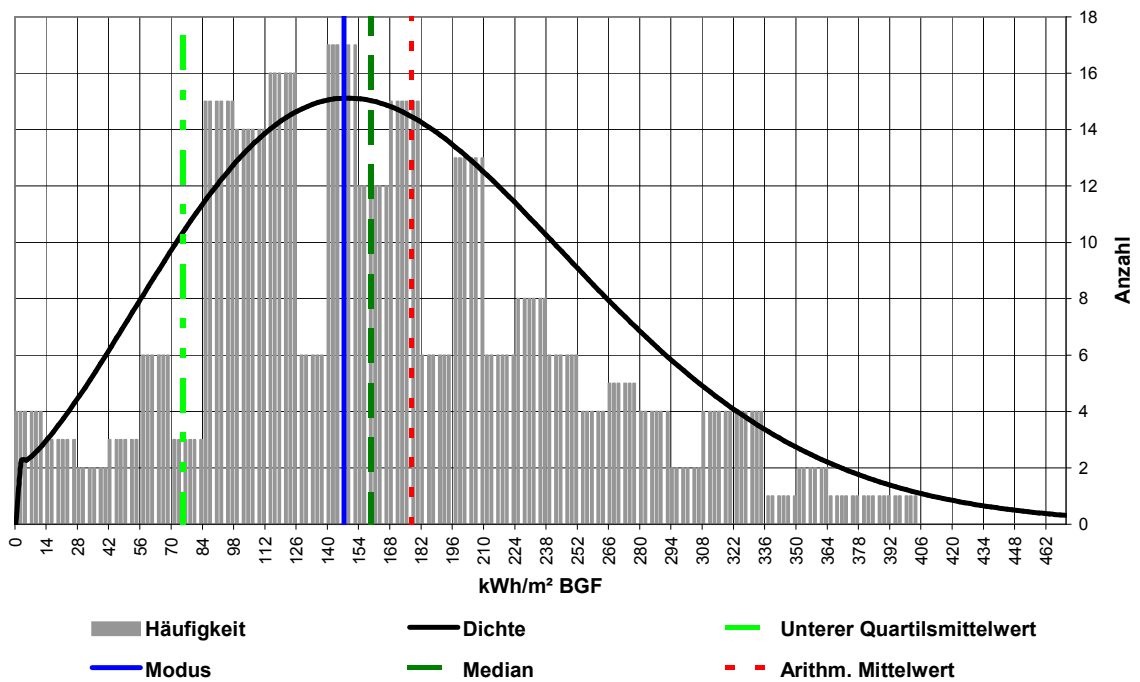


Verbrauchskennwerte 2005

Energie- und Wasserverbrauchskennwerte in der Bundesrepublik Deutschland



Forschungsbericht der ages GmbH, Münster

Verbrauchskennwerte 2005

Energie- und Wasserverbrauchskennwerte in der Bundesrepublik Deutschland

Forschungsbericht der ages GmbH, Münster

Dieses Projekt wurde gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt
Projekt 23656-24/2

1. Auflage, Februar 2007

Impressum:

ages GmbH
Klosterstraße 3

48143 Münster

Tel.: 0251 - 484 78 10

Fax: 0251 - 484 78 40

E-Mail: kw2005@ages-gmbh.de

www.ages-gmbh.de

www.kennwerte-online.de

Projektleitung: Diplom-Volkswirt Carl Zeine

unter Mitarbeit von: Marén Gebhardt
Beate Bockting
Alexander Mantai
Jian Ping Wei

Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist ohne Zustimmung der ages GmbH unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigung, Mikroverfilmung und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

INHALTSVERZEICHNIS	SEITE
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	IV
TABELLENVERZEICHNIS	VII
Vorwort	1
1. Kurzfassung des Gesamtvorhabens und Problemstellung	2
2. Arbeitsablauf	4
2.1 Datenherkunft	5
2.2 Datenbestand	5
2.3 Merkmale	10
2.4 Datenaufbereitung	13
2.4.1 EDV-Programm „KW2005“	13
2.4.2 Witterungsbereinigung	17
2.4.3 Gebäudearten – Bauwerkszuordnung	18
2.4.4 Flächenumrechnung	19
3. Auswertung/Methode	22
4. Ergebnisse	25
4.1 Kennwerte nach Gebäudegruppen – Anhang 1	25
4.1.1 Heizenergieverbrauchskennwerte nach Gebäudegruppen	25
4.1.2 Stromverbrauchskennwerte nach Gebäudegruppen	27
4.1.3 Wasserverbrauchskennwerte nach Gebäudegruppen	29
4.1.4 Heizenergieverbrauchskennwerte nach Gebäudegruppen – Interpretation der Daten	31
4.1.5 Stromverbrauchskennwerte nach Gebäudegruppen – Interpretation der Daten	31
4.1.6 Wasserverbrauchskennwerte nach Gebäudegruppen – Interpretation der Daten	32

4.2 Kennwerte nach Gebäudearten – Anhang 2	33
4.2.1 Heizenergieverbrauchskennwerte nach Gebäudearten	33
4.2.2 Stromverbrauchskennwerte nach Gebäudearten	37
4.2.3 Wasserverbrauchskennwerte nach Gebäudearten	42
4.2.4 Verbrauchskennwerte nach Gebäudearten – Interpretation der Daten	46
4.3 Elektrische Leistungskennwerte – Anhang 3	47
4.3.1 Elektrische Leistungskennwerte nach Gebäudegruppen	47
4.3.2 Elektrische Leistungskennwerte nach Gebäudearten	48
4.4 Vergleich der Kennwerte 2005 und 1999 – Anhang 4	49
4.4.1 Exemplarischer Vergleich einiger Gebäudegruppen	50
4.4.2 Exemplarischer Vergleich einiger Gebäudearten	50
4.5 Verbrauchskennwerte nach Gebäudefläche – Anhang 5	52
4.6 Flächenverteilung (BGF) – Anhang 6	56
4.7 Heizenergieverbrauchskennwerte in Abhängigkeit des Baualters – Anhang 7	58
4.8 Elektrischer Leistungskennwert in Abhängigkeit des Stromverbrauchskennwertes – Anhang 8	60
4.9 Energieträgerverteilung des Heizenergieverbrauchs	61
4.10 Heizenergieverbrauchskennwerte differenziert nach Energieträgern	62
4.11 Heizenergieverbrauchskennwerte differenziert nach Messebene	64
5. Verbrauchskennwerte Wärme bei Mehrfamilienhäusern	65
5.1 Einfluss der Gebäudegröße	67
5.2 Kennwerte nach Energieträgern	68
5.3 Kennwerte nach räumlicher Lage	69
5.4 Kennwerte für die Warmwasserbereitung	70
5.5 Warmwasserverbrauch	74
6. Verbrauchskennwerte von Schwimmbädern	76
7. Verbrauchskennwerte von Verkaufsstätten	77

8. Verbrauchskennwerte Straßenbeleuchtung	78
8.1 ages-Daten 1999	78
8.2 Schweiz – S.A.F.E.-Daten	79
9. Verbrauchskennwerte von Hotels	81
9.1 Mühleck 1996	81
9.2 Bundesamt für Energie Schweiz 2004	82
10. Teilkennwerte	84
10.1 Teilkennwerte Elektrische Energie – Methodik	86
10.1.1 SIA 380-4	86
10.1.2 LEE – Leitfaden Elektrische Energie im Hochbau	88
10.1.3 MEG-Projekt	89
10.1.4 VDI 3807 Blatt 4	89
10.1.5 DIN V 18599	89
10.1.6 Europrosper – EP Labels	90
10.1.7 Greeneffect	91
10.1.8 GreenBuilding	92
10.2 Teilkennwerte Elektrische Energie – Daten	92
10.2.1 Teilkennwerte elektrische Energie nach Gebäudearten	93
10.2.2 Teilkennwerte nach Anwendungen	99
11. Zusammenfassung, Fortführung und Perspektiven	105
Literatur	107

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1:	Das Programm Kennwert 2005: Auswahlbedingungen	14
Abb. 2:	Das Programm Kennwert 2005: Ausgabe	15
Abb. 3:	Flächen nach DIN 277 – Quelle: VDI 3807 Blatt 1	20
Abb. 4:	Aufsteigend sortierte Verbrauchskennwerte – Quartile	22
Abb. 5:	Häufigkeitsverteilung von Verbrauchskennwerten und statistische Kenngrößen – linksschiefe Verteilung	23
Abb. 6:	Häufigkeitsverteilung von Verbrauchskennwerten und statistische Kenngrößen – Modalwert bei 34 Klassen (Gruppen)	23
Abb. 7:	Modalwert bei Variation der Klassenzahl und mittlerer Modalwert	24
Abb. 8:	Häufigkeitsverteilung von Verbrauchskennwerten und statistische Kenngrößen – stark gestreute Verteilung mit geringem Stichprobenumfang	24
Abb. 9:	Verbrauchskennwerte nach Gebäudefläche	52
Abb. 10:	Flächenverteilung nach Gebäudeart	56
Abb. 11:	Heizenergieverbrauchskennwert nach Bauabschnitten	58
Abb. 12:	Flächengröße nach Baujahr der Gebäudegruppe Schulen, nur Schulgebäude	59
Abb. 13:	Stromverbrauchskennwert und Leistungskennwert	60
Abb. 14:	Energieträgerverteilung des Heizenergieverbrauchs	61
Abb. 15:	Kennwerte Wärme nach Messebene Verwaltungsgebäude	64
Abb. 16:	Mehrfamilienhäuser (MFH): Datenbestand nach Wohnfläche pro MFH	65
Abb. 17:	Kennwerte thermische Energie von MFH gesamt in kWh/m ² WF * a	66
Abb. 18:	Kennwerte therm. Energie von MFH nach Energieträgern in kWh/m ² WF * a	66
Abb. 19:	Einfluss der Gebäudegröße auf die Kennwerte von MFH in kWh/m ² WF * a	67
Abb. 20:	Kennwerte therm. Energie nach Größenklassen bei MFH in kWh/m ² WF * a	67
Abb. 21:	Häufigkeitsverteilung thermische Energie bei MFH nach Energieträgern	68

Abb. 22: Kennwerte von MFH nach Postleitzahlen in kWh/m ² WF * a	69
Abb. 23: Verbrauchskennwerte für Warmwasser bei MFH in kWh/m ² WF * a, differenziert nach Art der Ermittlung und Energieträgern	70
Abb. 24: Verbrauchskennwerte für Warmwasser bei MFH in kWh/m ² WF * a, ermittelt aus gemessenem Erdgasverbrauch	71
Abb. 25: Verbrauchskennwerte thermische Energie für Warmwasser bei MFH	72
Abb. 26: Verbrauchskennwerte für Warmwasser bei MFH in kWh/m ² WF * a, ermittelt aus gemessenem Energieverbrauch	73
Abb. 27: Verbrauchskennwert Warmwasser bei MFH	74
Abb. 28: Verbrauchskennwerte für Warmwasser bei MFH in kWh/m ² WF * a , ermittelt aus gemessenem Wasserverbrauch	75
Abb. 29: Verbrauchskennwerte Wärme von Hallenbädern in kWh/m ² Beckenoberfläche	76
Abb. 30: Straßenbeleuchtung – Anzahl der Leuchten pro Einwohner	78
Abb. 31: S.A.F.E.-Daten: Energieverbrauch für Straßenbeleuchtung	79
Abb. 32: S.A.F.E.-Daten: Anzahl Lampen pro 1.000 Einwohner	80
Abb. 33: Hotels – Verbrauchskennwerte Schweiz	82
Abb. 34: Hotels – Verbrauchskennwerte Schweiz bezogen auf Dienstleistungen	83
Abb. 35: Teilkennwerte – Strombilanz	85
Abb. 36: Strombilanz einer Liegenschaft nach Anwendungen differenziert	85
Abb. 37: EP Labels – erwarteter und tatsächlicher jährlicher Stromverbrauch im Vergleich	91
Abb. 38: Stromverbrauchskennwerte in Kommunalbauten – Bilanzverfahren	93
Abb. 39: Stromverbrauchskennwerte in Kommunalbauten – Elektr. Teilkennwerte 1	94
Abb. 40: Stromverbrauchskennwerte in Kommunalbauten – Elektr. Teilkennwerte 2	95
Abb. 41: Stromverbrauchskennwerte in Verwaltungsgebäuden – Elektr. Teilkennwerte	96
Abb. 42: Elektr. Teilkennwerte für neun Verwaltungsgebäude der Deutschen Bahn AG	97
Abb. 43: Elektr. Teilkennwerte für Bürogebäude	97

Abb. 44: Elektr. Teilkennwerte von Bürogebäuden in Frankfurt	98
Abb. 45: Stromverbrauchskennwerte in Studentenwohnheimen – Elektr. Teilkennwerte	99
Abb. 46: Elektr. Teilkennwerte der Informations- und Kommunikationstechnik	103
Abb. 47: SIA 380-4 2006 – Elektr. Teilkennwerte für Aufzüge	104
Abb. 48: Anteil des Stand-by am gesamten Aufzugsenergieverbrauch	104

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1:	Datenbestand	6
Tab. 2:	Verteilung des Datenbestands nach Quellen (ohne Berücksichtigung der Mehrfamilienhäuser)	7
Tab. 3:	Anteile der Flächen nach Quellen (ohne Berücksichtigung der Mehrfamilienhäuser)	8
Tab. 4:	Flächenangaben (ohne Berücksichtigung der Mehrfamilienhäuser)	8
Tab. 5:	Merkmalsliste - abgefragte Datenstruktur	10
Tab. 6:	Merkmalsliste - abgefragte Datenstruktur, Zusatzinformationen	11
Tab. 7:	Datenbestand nach Merkmalen	12
Tab. 8:	Methode der Witterungsbereinigung und Korrekturfaktoren	17
Tab. 9:	BWZ – Obergruppen	18
Tab. 10:	BWZ – hierarchische Struktur	18
Tab. 11:	Flächenbezug und Kennwerte am Beispiel eines Verwaltungsgebäudes	20
Tab. 12:	Verwendete Flächenumrechnungsfaktoren	21
Tab. 13:	Heizenergieverbrauchskennwerte in kWh/m ² BGF nach Gebäudegruppen	25
Tab. 14:	Heizenergieverbrauchskennwerte in kWh/m ² BGF nach Gebäudegruppen	26
Tab. 15:	Stromverbrauchskennwerte in kWh/m ² BGF nach Gebäudegruppen	27
Tab. 16:	Stromverbrauchskennwerte in kWh/m ² BGF nach Gebäudegruppen	28
Tab. 17:	Wasserverbrauchskennwerte in l/m ² BGF nach Gebäudegruppen	29
Tab. 18:	Wasserverbrauchskennwerte in l/m ² BGF nach Gebäudegruppen	30
Tab. 19:	Heizenergieverbrauchskennwerte in kWh/m ² BGF für Verwaltungsgebäude, Gebäude für wissenschaftliche Lehre und Forschung, Gebäude des Gesundheitswesens	33
Tab. 20:	Heizenergieverbrauchskennwerte in kWh/m ² BGF für Schulen und Weiterbildungseinrichtungen	34
Tab. 21:	Heizenergieverbrauchskennwerte in kWh/m ² BGF für Sportbauten,	35
Tab. 22:	Heizenergieverbrauchskennwerte in kWh/m ² BGF für Gebäude für Produktion, Verteilung, Wartung, Lagerung und Gebäude für kulturelle und musische Zwecke	36

Tab. 23: Stromverbrauchskennwerte in kWh/m ² BGF für Verwaltungsgebäude, Gebäude für wissenschaftliche Lehre und Forschung, Gebäude des Gesundheitswesens	37
Tab. 24: Stromverbrauchskennwerte in kWh/m ² BGF für Schulen und Weiterbildungseinrichtungen	38
Tab. 25: Stromverbrauchskennwerte in kWh/m ² BGF für Sportbauten, Wohnbauten und Gemeinschaftsstätten	39
Tab. 26: Stromverbrauchskennwerte in kWh/m ² BGF für Hotels, Gebäude für Produktion, Verteilung, Wartung und Lagerung und Gebäude für kulturelle und musische Zwecke	40
Tab. 27: Stromverbrauchskennwerte in kWh/m ² BGF für Gebäude anderer Art	41
Tab. 28: Wasserverbrauchskennwerte in l/m ² BGF für Verwaltungsgebäude, Gebäude für wissenschaftliche Lehre und Forschung, Gebäude des Gesundheitswesens	42
Tab. 29: Wasserverbrauchskennwerte in l/m ² BGF für Schulen und Weiterbildungseinrichtungen	43
Tab. 30: Wasserverbrauchskennwerte in l/m ² BGF für Sportbauten, Wohnbauten und Gemeinschaftsstätten	44
Tab. 31: Wasserverbrauchskennwerte in l/m ² BGF für Hotels, Gebäude für Produktion, Verteilung, Wartung und Lagerung und Gebäude für kulturelle und musische Zwecke	45
Tab. 32: Wasserverbrauchskennwerte in l/m ² BGF für Gebäude anderer Art	46
Tab. 33: Stromleistungskennwerte in W/m ² BGF nach Gebäudegruppen	47
Tab. 34: Stromleistungskennwerte in W/m ² BGF nach Gebäudearten	48
Tab. 35: Heizenergieverbrauchskennwerte in kWh/m ² BGF nach Flächengrößenklassen	53
Tab. 36: Stromverbrauchskennwerte in kWh/m ² BGF nach Flächengrößenklassen	54
Tab. 37: Wasserverbrauchskennwerte in kWh/m ² BGF nach Flächengrößenklassen	55
Tab. 38: Heizenergieverbrauchskennwerte nach Energieträgern und Flächengrößenklassen in kWh/m ² BGF	63
Tab. 39: MFH – Verbrauchskennwerte nach Energieträgern in kWh/m ² WF	68
Tab. 40: Stichprobenumfang MFH mit Brennstoff Erdgas	72
Tab. 41: Verbrauchskennwerte von Lebensmittelmärkten in kWh/m ² Verkaufsfläche	77

Tab. 42: S.A.F.E.-Daten: Leistung bei der Straßenbeleuchtung	80
Tab. 43: Hotels – Verbrauchskennwerte Wärme und Strom	81
Tab. 44: Hotels – Verbrauchskennwerte Studie Mühleck	82
Tab. 45: Strombilanz – verschiedene Anwendungen nach SIA 380-4	87
Tab. 46: Elektrizitätsbilanz am Beispiel eines Bürohauses aus SIA 380-4	88
Tab. 47: Vornorm DIN V 18599 – Energetische Bewertung von Gebäuden	89
Tab. 48: Stromverbrauchskennwerte aus der Greeneffect-Studie	91
Tab. 49: Teilkennwerte elektr. Energie – Kennwerte Beleuchtung	100
Tab. 50: Teilkennwerte elektr. Energie – Kennwerte Lüftung	101
Tab. 51: Teilkennwerte elektr. Energie – Kennwerte Kühlung und Entfeuchtung	102

VORWORT

Als im August 1992 mit dem Gründruck der VDI 3807 Blatt 1 ein Verfahren für die Ermittlung von Verbrauchskennwerten von Gebäuden veröffentlicht wurde, war nicht vorherzusehen, in welchem Umfang Kennwerteverfahren auf der Grundlage dieser Richtlinie in der Praxis zur Anwendung kommen würden.

Bei vielen Liegenschaftsbetreibern sind inzwischen Datenbestände aufgebaut worden, die die Bildung von Verbrauchskennwerten erlauben. Seriöse und aktuelle Flächen- und Verbrauchsdaten sind die Grundlage für die Bildung von Verbrauchskennwerten. Der zeitliche und finanzielle Aufwand für die Erhebung dieser Daten ist vertretbar und wird zunehmend auch von denjenigen gefordert, die für die Betriebskosten von Liegenschaften zuständig sind oder die gegenüber Anteilseignern oder im politischen Raum Effizienz und Nachhaltigkeit ihrer Liegenschaften zu verantworten haben.

Kennwerteverfahren werden nicht mehr nur intern von Liegenschaftsverwaltungen verwendet, um Prioritätenlisten aufzustellen oder Einsparoptionen zu ermitteln. Politiker lassen sich in Energieberichten die Verbrauchskennwerte der Liegenschaften in ihrer Kommune vorlegen und auch die Kommunalaufsichten bilden Verbrauchskennwerte. Kaum ein Auditierungsverfahren kommt ohne Vergleichskennwerte aus.

Eine deutliche Ausweitung bei der Anwendung von Kennwerteverfahren wird sich über die mit der EnEV 2007 entstehende Verpflichtung zur Erstellung von Verbrauchsausweisen, den sog. Energiepässen, ergeben. Energiepässe als Verbrauchsausweise sind nichts Anderes als eine besondere Anwendung des Kennwerteverfahrens nach VDI 3807 Blatt 1.

Umso wichtiger sind Vergleichskennwerte und Verfahren, die bei der Bewertung der Verbrauchskennwerte der eigenen Liegenschaften weiterhelfen.

Wir haben im Kennwertebericht 2005 auf deutlich erweiterter Datengrundlage von 25.000 Nicht-Wohngebäuden und 45.000 Verbrauchsdaten Verbrauchskennwerte Wärme, Strom und Wasser für 48 Gebäudegruppen und 180 Gebäudearten ermitteln können. Zudem konnten wir auf 120.000 Datensätze für die Auswertung der Wärmeverbrauchskennwerte von Mehrfamilienhäusern zurückgreifen.

Wir dokumentieren die Ergebnisse der Erhebung und der statistischen Auswertungen in diesem Bericht sehr differenziert, so dass z.B. über Häufigkeitsverteilungen auch die Struktur der Daten transparent wird. Über das Internetportal www.kennwerte-online.de besteht zudem die Möglichkeit, aus den anonymisierten Liegenschaftsdaten Vergleichsdaten von Objekten zusammenzustellen, die der zu vergleichenden Liegenschaft z.B. hinsichtlich Ausstattung, Nutzung und Größe vergleichbar sind. Im 2. Teil des Berichts befassen wir uns mit Teilkennwerten.

In Zukunft wird der richtige Umgang mit Vergleichskennwerten an Bedeutung gewinnen, weil unterschiedliche Verfahren und Interessenlagen bei sich verbessernder Datenlage zu einer Ausweitung des Angebots an Vergleichskennwerten führen werden.

Wir möchten an dieser Stelle der Deutschen Bundesstiftung Umwelt für ihre finanzielle Unterstützung und insbesondere denen danken, die uns durch die Lieferung von Daten diesen Bericht erst ermöglicht haben.

Münster, April 2007

1. KURZFASSUNG DES GESAMTVORHABENS UND PROBLEMSTELLUNG

Die Fortschreibung der ages Kennwerteberichte 1996 und 1999 ermittelt auf der Grundlage empirischer Daten Energie- und Wasserverbrauchskennwerte nach der Methode der VDI-Richtlinie 3807 Blatt 1 (Gründruck Febr. 2005). Mit Unterstützung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt und durch den VDI wurden Verbrauchsdaten gesammelt und statistisch aufbereitet.

Für die Bildung der Kennwerte werden die Verbräuche eines vollen Jahres zu Grunde gelegt und – in der Regel – auf die beheizbare Bruttogrundfläche (BGFa) nach DIN 277 bezogen. Die Wärmeverbrauchskennwerte werden über die $G_{20/15}$ des jeweiligen Standorts und das langjährige Mittel von Würzburg (3883) bereinigt. Diese Vorgehensweise stützt sich auf die aktuelle Fassung der VDI 3807 Blatt 1.

Die Bildung der Kennwerte erfolgt für unterschiedliche Gebäudearten und Gebäudegruppen. Auch für häufig aufgetretene Gebäudeartenkombinationen (z.B. Grundschule mit Turnhalle) wurden Kennwerte erstellt.

Die meisten Verbrauchsdaten stammen aus den Jahren 2003 bis 2005 und stellen somit eine aktuelle Grundlage für die fortgeschriebenen Kennwerte dar. Der Datenumfang wurde gemäß der Zielsetzung für Nicht-Wohngebäude auf 25.663 Objektdaten mit ca. 45.700 Verbrauchsdaten stark vergrößert. Auf dieser breiteren Datenbasis ergeben sich fundierte und abgesicherte neue Kennwerte. Als weitere Zielsetzung wurde die Ermittlung von neuen Kennwerten für weitere Gebäudearten angestrebt. Dieses Ziel wurde aufgrund der breiteren Datenbasis ebenfalls erreicht, z.B. bei der Gebäudeart Museen.

Die Anzahl der Datenquellen hat sich wie schon im letzten Kennwertebericht aber-

mals um ca. 50 % vergrößert, was eine breitere Streuung der Daten und somit eine verbesserte Repräsentativität bedeutet.

Bei einer Vielzahl der ermittelten Kennwerte ist aufgrund der größeren Anzahl gelieferter Daten bei der Berechnung von Kennwerten für die einzelnen Gebäudegruppen und -arten ein vergrößerter Stichprobenumfang zu verzeichnen. Diese Kennwerte sind im Vergleich zu den Kennwerten aus dem Bericht von 1999 als fundierter und belastbarer anzusehen.

Verbrauchskennwerte geben den spezifischen Jahres-Energie- oder -Wasserverbrauch eines Objektes bezogen auf eine Bezugsgröße – in der Regel ein Flächenmaß – an.

Energieverbrauchskennwerte erlauben:

- die grobe Beurteilung des energetischen Verhaltens eines Gebäudes,
- die Aufstellung einer Prioritätenliste für die Sanierung innerhalb eines größeren Gebäudebestandes,
- die Kontrolle des Energieverbrauchs bestehender Gebäude,
- den Nachweis von Energie- und Kosteneinsparungen nach erfolgten Sanierungsmaßnahmen und
- die grobe Beurteilung des Energieverbrauchs von geplanten Neubauten.

Energieverbrauchskennwerte stellen insofern ein wichtiges Hilfsmittel dort dar, wo bei der Bewirtschaftung größerer Gebäudebestände durch die Beurteilung ihres energetischen Verhaltens eine rationelle Energieverwendung, Kostensenkungen und eine Verringerung der Umweltbelastung erreicht werden sollen.

2. ARBEITSABLAUF

Im Rahmen dieser Arbeit wurden auf der Grundlage empirischer Daten von mehr als 150.000 Objekten Energieverbrauchs-kennwerte nach der Methode der VDI 3807 Blatt 1 ermittelt.

Eine Unterscheidung der Verbrauchs-kennwerte erfolgt dabei für unterschiedliche Gebäudearten und -gruppen.

Arbeitsablauf und Arbeitsumfang des Projektes waren folgendermaßen aufgebaut:

- Entwicklung einer leistungsfähigen und umfassenden Datenbank- und Auswertungssoftware
- Test der Software „KW 2005“
- Datensammlung
- Überprüfung und Aufbereitung der Daten
- Dateneingabe bzw. -übernahme in die Software „KW 2005“
- Plausibilitätsüberprüfung der Daten
- Statistische Auswertung der Daten
 - Mittelwerte
 - arithmetisches Mittel
 - Modalwert (häufigster Wert)
 - neue statistische Größe: gleitender Modalwert
 - Standardabweichung
 - Häufigkeitsverteilung
- Erstellung des Abschlussberichtes
- Mediale Aufbereitung der Daten für einen Zugriff über das Internet:

www.kennwerte-online.de

2.1 Datenherkunft

Datenbestände folgender Quellen stehen für die Ermittlung der Verbrauchswerte zur Verfügung:

- Gebäude- und Verbrauchsdaten kommunaler öffentlicher Gebäude, in denen das Energiebewirtschaftungsprogramm **EKOMM** eingesetzt wird,
- Gebäude- und Verbrauchsdaten von Liegenschaften im Zuständigkeitsbereich von sonstigen Kommunen, Kreisen, Bund und Bundesländern,
- Gebäude- und Verbrauchsdaten von Energieversorgungsunternehmen,
- Gebäude- und Verbrauchsdaten von Energiedienstleistungsunternehmen,
- Gebäude- und Verbrauchsdaten von Liegenschaften aus anderweitigen Untersuchungen.

2.2 Datenbestand

Zur Datensammlung erfolgte ab Mitte 2005 ein Aufruf mit der Bitte um die Zulieferung von Daten. Es wurden ca. 1.500 schriftliche Anfragen in Brief- oder E-Mail-Form gestellt. Darüber hinaus erschien der Aufruf in einschlägigen Newsletters per E-Mail sowie auf Webpräsenzen von Energieagenturen oder -unternehmen.

Während die Nutzer der Software **EKOMM** einfach eine aktuelle Sicherung ihrer Daten zuschicken konnten, war der Aufwand für andere Datenlieferanten etwas größer. Ihnen wurde eine Excel-Musterdatei zur Verfügung gestellt, in die sie ihre Gebäude- und Verbrauchsdaten eintragen konnten. Wenn dies mit zu viel Arbeitsaufwand verbunden war, konnten die Daten auch einfach in der vorliegenden Form an ages geschickt werden (z.B. als Energiebericht in Papierform oder als Excel-Tabelle). Sie wurden dann von ages-Mitarbeitern in die Excel-Musterdatei eingepflegt.

Auch beim dritten Kennwertebericht hat sich wieder gezeigt, dass die für die Kennwerteberechnung unabdingbare korrekte und aktuelle Angabe der Flächen oftmals Probleme bereitet. Vereinzelt waren auch auf Nachfrage keine Flächen-

daten verfügbar, so dass die gelieferten Verbrauchsdaten nicht verwendet werden konnten. Zum Teil konnten Flächenangaben nachgeliefert werden. In vielen Fällen musste geklärt werden, um welche Art von Flächendaten es sich handelte. Erfreulicherweise lagen jedoch letztendlich über 80 % der Flächenangaben in Form der Bruttogrundfläche (BGF) vor. Manchmal mussten auf Gebäudeebene vorliegende Verbrauchsdaten addiert werden, da die Fläche nur für das gesamte Objekt, d.h. einen Gebäudekomplex, bekannt war.

Insgesamt wurden von den rund 1.500 schriftlichen Anfragen knapp 250 telefonisch weiterverfolgt. Letztendlich erhielten wir über 25.000 Objektdaten für Nicht-Wohngebäude aus 175 Quellen mit insgesamt ca. 45.500 Verbrauchswerten der Medien Wärme, Strom und Wasser. Die Zahl der zur Verfügung gestellten Datensätze für Nicht-Wohngebäude hat sich damit im Vergleich zu 1999 verdoppelt. Zusätzlich wurden uns über 123.000 Wärme-Verbrauchsdaten für Mehrfamilienhäuser geliefert, so dass dieser Studie insgesamt fast 170.000 Verbrauchswerte zugrunde liegen.

Tab. 1: Datenbestand												
	2005				1999				1996			
	Objekte	Verbrauchsdaten			Objekte	Verbrauchsdaten			Objekte	Verbrauchsdaten		
	Anzahl	Wärme	Strom	Wasser	Anzahl	Wärme	Strom	Wasser	Anzahl	Wärme	Strom	Wasser
Angekündigte Daten					17.000				15.000			
Gelieferte Daten	148.971				13.000				10.000			
Angabe Gebäudeart	147.926	137.437	16.942	14.239	11.404	9.566	9.746	6.751	7.245	6.240	5.435	4.025
Σ Verbrauchsdaten		168.618				26.063				15.700		
Zuordnung Gebäudegruppe	144.970	136.078	15.689	13.689	10.905	9.368	9.290	6.567	7.037	6.073	5.270	3.871

Tab. 2: Verteilung des Datenbestands nach Quellen (ohne Berücksichtigung der Mehrfamilienhäuser)			
	2005 in %	1999 in %	1996 in %
Örtliche Energieversorgungskonzepte	0	0	10
Anwender des Energiebewirtschaftungsprogramms EKOMM	21	28	17
Bundesliegenschaften	0	3	3
Landesliegenschaften	14	12	19
Aus Studien und sonstigen Untersuchungen	0	7	13
Aus dem VDI-Richtlinienausschuss 3807 Blatt 2	0	0	6
Direkt von Kommunen	29	23	31
Direkt von Kreisen	3	6	In Sonstige enthalten
EVU	28	21	Bei Kommunen
Sonstige	4		
Anzahl der Einzelquellen	175	119	72

Die Daten stammen vorwiegend von öffentlichen Gebäuden in Trägerschaft von Bund, Ländern, Kreisen und Gemeinden und verteilen sich wie oben gezeigt.

Die Zahl der Einzelquellen hat im Vergleich zu 1999 wiederum deutlich zugenommen, was eine größere Streuung der Daten zur Folge hat. Die Repräsentativität der Daten hat sich somit verbessert.

Bei den Flächen stehen diesmal zu fast 90 % Angaben zur Bruttogrundfläche BGF zur Verfügung, gegenüber 60 % 1999. Diese neuerliche Steigerung spiegelt auch eine bessere Umsetzung der VDI 3807 wider. Bei den sonstigen Flächen domi-

niert die Nettogrundfläche NGF mit 8 %. Berücksichtigt sind bei den sonstigen Flächen auch sonstige Bezugsgrößen wie Bettenzahl bei Krankenhäusern, Beckenoberfläche bei Bädern oder Bruttorauminhalt.

Bei den Anwendern des Energiebewirtschaftungsprogramms EKOMM, den Energieversorgungsunternehmen (EVU) sowie den Kreis- und den Landesliegenschaften liegt als Flächenangabe fast überall die BGF vor. Nur von den Kommunen wurden die Flächen zu 23 % als NGF und zu 11 % als NF geliefert.

Tab. 3: Anteile der Flächen nach Quellen (ohne Berücksichtigung der Mehrfamilienhäuser)				
	% BGF	% HNF	% NGF	% NF
EKOMM	97,5	2,5	0,0	0,0
EVU	99,9	0,0	0,0	0,0
Kommune	65,4	0,0	22,8	10,6
Land	94,9	2,2	3,0	0,0
Landkreise	96,9	0,1	3,0	0,0
Sonstige	97,1	2,5	0,1	0,1
Gesamt	87,5	0,8	7,9	3,4

Tab. 4: Flächenangaben (ohne Berücksichtigung der Mehrfamilienhäuser)												
	2005				1999				1996			
	Ob- jekte	Flächen			Ob- jekte	Flächen			Ob- jekte	Flächen		
	Anzahl	BGF	NGF	Sonst.	Anzahl	BGF	HNF	Sonst.	Anzahl	BGF	HNF	Sonst.
Nach Quellen	25.663	20.116	1.819	3.109	11.404	7.029	2.005	3.453	7.340	2.575	2.259	5.701
Angabe Gebäudeart	25.436	19.986	1.817	3.095	11.404	7.029	2.005	3.453	7.245	2.553	2.258	5.672
Zuordnung Geb.gruppe	23.307	19.022	1.806	3.078	10.905	6.838	1.968	3.365	7.037	2.524	2.244	5.514

Objekte mit unklaren Flächenangaben (z.B. Reinigungsflächen) wurden nicht mit in die Auswertungen einbezogen.

Um die verschiedenen Flächenangaben vergleichbar zu machen, wurde auf schon in den vergangenen Berichten ermittelte Umrechnungsfaktoren zurückgegriffen. Darüber hinaus werden aus weiteren verfügbaren Quellen Umrechnungsfaktoren herangezogen (siehe auch Anhang 9).

Die Gebäude werden entsprechend dem neuen ages-Bauwerkszuordnungskatalog typisiert und sowohl einer Gebäudeart als

auch einer Gebäudegruppe zugewiesen. Insgesamt liegen Objektdaten zu 445 unterschiedlichen Gebäudearten vor. Diese Gebäudearten enthalten zudem auch Gebäudearten für Mischnutzungen (z.B. Bauhöfe/Werkstätten). Für 132 dieser Arten waren ausreichend Daten vorhanden, um eine Auswertung auf der Ebene Gebäudeart vorzunehmen. Darüber hinaus wurden die 445 Gebäudearten übergeordneten Gebäudegruppen zugeordnet, soweit dies möglich war. Die Gebäudearten konnten erstmals auf unterschiedlichen Ebenen verschiedenen Gebäudegruppen

zugeordnet werden. So konnte die Gebäudeart Museen (912100) auf unterschiedlichen Ebenen der Gebäudegruppe Ausstellungsgebäude (912000) oder auch der Gebäudegruppe Gebäude für kulturelle und musische Zwecke (910000) zugeordnet werden.

Die Gebäudegruppen-Kategorie „ages 1“ umfasst diejenigen Gebäudegruppen, die auch im 1999er-Bericht berücksichtigt wurden. Davon konnten diesmal 39 Gebäudegruppen ausgewertet werden.

Die Auswahl der Daten ist insofern statistisch nicht repräsentativ, weil nur von solchen Gebäuden Daten berücksichtigt werden können, wo entsprechende Daten auch bereitgestellt werden. Das ist aber vielfach nur dort der Fall, wo neben der Aufnahme von Verbrauchs- und Flächen-daten auch bereits weitergehende Aktivi-

täten zur Senkung des Energieverbrauchs erfolgt sind. Das schränkt den Wert dieser Daten nur für bestimmte Anwendungen ein (z.B. Hochrechnung des Energieverbrauchs aller Gebäude einer Gebäudegruppe aus dem Mittelwert der Stichprobe).

Eine Verwendung dieser Daten im Sinn der VDI 3807 Blatt 1 bis 3 zur Bildung von Orientierungswerten ist davon nicht betroffen, da diese Daten zwar besser als der Durchschnitt aller Gebäude sein mögen, aber ein tatsächlich erreichbares Verbrauchsniveau abbilden.

Die den Auswertungen zu Grunde liegenden Datenbestände sind nach Gebäudearten und Gebäudegruppen differenziert im Anhang dokumentiert.

2.3 Merkmale

Um die Energieverbrauchskennwerte bilden und außerdem weitergehende Auswertungen vornehmen zu können, wurde ein sehr umfangreiches zweigeteiltes Datenprofil abgefragt. Dieses wurde den Datenlieferanten in Form einer Excel-Musterdatei zur Verfügung gestellt.

Dieses Muster ist unten stehend im Längsformat abgebildet (Tab. 5 und 6). Im oberen Teil wurden die Merkmale abgefragt, die für die Auswertung der Kennwerte unabdingbar notwendig sind.

Tab. 5: Merkmalsliste - abgefragte Datenstruktur		
Nr	Angaben	Beispiel
Basisinformationen		
1	Name des Objekts	Rathaus Musterstadt
2	Gebäudenutzung nach BWZ (siehe nächstes Blatt) oder eigene Bezeichnungen	Verwaltungsgebäude
3	Energiebezugsfläche in m ²	4.570
4	Art der Fläche (HNF, BGF oder Energiebezugsfläche nach VDI 3807)	EBFL VDI 3807
5	Sonstige Bezugsflächen	Reinigungsfläche
6	Sonstiger Bezug anstelle der Fläche	Bettenzahl bei Krankenhäusern
7	Standort des Objekts, Stadt	Musterstadt
8	Bezugsjahr der Verbrauchsdaten	2005
9	Beginn des Bezugsjahres	01.01.2005
10	Ende des Bezugsjahres	31.12.2005
11	Jahresverbrauch Strom in kWh	107.236
12	Jahreshöchstleistung Strom in kW	87
13	Jahresverbrauch Wärme in kWh	763.246
14	Energieträger für die Wärmeversorgung	Gas
15	Umrechnungsfaktor in kWh Hu pro m ³ /Liter	8,739
16	Jahresverbrauch Wasser in m ³	677
17	Untermessungen für Teilkennwerte verfügbar ?	ja

Die umfangreichen Zusatzinformationen im unteren Teil wurden nur von einem Teil der Mitwirkenden geliefert. Diese Daten können häufig nicht ohne größeren Auf-

wand verfügbar gemacht bzw. mit den Objekt- und Verbrauchsdaten korrekt verknüpft werden (da sie z.B in verschiedenen Dateien erfasst sind).

Tab. 6: Merkmalsliste - abgefragte Datenstruktur, Zusatzinformationen

Zusatzinformationen		
18	Baujahr	1960
19	Bauweise des Objekts	Massiv
20	Anmerkungen	80% der Fenster in 2003 erneuert
21	Quelle der Datenlieferung	Stadtverwaltung Musterstadt
22	mittlerer k-Wert des Gebäudes	
23	Qualität der Wärmedämmung	vor WSCHO85
24	Klimazone, PLZ	9999 (Musterstadt)
25	Technisierungsgrad	90 % EDV-Arbeitsplätze
26	Anteil Fläche mit mechanischer Lüftung	15%
27	Anteil Fläche mit Klimatisierung	0%
28	Anteil Beleucht. mit EVG (elektro. Vorschaltgeräten)	85%
29	Heizanlage	Brennwertkessel
30	Kesselleistung in kW	170 kW
31	Brennerleistung in kW	150-200 kW
32	Abgasverlust	9%
33	Baujahr Kessel	1985
34	Baujahr Brenner	1985
35	Anzahl Regelungsgruppen	3
36	Regelungsart	Außentemperatur
37	Heizungsabsenkung ja/nein	ja
38	Heizungsnachtabstimmung ja/nein	nein
39	Dauer der Absenkung/Abschaltung	12
40	Thermostatventile %	95%
41	Zirkulation ja/nein	nein
42	kWh Wärme aus BHKW	0
43	kWh Wärme aus Wärmepumpe	0
44	kWh Wärme aus solarthermischen Anlagen	0
45	Wärmerückgewinnungsanteil	
46	kWh Wärme für Trinkwarmwasser	
47	kWh Wärme für Kälteerzeugung	
48	kWh Wärme für Kochzwecke	
49	kWh Wärme für Wäscherei	
50	kWh Wärme für sonstige Prozesse	
51	Brunnenwasser in m³	350
52	Kaltwasser für Warmwasser in m³	125
53	Wasserverbrauch für Beregnung von Außenanlagen	125
54	Wasserverbrauch für Produktion m³/a	125
55	Belegung: Anzahl Personen	300
56	Nutzungsdauer Tage pro Jahr	12
57	Nutzungsdauer Stunden pro Tag	220
58	Solltemperatur der Hauptnutzflächen	20
59	Anzahl Produktion	
60	Einheit Produktion	
61	Anzahl Essen	
62	Anzahl Wohnungen	
63	bei Krankenhäusern: Fallzahlen	
64	bei Krankenhäusern: Berechnungstage	

Tab. 7: Datenbestand nach Merkmalen

	2005	1999	1996
Objektdaten			
Objektbezeichnung	25.663	11.404	6.931
Gebäudeart Text	25.600	11.404	6.913
Energiebezugsfläche VDI 3807	20.116	7.029	2.598
Standort (Stadt/ Klimazone)	18.557	11.356	6.053
Verbrauchsdaten			
Bezugsjahr	25.024	11.404	6.930
Zeitraum (z. B. 1.1 - 31.12.)	19.389	11.404	6.888
Jahresverbrauch Strom in kWh	16.657	9.746	5.068
Jahresverbrauch Wärme	14.968	9.566	5.892
Jahresverbrauch Wasser in m ³	14.075	6.751	3.603
Weitere Objektdaten			
Baujahr	935	1.832	314
Bauweise	688	2.329	
Anmerkung			
mittlerer k-Wert	5		
Gebäudeart Schlüssel		11.404	6.913
HNF	2.221	2.005	2.268
NF	784	195	1.345
NGF	1.819	2.115	221
Wohnfläche		0	
Sonstige Fläche	104	1.143	3.705
Art sonstige Fläche			
Sonstiger Bezug	8	1.272	582
Art sonstiger Bezug			
Klimazone	25.663	11.404	6.925
Technikdaten			
Technisierungsgrad	123	164	
Lüftung	220	215	
Klimatisierung	233	154	
Heisanlage	653	69	20
Kesselleistung in kW	580	303	165
Brennerleistung in kW	157	909	808
Jahresnutzungsgrad	88	0	
Baujahr Kessel	465	117	
Baujahr Brenner	218	73	
Weitere Verbrauchsdaten			
Jahreshöchstleistung Strom kW	1.281	625	
Eingesetzte(r) Energieträger	9.585	7.836	3.570
Umrechnungsfaktor in kWh (Hu)	7.549	2.610	2.460
Kennwerte			
Kennwert Wärme	13.754	9.283	4.903
Kennwert Strom	14.573	9.176	4.139
Kennwert Wasser	12.456	6.480	3.094

2.4 Datenaufbereitung

Für den aktuellen Verbrauchskennwertebericht sind eigens das Softwareprogramm **KW2005** und das Internetportal www.kennwerte-online.de entwickelt worden.

Das Programm **KW2005** verfügt über Importschnittstellen, die eine Übernahme von Datensicherungen aus der Energiecontrolling-Software **EKOMM** und aus Excel-Dateien ermöglicht.

Die Excel-Musterdateien standen Interessenten auf der ages Webpage als Kopiervorlage zur Abholung zur Verfügung und wurden auf Anfrage auch als Ausdruckversion verschickt. Da Daten auch als Excel-Blatt in Form des vom IEMB modifizierten Erfassungsbogens übernommen werden sollten, wurde auch für dieses Format eine entsprechende Schnittstelle geschaffen.

2.4.1 EDV-Programm „KW2005“

Die Neuentwicklung des EDV-Programms **KW2005** wurde erforderlich, weil das für die vergangenen Berichte verwandte EDV-Programm als DOS-Applikation in der Handhabung veraltet und eine Weiterentwicklung nicht möglich war.

KW2005 ist ein mit Visual Foxpro entwickeltes Datenbankprogramm für das Betriebssystem Windows zur statistischen Analyse von Verbrauchskennwerten.

Mit den Programmbereichen

- Datenimport
- Kennwertbildung und
- Berichtsgenerator

stellt das Programm **KW2005** das zentrale Werkzeug für die Erstellung dieses Berichts dar.

Objekt- und Verbrauchsdaten können sowohl manuell eingegeben, als auch auto-

Sofern Daten in anderen Formaten geliefert wurden, konnten diese über die Excel-Schnittstelle in das Kennwertprogramm übernommen werden.

Vor der endgültigen Datenübernahme in die Datenbank wurden die Objektdaten zur Kontrolle und für die Plausibilitätsüberprüfung kontrolliert.

Die weitere Aufarbeitung der Datensätze umfasste im Wesentlichen:

- die Zuordnung der Objekte zu den entsprechenden Gebäudearten und Gebäudegruppen,
- die Klärung von Art und Qualität der Flächenangaben,
- die Klärung der Umrechnungsfaktoren von Primärenergien in kWh H_u ,
- die Zuordnung der Datensätze zu Klimazonen.

matisch aus Excel-Tabellen oder über Datensicherungen aus der Energiecontrolling-Software **EKOMM** eingelesen werden.

Die eingelesenen Objekte werden einer Gebäudeart und einer Ziffer aus dem erweiterten Bauwerkszuordnungskatalog (BWZ) zugeordnet. Gebäudearten können wiederum übergeordneten Gebäudegruppen zugeordnet werden. Welche Gebäudearten in einer Gebäudegruppe zusammengefasst werden, ist frei definierbar und bietet dadurch eine große Flexibilität bei der Gruppierung.

Die Verbrauchsdaten werden dann durch das Programm **zeit- und witterungsbereinigt**. Bei der Witterungsbereinigung der Heizenergieverbräuche ist das Verfahren variabel einstellbar. Die Zuordnung nach Klimastationen kann wahlweise über die PLZ nach den Referenzstationen des DWD oder nach nächstliegender Station eingestellt werden. Frei wählbar ist, ob die

Bereinigung mit G_{20/15} oder G_{15/15} erfolgen soll und welche Daten für den langjährigen Mittelwert zu verwenden sind.

Die **Kennwertebildung** nach VDI 3807 erfordert die Angabe der beheizten Bruttogrundfläche BGF. Fehlt diese Angabe, kann eine automatische Berechnung aus anderen vorhandenen Flächenangaben (HNF, NF oder NGF) gemäß vorgegebener Umrechnungsfaktoren für die jeweilige Gebäudeart vorgenommen werden.

Bei der Kennwerteberechnung kann gewählt werden, ob auch die Datensätze mit der so ermittelten BGF in den Rechen-

durchlauf miteinbezogen werden sollen oder nicht. Das Programm lässt für die Kennwerteberechnung die Wahl zwischen verschiedenen Bezugsflächen zu. Darüber hinaus sind auch sonstige Bezüge wie z. B. die Bettenanzahl bei Krankenhäusern möglich.

Bei der **Auswertung der Daten** können aus dem gesamten Datenbestand für die statistische Auswertung Teilmengen über bis zu 5 frei kombinierbare Merkmalkriterien selektiert werden.

Auswertung der Kennwerte

Auswahlbedingungen: *Die Verknüpfung "AND" hat immer Vorrang vor "OR".

1. Gebäudeart = Schulen - Regelschulen OR

2. Gebäudeart = Schulen - Sekundarschulen AND

3. Baujahr [] 1945 1985 AND

4. Effektive Fläche [] 3.500 5.000 AND

5. Energieträger = Erdgas

**Die Stromkennwerte sind über Stromverbrauch berechnet.

Auswerten Beenden

Abb. 1: Das Programm Kennwert 2005: Auswahlbedingungen

Bei der **Auswertung der Daten** werden die statistischen Kenngrößen für den ausgewählten Teildatenbestand ermittelt und Daten für die weitere Darstellung in graphischer und tabellarischer Form aufbereitet.

Die voreingestellten Auswerteroutinen sind:

- Häufigkeitsverteilungen mit einfachem Modalwert
- Häufigkeitsverteilungen mit gleitendem Modalwert
- Summenhäufigkeitskurven

Bei allen Funktionen werden für die Wärme-, Strom- und Wasserverbrauchskennwerte jeweils Stichprobenumfang, arithmetisches Mittel, unteres Quartilsmittel, Median, Modus, Standardabweichung und die mittlere Fläche ermittelt und angezeigt.

Bei der Auswertung mit gleitendem Modalwert kommt dieser Wert dazu. Hier wird dann auch diejenige Häufigkeitsverteilung angegeben (Modus 23, 10 oder 29 im Beispiel unten), bei der der Modus dem

gleitenden Modalwert am nächsten kommt.

Die Zahl der Klassen und Klassengrößen kann für die Darstellung und Auswertung von Häufigkeitsverteilungen klassifizierter Verbrauchskennwerte frei festgelegt werden. Die Auswertungen können um Ausreißer bereinigt werden, indem durch Voreinstellung z. B. die obersten 5 % der aufsteigend sortierten Verbrauchskennwerte aus der Berechnung herausgenommen werden, wobei die Obergrenze frei definiert werden kann.

Wärme			Strom			Wasser		
Anzahl Daten	535	St.	Anzahl Daten	659	St.	Anzahl Daten	456	St.
Arithmetisches Mittel	117	kWh/m²	Arithmetisches Mittel	12	kWh/m²	Arithmetisches Mittel	168	l/m²
Unteres Quartilsmittel	65	kWh/m²	Unteres Quartilsmittel	5	kWh/m²	Unteres Quartilsmittel	63	l/m²
Median	126	kWh/m²	Median	10	kWh/m²	Median	144	l/m²
Gleitende Modalwert	102	kWh/m²	Gleitende Modalwert	8	kWh/m²	Gleitende Modalwert	104	l/m²
Modus 23	102	kWh/m²	Modus 10	8	kWh/m²	Modus 29	104	l/m²
Standardabweichung	55	kWh/m²	Standardabweichung	5	kWh/m²	Standardabweichung	122	l/m²
Flächendurchschnitt	2.767	m²	Flächendurchschnitt	2.638	m²	Flächendurchschnitt	4.261	m²

Auswahlkriterien: Gruppenanzahl: von 5 bis 60 Obergrenze: 0,95
Gebäudeart = Schulen allgemein

Art der Word-Export: ☒ anfügen ☐ neue Datei ☒ Gleitende Modalwerte ☐ Verteilung ☐ Gleitende Modalwerte + Verteilung

Pfad: D:\KW2005\KW2005 20070222NN\Export\

Dateiname:

Datenexport Datei-Export
Word-Export Zurück

Abb. 2: Das Programm Kennwert 2005: Ausgabe

Die Ergebnisse einer Auswertung werden auf dem Bildschirm dargestellt und können zur weiteren Verarbeitung als Tabellen und Grafiken exportiert werden.

Zu Kontrollzwecken ist ein „Datei-Export“ der selektierten Datensätze des jeweiligen Rechengangs in eine Excel-Tabelle möglich.

Für die weitere Verarbeitung der Ergebnisse eines Rechengangs können die statistischen Kenndaten und die x/y-Werte der jeweiligen Häufigkeitsverteilungen an eine Datenbank übergeben werden („Datenexport“).

Über den Aufruf „Word-Export“ werden die Ergebnisse des Rechengangs an ein Word-Dokument übergeben und dort automatisch zu den im Anhang dokumentierten Häufigkeitsverteilungen aufbereitet.

2.4.2 Witterungsbereinigung

Zur Herstellung einer Vergleichbarkeit der Heizenergieverbräuche unterschiedlicher Jahre und unterschiedlicher räumlicher Lagen der Gebäude wurden die Heizenergieverbräuche nach VDI 3807 Blatt 1 (Gründruck 2005) bereinigt. Die Wärmeverbräuche wurden über die $G_{20/15}$ des jeweiligen Standorts auf das langjährige Mittel der $G_{20/15}$ von Würzburg (3883) bezogen.

Gegenüber den vorherigen Berichten bedeutet das eine Änderung des Bereini-

gungsverfahrens! Der sachliche Hintergrund für einen Wechsel der Methode besteht darin, dass gerade in warmen Jahren eine Witterungsbereinigung mit $G_{15/15}$ eine zu starke Korrektur der Wärmeverbräuche verursacht. In der Folge fallen die so bereinigten Wärmeverbräuche zu hoch aus. Für das Jahr 2005 z.B. führt die Witterungsbereinigung mit der $G_{15/15}$ je nach Standort zu Korrekturfaktoren, die um bis zu 8% höher ausfallen als ein Korrektur nach $G_{20/15}$.

Witterungsbereinigung													
Korrekturen nach unterschiedlichen Verfahren													
LJ Würzburg	3.883	2.524											
LJ Bund	3.875	2.386											
LJ Würzburg	3.883	2.524											
Gradtagszahl	G20 2000	G20 2001	G20 2002	G20 2003	G20 2004	G20 2005	G15 2000	G15 2001	G15 2002	G15 2003	G15 2004	G15 2005	
Düss	2.934	3.166	2.982	3.138	3.254	3.099	1.664	1.921	1.712	1.928	1.954	1.864	
Kassel	3.416	3.768	3.612	3.708	3.892	3.718	2.086	2.408	2.262	2.443	2.457	2.338	
Karlsruhe	2.785	3.114	2.927	3.104	3.137	3.291	1.615	1.909	1.742	2.004	1.952	1.991	
München	3.548	3.899	3.598	3.902	3.917	4.063	2.273	2.519	2.288	2.697	2.562	2.748	
LJ Würzburg	3.883	3.883	3.883	3.883	3.883	3.883	2.524	2.524	2.524	2.524	2.524	2.524	
Korrekturfaktor	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
Düss	132%	123%	130%	124%	119%	125%	152%	131%	147%	131%	129%	135%	
Kassel	114%	103%	108%	105%	100%	104%	121%	105%	112%	103%	103%	108%	
Karlsruhe	139%	125%	133%	125%	124%	118%	156%	132%	145%	126%	129%	127%	
München	109%	100%	108%	100%	99%	96%	111%	100%	110%	94%	99%	92%	
Korrektur G15 zu G20	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
Düss	115%	107%	113%	106%	108%	108%							
Kassel	106%	102%	104%	99%	103%	103%							
Karlsruhe	112%	106%	109%	101%	104%	107%							
München	101%	101%	102%	94%	99%	96%							

Tab. 8: Methode der Witterungsbereinigung und Korrekturfaktoren

Die zur Bereinigung zugeordnete Klimastation wurde über die PLZ der Liegenschaft automatisch einer freien DWD-Station über das Referenzzonenmodell nach EnEV 2007 zugeordnet.

Erst durch den Bezug auf **einen** Klimastandort werden die aus unterschiedlichen Regionen stammenden Heizenergieverbräuche vergleichbar.

Damit die hier ausgewiesenen Heizenergieverbrauchskennwerte mit den Heizener-

gieverbrauchskennwerten einer einzelnen Liegenschaft verglichen werden können, ist dort auch eine Bereinigung mit der $G_{20/15}$ der relevanten Klimazone und dem langjährigen Mittel der $G_{20/15}$ von Würzburg vorzunehmen.

Aktuelle Daten für die Witterungsbereinigung finden sich auf der Internetseite: <http://klimadaten.ages-gmbh.de>.

2.4.3 Gebäudearten - Bauwerkszuordnung

Verbrauchskennwerte können eigentlich nur dann im Rahmen des Benchmarking genutzt werden, wenn die Kennwerte von Gebäuden gleicher Bauweise, technischer Ausstattung, Größe und Nutzung miteinander verglichen werden.

Mit zunehmender Differenzierung des Datenbestandes nach Bauweise, technischer Ausstattung, Größe und Nutzung nimmt der jeweils verbleibende Stichprobenumfang deutlich ab. Die Bildung belastbarer statistischer Kenngrößen wird mit zunehmender Differenzierung immer schwieriger und ist bei letztlich wenigen verbleibenden Vergleichsobjekten nicht mehr sinnvoll.

Im Rahmen dieses Projektes werden zwei Wege für die Nutzung der vorliegenden Datenbestände zu Vergleichszwecken beschritten:

- Ermittlung von Vergleichskennwerten für unterschiedliche Gebäudearten – dokumentiert hier im Bericht.
- Anzeige der anonymisierten Kennwerte von Vergleichsgebäuden, die dem jeweils untersuchten Gebäude bei möglichst vielen Merkmalen gleich oder ähnlich sind. Diese einzelfallbezogenen Benchmarks können über das Internetportal www.kennwerte-online.de erstellt werden.

Wie schon in den Vorgängerberichten werden Vergleichskennwerte für unterschiedliche Gebäudearten und Gebäudegruppen ermittelt. Deshalb wird zunächst jede Liegenschaft einer Gebäudeart zugeordnet. Eine Gebäudeart (z.B. Grundschule, Turnhalle) wird vorwiegend über die Nutzung definiert und ist im Normalfall mit einer typischen Bauweise, Gebäudegröße und Ausstattung verbunden. Gerade bei öffentlichen Bauten ist bezüglich der Gebäudearten eine gewisse Homogenität (Gleichartigkeit) feststellbar.

Bei der Zuordnung zu einer Gebäudeart wurde die Systematik des Bauwerkszuordnungskataloges (BWZ) der ARGE BAU (Stand 1991) zu Grunde gelegt.

Dieser Katalog verwendet eine 4-stellige Nummerierung, um die – vorwiegend bei den öffentlichen Verwaltungen – vorkommenden Gebäudearten in einem hierarchischen Ziffernkatalog systematisch darzustellen.

Tab. 9: BWZ Obergruppen

BWZ	Bezeichnung der Gebäudeart
1000	Parlaments-, Gerichts- und Verwaltungsgebäude
2000	Gebäude für wissenschaftl. Lehre u. Forschung
3000	Gebäude des Gesundheitswesens
4000	Schulen gesamt
5000	Sportbauten
6000	Wohnbauten/Gemeinschaftsstätten
7000	Geb. für Produktion, Verteilung, Wartung und Lagerung
8000	Bauwerke für technische Zwecke
9000	Gebäude anderer Art

Der Katalog ist so aufgebaut, dass die 1000-er Gruppen Obergruppen der 100-er Gruppen und diese wiederum Obergruppen der 10-er Gruppen sind.

Tab. 10: BWZ – hierarchische Struktur

BWZ	Bezeichnung der Gebäudeart
1000	Parlaments-, Gerichts- und Verwaltungsgebäude
1100	Parlamentsgebäude
1200	Gerichtsgebäude
1210	Amtsgerichte
1220	Justizgebäude, Staatsanwaltschaft, Notariat
1300	Verwaltungsgebäude
1310	Verwaltungsgeb. normale techn. Ausstattung
1311	Ministerien
1312	Ämtergebäude
1313	Krankenkassengebäude

Diese Systematik ermöglicht die Auswertung auf der jeweils übergeordneten BWZ-Ebene, wenn die Datenlage eine belastbare Auswertung auf der untersten Ebene nicht erlaubt.

Es hat sich gezeigt, dass die 4-stellige BWZ-Systematik der ARGEBAU im Rahmen dieser Untersuchung nicht ausreicht. Der Grund ist die fehlende Differenzierungsmöglichkeit insbesondere bei Gebäudearten, die nicht im Liegenschaftsbestand von Bund und Ländern sind. Hinzu kommt, dass in der Praxis vielfach Differenzierungen bei Gebäudearten vorgenommen werden, die erfahrungsgemäß für die Verbrauchskennwerte von Gebäuden von Bedeutung sind (z.B. Schulen mit und ohne Lehrschwimmbecken).

Um auch diese Merkmale berücksichtigen zu können, verwenden wir hier einen 6-stelligen Bauwerkszuordnungskatalog der den 4-stelligen BWZ der ARGEBAU und den 5-stelligen BWZ der Bayerischen Staatsverwaltung zur Grundlage hat.

Bei dieser Vorgehensweise sind die ersten 4 Stellen der ages BWZ-Nummer immer mit der Ziffer der ARGEBAU und die ersten 5 Stellen der ages BWZ-Nummer weitestgehend mit der Ziffer der Bayerischen Staatsverwaltung identisch. Die letzte Ziffer wird von uns verwendet, um Differenzierungen innerhalb einer Gebäudeart kennzeichnen zu können.

2.4.4 Flächenumrechnung

Energiebezugsfläche nach VDI 3807 Blatt 1 ist die beheizbare Bruttogrundfläche eines Gebäudes. Diese Fläche wird aus der (BGFa) nach DIN 277 Teil 1 abzüglich größerer unbeheizbarer Bruttogrundflächen ermittelt.

Als Grund für diesen Flächenansatz wird dort u. a. angegeben,

- dass diese Fläche relativ einfach zu erheben ist und

Wir unterscheiden hier in einem zweistufigen Verfahren zwischen Gebäudearten und Gebäudegruppen.

Sofern es die Angaben erlauben, wurde ein Gebäudedatensatz möglichst auf der untersten Ebene des 6-stelligen ages BWZ einer Gebäudeart zugeordnet. Hilfsweise erfolgt die Zuordnung auf einer Ebene darüber.

In die statistische Auswertung wurden alle Gebäudearten, für die ausreichend Daten verfügbar waren – in der Regel mehr als 10 Datensätze – einbezogen. Von den ca. 430 Gebäudearten des BWZ wurden im Rahmen dieser Untersuchung Daten für 132 Gebäudearten ausgewertet.

Für die **Auswertung nach Gebäudegruppen** wurden jeweils die Daten unterschiedlicher Gebäudearten zusammengefasst. Die Zusammenfassung der Gebäudearten zu Gruppen orientiert sich dabei an der Systematik des BWZ der ARGEBAU. Dies geschah aus Gründen der Übersichtlichkeit und weil so eine statistische Auswertung von Kennwerten möglich wurde, wo andernfalls der Stichprobenumfang zu gering war.

Es zeigt sich, dass eine möglichst große Differenzierung bei den Gebäudearten die Qualität der statistischen Ergebnisse verbessert.

Eine Gegenüberstellung verschiedener Bauwerkszuordnungskataloge ist im Anhang 10 beigefügt.

- dass sie aus anderen, gebräuchlichen Flächenangaben überschlägig abgeleitet werden kann.

Nach der aktuellen Fassung der VDI 3807 Blatt 1 (Weißdruck 2007) sollen Kennwerte, die mit anderen Flächen ermittelt wurden, über einen Index gekennzeichnet werden.

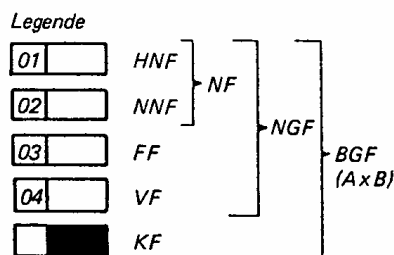


Bild 2. Aufgliederung der Flächen nach DIN 277 und Geschößbezeichnungen

HNF Haupt-Nutzfläche
NNF Neben-Nutzfläche
FF Funktionsfläche
VF Verkehrsfläche
KF Konstruktionsfläche
NF Nutzfläche
NGF Nettogrundfläche
BGF Bruttogrundfläche

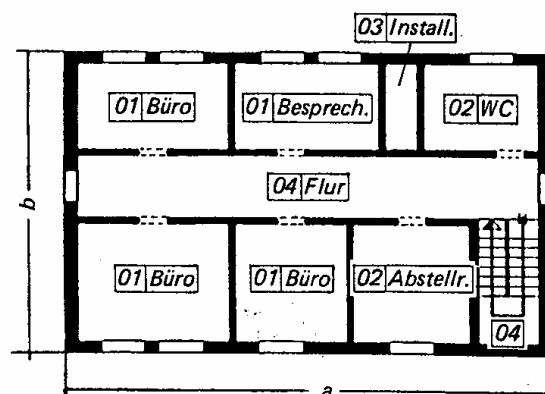


Abb. 3: Flächen nach DIN 277 – Quelle: VDI 3807 Blatt 1

Ein einheitlicher und eindeutiger Flächenbezug von Verbrauchskennwerten ist von maßgeblicher Bedeutung für die praktische Anwendung des Kennwerteverfahrens. Der Bezug auf gebräuchliche, aber

unterschiedliche Flächen nach DIN 277 führt – bei gleichen Verbräuchen – zu teilweise erheblich unterschiedlichen Verbrauchskennwerten.

Tab. 11: Flächenbezug und Kennwerte am Beispiel eines Verwaltungsgebäudes				
Beispiel: Heizenergieverbrauch (bereinigt): 696.000 kWh				
Bezug		Fläche in m ²	Verbrauchskennwert in kWh/m ²	Verbrauchskennwert in % zu BGFa
BGFa	Bruttogrundfläche	5.700	122	100
HNF	Hauptnutzfläche	2.750	254	208
NF	Nutzfläche	3.477	200	164
NGF	Nettogrundfläche	4.959	140	115

Insofern sind bei der Ausweisung von Verbrauchskennwerten immer auch die verwendeten Flächenbezüge offenzulegen.

Da nicht alle Flächenangaben für die Kennwertebildung direkt weiterverwendet werden konnten, erfolgte dort, wo nur andere Flächenangaben als die in der VDI 3807 Blatt 1 definierte Energiebezugsfläche zur Verfügung gestellt wurden, eine Umrechnung der Flächen auf die Energiebezugsfläche unter Heranziehung von Umrechnungsfaktoren.

Die Umrechnungsfaktoren konnten bereits im Kennwertebericht 1999 auf der Grundlage von Gebäudedaten ermittelt werden, für die mehreren Flächenangaben zur Verfügung standen.

Im Anhang sind darüber hinaus Umrechnungsfaktoren aus unterschiedlichen Quellen dokumentiert. Aus dem Bereich der Baukostenschätzung sind sehr tief nach Gebäudearten differenzierte Umrechnungsfaktoren vorhanden, die hier – soweit keine eigenen Umrechnungsfaktoren verfügbar waren – zu Umrechnungszwecken verwendet wurden.

Diese Flächenumrechnungsfaktoren können auch verwendet werden, um zwischen den hier in dieser Arbeit ausgewiesenen Verbrauchskennwerten und Verbrauchskennwerten mit anderen Flächenbezügen eine Vergleichbarkeit herzustellen.

Bei einer Verwendung der hier aufgeführten Umrechnungsfaktoren sollte aber beachtet werden, dass es sich dabei um

Mittelwerte handelt, die im Einzelfall – besonders bei untypischer oder besonderer Bauweise – deutlich unterschiedlich ausfallen können. Insofern ist einer direkten Berechnung der Bezugsfläche wegen der höheren Genauigkeit der Vorzug zu geben.

Tab. 12: Verwendete Flächenumrechnungsfaktoren				
Gebäudegruppe	HNF %	NF %	NGF %	BGF %
Gerichtsgebäude	42	59	82	100
Verwaltungsgebäude	48	61	87	100
Geb. für wiss. Lehre und Forschung	53	61	84	100
Schulen	59	66	89	100
Kindergärten	50	66	84	100
Kindertagesstätten	50	66	84	100
Turn-/Sporthallen	64	77	91	100
Mehrzweckhallen	62	75	90	100
Wohnheime	50	65	84	100
Betreuungseinrichtungen	58	66	85	100
Beherbergungseinrichtungen	58	68	88	100
Geb. für öffentl. Bereitschaftsdienste	61	74	88	100
Feuerwehren	53	77	86	100
Gemeinschaftshäuser	58	72	88	100

3. AUSWERTUNG/METHODE

Als Ergebnis der Datenauswertung wurden in diesem Bericht als statistische Kenngrößen der **Stichprobenumfang**, das **arithmetische Mittel**, das **untere Quartilmittel**, der **Modalwert** (häufigster Wert, dichtester Wert, Modus x_d), die **Standardabweichung** und der **Flächendurchschnitt** der Kennwerte für den spezifischen jährlichen Verbrauch von Heizenergie, Strom und Wasser für unterschiedliche Gebäudegruppen und -arten ermittelt.

Für die statistische Auswertung bleiben alle Kennwerte mit 0 und die obersten 5 % der Kennwerte unberücksichtigt.

Das **arithmetische Mittel** berechnet sich aus der Summe aller Verbräuche geteilt

durch die Summe aller Flächen und nicht aus der Mittelung der errechneten Kennwerte.

Der **untere Quartilmittelwert** wird als Richtwert im Sinne von VDI 3807 Blatt 1 ermittelt. Dieser Kennwert ist als Richtwert geeignet, da er empirisch belegbar ist (es gibt tatsächlich Gebäude mit diesem Kennwert) und weil eine theoretische Bestimmung von Zielwerten ansonsten methodisch problematisch ist. Der untere Quartilmittelwert ergibt sich als arithmetisches Mittel der unteren 25 % aller Daten der aufsteigend sortierten Kennwerte (ohne 0-Werte).

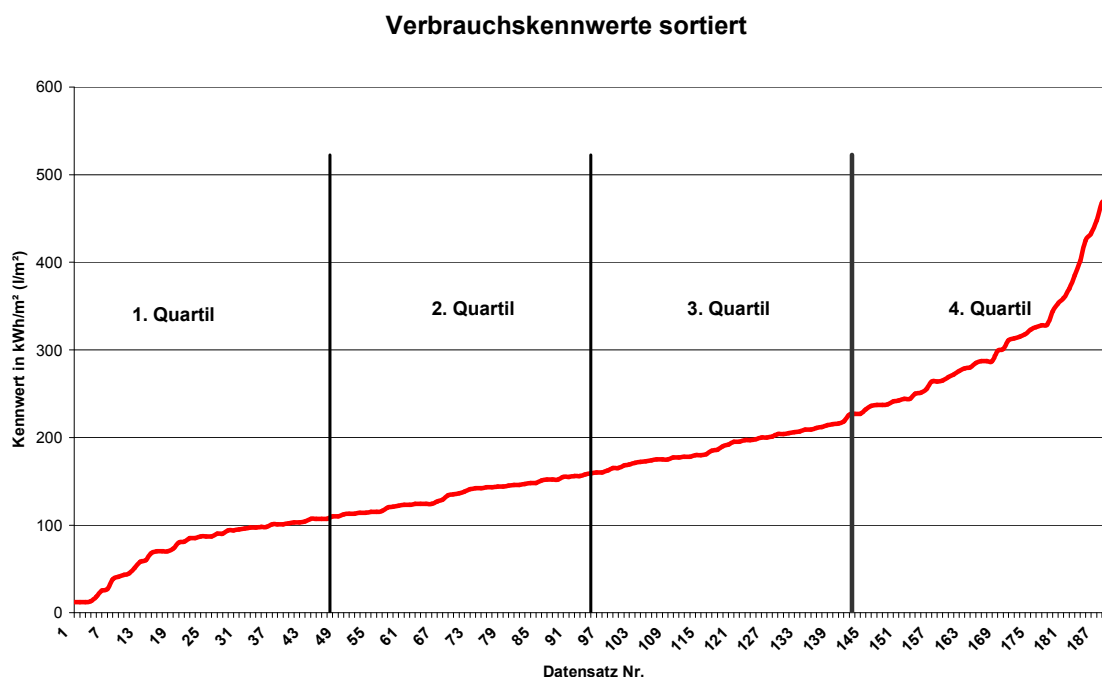


Abb. 4: Aufsteigend sortierte Verbrauchskennwerte – Quartile

Zur Bestimmung des **Modalwertes** werden die einzelnen Verbrauchskennwerte auf jeweils gleich große Klassen aufgeteilt. Die Klasse mit der größten Zahl von Da-

tensätzen ergibt den jeweiligen Modalwert als arithmetisches Mittel von Ober- und Untergrenze der Klasse.

Häufigkeitsverteilung von Kennwerten und statistische Kenngrößen

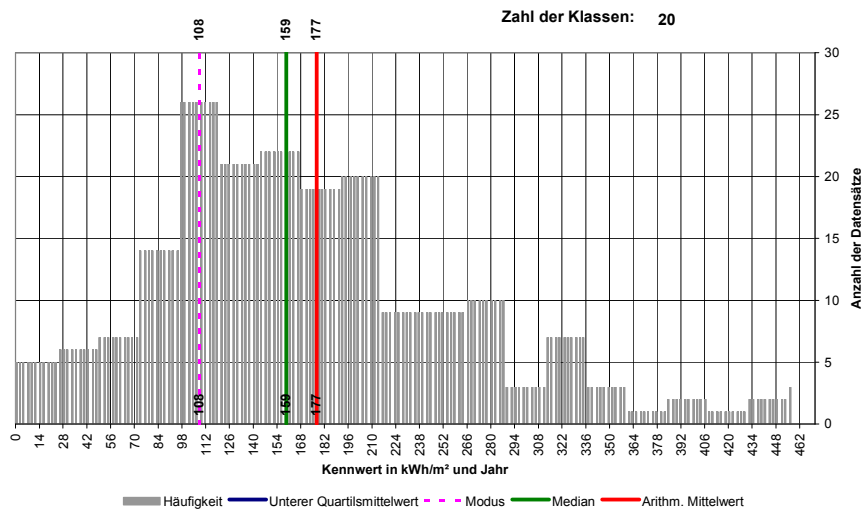


Abb. 5: Häufigkeitsverteilung von Verbrauchskennwerten und statistische Kenngrößen – linksschiefe Verteilung

Ergeben sich für eine gewählte Klassenbreite mehrere am häufigsten belegte Klassen mit jeweils gleich vielen Datensätzen, wird aus diesen Klassen ein Mittelwert gebildet. In den Kennwerteberichten 1996 und 1999 haben wir mit der festen Zahl von 20 Klassen gerechnet, um über ein einheitliches Verfahren Ergeb-

nismomanipulationen auszuschließen. Bei einer Änderung der Zahl der Klassen (Gruppen), auf die die einzelnen Kennwerte aufgeteilt werden, kann sich durchaus auch die Klassenaufteilung verändern, und damit auch der Modalwert.

Häufigkeitsverteilung von Kennwerten und statistische Kenngrößen

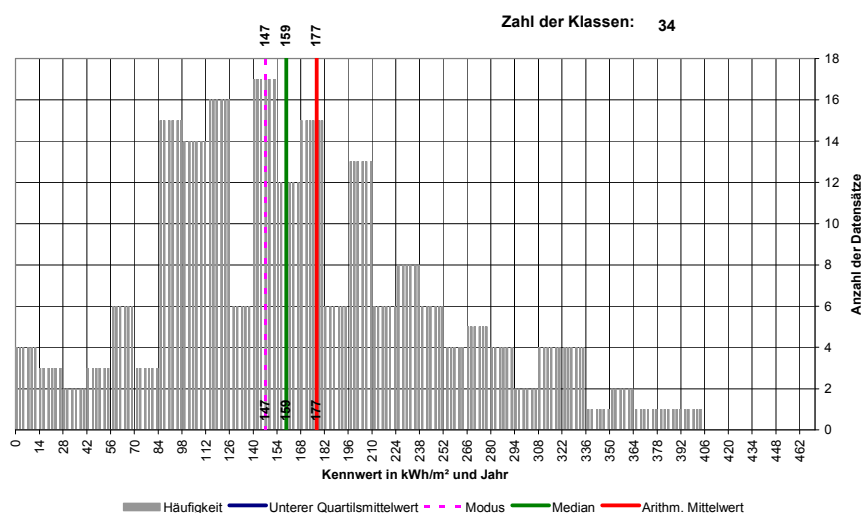


Abb. 6: Häufigkeitsverteilung von Verbrauchskennwerten und statistische Kenngrößen – Modalwert bei 34 Klassen (Gruppen)

In der Konsequenz haben wir für diesen Kennwertebericht nach neuen statistischen Verfahren für die Bestimmung eines Mittelwerts bei links- bzw. rechtsschiefen Verteilungen gesucht.

Wir haben uns schließlich für ein Verfahren entschieden, bei dem die Zahl der Klassen zwischen 5 und 60 variiert und für

jede Variante ein Modalwert berechnet wird.

Wir weisen als Modalwert in diesem Bericht den gleitenden Modalwert aus, der sich als Mittelwert der Modalwerte bei einer Variation der Klassenzahl von 5 bis 60 ergibt.

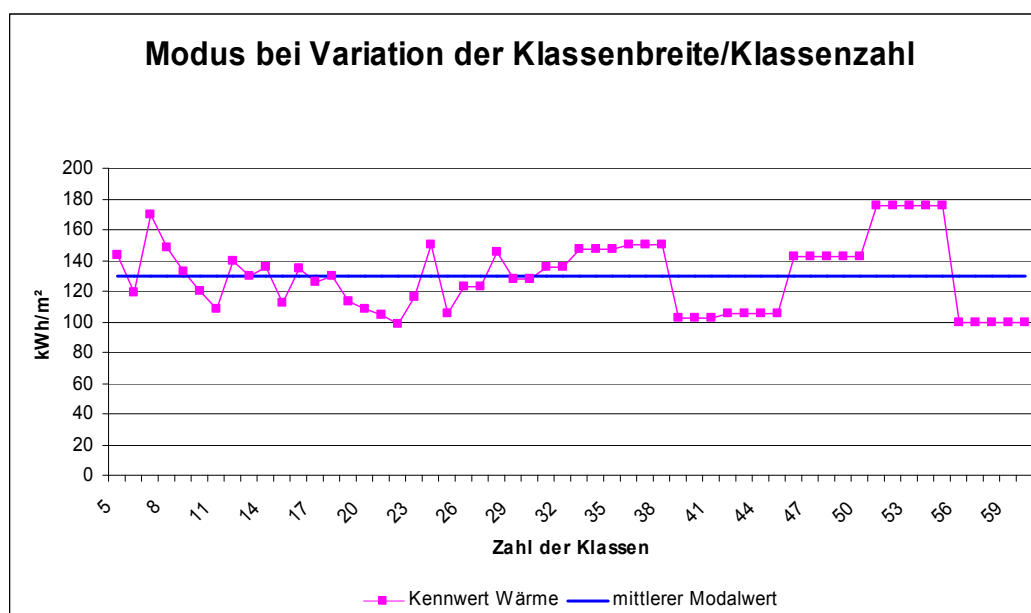


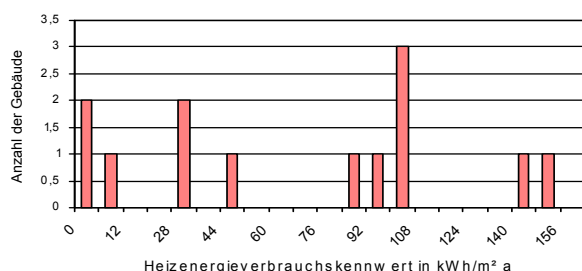
Abb. 7: Modalwert bei Variation der Klassenzahl und mittlerer Modalwert

Als mittlerer Vergleichswert ist der Modalwert in der Regel besser geeignet als das arithmetische Mittel, weil bei einer links-schiefen Verteilung das arithmetische Mittel wegen der Ausreißer deutlich überhöht ist. Hinzu kommt, dass beim Modus die Kennwerte eines jeden Gebäudes gleich stark und unabhängig von der Gebäudefläche gewichtet werden, während beim arithmetischen Mittel die flächengrößeren Gebäude stärker gewichtet werden. Die Heranziehung des Modalwertes bedarf bei geringem Stichprobenumfang und bei

Verteilungen, die aufgrund ihrer Streuung stark von der Normalverteilung abweichen, einer differenzierten und auf den Einzelfall ausgerichteten Betrachtungsweise und ist dann als Orientierungswert nicht ohne weiteres geeignet. In solchen Fällen (siehe nachfolgendes Beispiel) ist das arithmetische Mittel für Vergleiche heranzuziehen.

In den Abbildungen und Auswertungstabellen wird deshalb der Modus in den Fällen, in denen er keine sinnvolle Orientierung bietet, nicht angegeben (k.A. für keine Angabe).

752500 Güter-/Lagerhallen



Anzahl Daten	: 13 St.
Arithmetisches Mittel	: 51 kWh/m² a
Unteres Quartilsmittel	: 6 kWh/m² a
Median	: 90 kWh/m² a
Modus	: 108 kWh/m² a
Standardabweichung	: 57 kWh/m² a
Flächendurchschnitt	: 1.574 m²

Abb. 8: Häufigkeitsverteilung mit stark gestreuter Verteilung und geringem Stichprobenumfang

4. ERGEBNISSE

Die Verbrauchskennwerte Wärme, Strom und Wasser werden zunächst für ausgewählte Gebäudegruppen und Gebäudearten in tabellarischen Übersichten zusammengefasst.

Die Tabellen weisen in den einzelnen Spalten die folgenden Merkmale auf:

- ages Bauwerkszuordnungsnummer
- Bezeichnung von Gebäudeart/-gruppe
- Stichprobenumfang
- Verbrauchskennwert - arithmetisches Mittel
- Verbrauchskennwert - unteres Quartilsmittel
- Verbrauchskennwert - Median
- Verbrauchskennwert - gleitender Modalwert
- Verbrauchskennwert – Standardabweichung
- mittlere Fläche in m² BGF (bei Krankenhäusern mittlere Bettenzahl, bei Bädern m² Beckenoberfläche)

Die graphische Darstellungen der Häufigkeitsverteilungen sind in den Anhängen dokumentiert.

Bei einem Vergleich der hier aufgeführten Verbrauchskennwerte mit anderen Kennwerten sollten folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Sind die Kennwerte mit der BGF gebildet worden?
- Wurden die Verbräuche für Strom und Wasser zeitbereinigt?
- Wurde der Heizenergieverbrauch auf das langjährige Mittel von Würzburg bereinigt?
- Liegen Sonder- oder Mischnutzungen vor?
- Liegt eine Sonderausstattung vor?
- Werden sonstige Verbraucher mit versorgt?

ÜBERSICHT ZUM ANHANG

Häufigkeitsverteilung der Verbrauchskennwerte	Anhang 1
Häufigkeitsverteilung der elektrischen Leistungskennwerte	Anhang 2
Kennwertevergleich 1999-1996	Anhang 3
Verbrauchskennwert in Abhängigkeit der Gebäudefläche	Anhang 4
Häufigkeitsverteilung der Gebäudeflächen	Anhang 5
Kennwertevergleich verschiedener Schularten	Anhang 6
Heizenergieverbrauchskennwerte in Abhängigkeit des Baujahrs	Anhang 7
Heizenergieverbrauchskennwert evH in Abhängigkeit der Vollbenutzungsstunden	Anhang 8
Stromverbrauchskennwert evS in Abhängigkeit der Vollbenutzungsstunden	Anhang 9
Elektrischer Leistungskennwert in Abhängigkeit der Vollbenutzungsstunden	Anhang 10
Elektrischer Leistungskennwert in Abhängigkeit des Stromverbrauchskennwertes	Anhang 11
Heizenergieverbrauchskennwert evH in Abhängigkeit des Stromverbrauchskennwertes evS	Anhang 12
Umrechnungsfaktoren zur Berechnung der Bruttogrundfläche	Anhang 13
Gegenüberstellung verschiedener Bauwerkszuordnungskataloge	Anhang 14
Datenbestand	Anhang 15