |  |
|                 | 6 RL 2 Magazin VE                         | 0           | 0                     | 0       | 0            | 0    |    | X  | X  | X  |             |                                      | im Rahmen der GLT Hausintern  |  |
|                 | 7 Filter                                  | 500         | 5.000                 | 0       | 0,6          | 0,6  |    |    | X  | X  |             |                                      | Unv/Ausbau, geringere Wartungskosten                                  |  |
|                 | 8 Wärmehetbertrager                       |             |                       |         |              |      |    |    | X  | X  |             |                                      | 10-30% erscheinen möglich; Sorptionsrad; erfordert umfassende Planung |  |
|                 | 9 Energiemanagement                       | 1.200       | 0                     | 0       |              |      |    | X  | X  | X  |             |                                      | ca. 8 WMWZ  |  |
| Wärme           | 1 Dach                                    | 263.200     | 0                     | 50.000  | 56,6         | 87,2 |    | X  | X  | X  |             |                                      | nur energetische Kosten (Foamglass)                                   |  |
|                 | 2 Hintereingang                           | 250         | 0                     | 200     | 13,4         | 15,1 |    | X  | X  | X  |             |                                      | Gew. ahrlieferung?  |  |
|                 | 3 Regelung                                | 0           | 0                     | 0       |              |      |    | X  | X  | X  |             |                                      | nicht ermittelt; Fehlerquote unbekannt                                |  |
|                 | 4 Heizungsanlagen                         | 10.000      | 7.884                 | 1.500   | 6,4          | 6,9  |    | X  | X  | X  |             |                                      | 15/fehlerhaftes Ventil  |  |
|                 | 5 Regelung                                | 4.000       | 1.000                 | 1.500   | 12,5         | 14,0 |    | X  | X  | X  |             |                                      | 1000/Pumpe m.Einbau 10x   |  |
|                 | 6 Heizkreis                               | 5.000       | -500                  | 1.500   | 101,0        |      |    | X  | X  | X  |             |                                      | Planungskosten 4-6 Tagewerke  |  |
|                 | 7 Windfang                                | 4.000       | 0                     | 0       | 0,0          | 0,0  |    |    | X  | X  |             |                                      | 50mx 50; Pumpe x 500; Einbind. können stark variieren je nach Lösung  |  |
|                 | 8 Hydraulik                               | 0           | 0                     | 1       | 0,0          | 0,0  |    | X  | X  | X  |             |                                      | nicht ermittelt; Effekt unbekannt                                     |  |
|                 | 9 Hydraulik                               | 0           | 0                     | 0       |              |      |    | X  | X  | X  |             |                                      | nicht ermittelt; Verträge unbekannt                                   |  |
|                 | 10 BHKW                                   |             |                       |         |              |      |    | X  | X  | X  |             |                                      | 25kW_eit;76 MWh_eh/137 MWh Wärme                                      |  |
|                 | 11 Energiemanagement                      | 0           | 0                     | 0       |              |      |    | X  | X  | X  |             |                                      | 2000/MW_eh=>50000   |  |
|                 | 12 Energiemanagement                      | 5.000       | 0                     | 0       |              |      |    | X  | X  | X  |             |                                      | 10 Stk. x 500,- incl. Einbau  |  |
| Kälte           | 1 Freie Kühlung                           | 0           | 5.000                 | 0       |              |      |    | X  | X  | X  |             |                                      | s. Heizkreispumpen 6x   |  |
|                 | 2 Kaltwasserpumpen                        | 6.000       | 1.577                 | 1.500   | 14,2         | 16,0 |    | X  | X  | X  |             |                                      | 5€/(cm³m)   |  |
|                 | 3 Essspeicher                             | 0           | 5.000                 | 0       | 44,4         | 61,4 |    | X  | X  | X  |             |                                      | 10cm PU auf doppelt   |  |
|                 | 4 Essspeicher                             | 2.000       | 250                   | 0       |              |      |    | X  | X  | X  |             |                                      | 4000 €/KW/Nutzfläche 175 kW (ab 1000 m²)                              |  |
|                 | 5 Kältemaschine                           | 700.000     | 0                     | 0       | 16,4         | 18,8 |    | X  | X  | X  |             |                                      | 200m² Kollektor (100-); 8000 l Puffer (1-);                           |  |
|                 | 6 Kältemaschine                           | 148.000     | 50.000                | 0       | -662,500     | -0,4 |    | X  | X  | X  |             |                                      | Annahme COP 0,6 (bis 0,75 m²)   |  |
|                 | 7 Kältemaschine                           | 10.000      | 212.000               | 0       | 16,4         | -0,4 |    | X  | X  | X  |             |                                      | Installationen zur Einbindung   |  |
|                 | 8 Kühldecken                              | 1.500       | 0                     | 0       |              |      |    | X  | X  | X  |             |                                      | Handwerkerleistung  |  |
|                 | 9 Energiemanagement                       | 0           | 0                     | 0       |              |      |    | X  | X  | X  |             |                                      |   |  |
|                 | 9a Energiemanagement                      | 0           | 0                     | 0       |              |      |    | X  | X  | X  |             |                                      | 85 kWpeak Anlage mgl. (ggf. w. eniger w.g. thermischer Solaranlage)   |  |
|                 | 1 PV-Anlage                               | 127.500     | 70.000                | 0       | 10,1         |      |    |    | X  | X  |             |                                      | 1500/kWpeak   |  |

Anmerkung: negative Einsparungen bedeuten zusätzlichen Verbrauch (durch verminderte Wärmebeiträge oder thermisch getriebene Kälteerzeugung)



## Quellenverzeichnis

- AMEV (Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (2010))**, Hinweise zum Energiemanagement in öffentlichen Gebäuden, lfd. Nr. 104, Berlin, 2010.
- Bauministerkonferenz (2009)**, Konferenz der für Städtebau, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder (ARGEBAU), Ausschuss für Staatlichen Hochbau, Fachkommission Bau- und Kostenplanung, Projektgruppe „Verbesserung der Energieeffizienz im Bereich der Landeshochbauten“ - Schlussbericht, Berlin, Juni 2009.
- Bauministerkonferenz (2010)**, Konferenz der für Städtebau, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder (ARGEBAU), Ausschuss für Staatlichen Hochbau, Fachkommission Bau- und Kostenplanung, Netzwerk Kostenplanung, Bauwerkszuordnungskatalog, Berlin, Dezember 2010.
- BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung) (2009a)**, Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand, Berlin, 30. Juli 2009.
- BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung) (2009b)**, Benchmarks für die Energieeffizienz von Nichtwohngebäuden - Vergleichswerte für Energieausweise, BBSR-Online-Publikation Nr. 9/2009, Berlin, März 2009.
- BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung) (2007)**, Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand, Berlin, 26. Juli 2007.
- Bogenstätter Ulrich (2007)**, Bauwerkszuordnungskatalog - Synopse, ifBOR BZK 2007-10, Nürtingen, 19. Oktober 2007.
- Deutscher Städtetag (2007)**, Arbeitskreis Energieeinsparung, Energieverbrauchsausweise für öffentliche Gebäude, Köln, Juni 2007.
- EnEV (2009)**, Energieeinsparverordnung für Gebäude - Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden, mit letzter Änderung vom 1. Oktober 2009.
- ENVISYS GmbH & Co. KG (2013)**, Bericht zur energetischen Feinanalyse des Objektes Universitätsbibliothek Erfurt, im Auftrag des Freistaates Thüringen, vertreten durch das TMBLV, vorgelegt am 27.2.2013.
- IWU (Institut Wohnen und Umwelt) (2010)**, Energiemanagement im Hessischen Immobilienmanagement, Darmstadt, 10. Dezember 2010.
- Lichtmeß Markus (2010)**, Vereinfachungen für die energetische Bewertung von Gebäuden, Dissertation, Bergische Universität Wuppertal, September 2010.
- Lindner Mathias (2006)**, Der schnellste Weg zu aussagekräftigen Energieausweisen im Bestand, Abteilung Energiemanagement der Stadt Frankfurt a.M., 12. Deutscher Fachkongress der kommunalen Energiebeauftragten, Nürnberg, 12./13. März 2007.
- Muhmann, Christian (2009)**: Energiemanagement in öffentlichen Gebäuden, Heidelberg, 2009.
- Schäfer Henry, Lützkendorf Thomas et al. (2010)**, ImmoWert - Integration von Nachhaltigkeitsaspekten in die Wertermittlung und Risikobeurteilung von Einzelimmobilien und Gebäudebeständen, Stuttgart/ Karlsruhe, März 2010.



**Stadt Frankfurt a.M. (2010)**, Excel-Programm zur Erstellung von Energieverbrauchsausweisen für öffentliche Gebäude, Hochbauamt Energiemanagement, Version 3.18 vom 31. August 2011.

**THÜLIMA (2011)**, Energiebericht 2010, Erfurt.

**TMBLV (2011)**, Richtlinien für die Durchführung von Bauaufgaben des Freistaats Thüringen (RLBau), Ausgabe 2011.

**VDI 3807 Blatt 1 (2007)**, VDI-Richtlinie, Energie- und Wasserverbrauchskennwerte für Gebäude, Düsseldorf, März 2007.

**VDI 3807 Blatt 4 (2008)**, VDI-Richtlinie, Energie- und Wasserverbrauchskennwerte für Gebäude - Teilkennwerte elektrische Energie, August 2008.