

Energie und Verbrauchskennwerte von Gebäuden in der Bundesrepublik Deutschland

ages - Forschungsprojekt gefördert aus Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt
Münster, den 14.11.1996

1. Kurzfassung des Gesamtvorhabens

2. Aktuelle Problemstellung

3. Arbeitsablauf

3.1 Datenherkunft

3.2 Datenbestand

3.2 Merkmale

3.3 Datenaufbereitung

3.3.1 EDV Programm "KENNWERT"

3.3.2 Witterungsbereinigung

3.3.3 Bauwerkszuordnung

3.3.4 Flächenumrechnung

3.3.6 Kennwertebildung

4. Auswertung/Methode

5. Ergebnisse

5.1 Kennwerte nach Gebäudegruppen

5.1.2 Heizenergieverbrauchskennwert e_{vH}

5.1.1 Stromverbrauchskennwert e_{vS}

5.1.3 Wasserverbrauchskennwert e_{vW}

5.2 Kennwerte nach Gebäudearten

5.3 Kennwerte nach Gebäudefläche

5.3.1 Gebäudegruppe

5.3.2 Gebäudeart

5.4 Flächenverteilung

5.4.1 Gebäudegruppe

5.5 Wärmekennwert in Abhängigkeit der Vollbenutzungsstunden

5.7 Energieträger

5.7.1 Verteilung der Energieträger bezogen auf alle Gebäude

5.7.2 Verteilung der Energieträger differenziert nach Gebäudegruppen

5.8 Wärmekennwert differenziert nach Energieträgern

5.8.1 Auswertung aller Gebäude

5.8.2 Auswertung nach Gebäudegruppen

5.8.3 Auswertung nach Gebäudearten

5.9 Wärmekennwert zu Stromkennwert

5.10 Elektrischer Leistungskennwert

Gebäudegruppen

Gebäudearten

6. Fortführung/Perspektiven

Literatur

Impressum

Vorwort

Wir möchten uns an dieser Stelle noch einmal bei allen denjenigen bedanken, die ein Zustandekommen dieser Arbeit überhaupt erst ermöglicht haben.

Ohne die finanzielle Unterstützung durch die Deutsche Bundestiftung Umwelt - Osnabrück wäre die arbeits- und kostenintensive Datensammlung und Datenaufbereitung nicht möglich gewesen.

Über Fachgespräche und die Zurverfügungstellung von Daten, Hinweise auf andere Datenquellen haben wir wertvolle Unterstützung aus den VDI-Arbeitskreisen 3807 Blatt 1 und 2 erhalten.

Ohne die seit Jahren teilweise mit viel persönlichem Engagement durchgeführte Erhebung und Aufbereitung von Daten im Rahmen der Bewirtschaftung von Liegenschaften im Zuständigkeitsbereich von Kommunen, Bundesländern und beim Bund würden uns die für diese Untersuchung so wichtigen Zahlen als Datengrundlage fehlen.

Wir hoffen insofern, daß diese Arbeit auch eine Unterstützung derjenigen darstellt, die uns bei der Erstellung dieser Arbeit behilflich waren.

Münster, November 1996

1. Kurzfassung des Gesamtvorhabens

Im Rahmen dieses von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Projektes wurden auf der Grundlage empirischer Daten Energie- und Wasserverbrauchskennwerte von Gebäuden nach der Methode der VDI-Richtlinie 3807 Blatt 1 ermittelt.

Danach werden für die Bildung der Kennwerte die Verbräuche eines vollen Jahres zugrunde gelegt und - in der Regel - auf die beheizbare Bruttogrundfläche (BGFa) nach DIN 277 bezogen. Die Wärmeverbrauchskennwerte wurden über die GT15 des jeweiligen Standorts auf das langjährige Mittel der GT15 von Würzburg (2.524) bereinigt.

Die Bildung der Kennwerte erfolgte für unterschiedliche Gebäudearten und Gebäudegruppen. Sofern es die Datenlage zuließ, wurde der Einfluß weiterer Einflussfaktoren (z.B. Gebäudegröße, Energieträger) untersucht.

Gegenüber den bislang vorliegenden Untersuchungen zeichnet sich das Projekt dadurch aus, daß:

- die Datenbasis sowohl hinsichtlich der Zahl der Datensätze (mehr als 6.500 Objekte) als auch bezogen auf die Gebäudearten weitaus umfassender ist als bislang vorliegende Untersuchungen zu Energiekennwerten,
- bundesweit Daten herangezogen werden,
- Kennwerte nach VDI 3807 gebildet werden,
- mit Verbrauchswerten überwiegend aus den Jahren 1992 bis 1994 eine aktuelle Datenbasis zugrunde liegt
- eine differenzierte statistische Auswertung der Daten erfolgt und dadurch daß
- das Projekt fortschreibbar angelegt ist.

Dieses Projekt leistet insofern u.a. einen Beitrag dazu, über eine Verbreitung des Energiekennwerten-Verfahrens die Datenbasis für eine Fortschreibung zu verbessern.

Die im Rahmen dieses Projektes verwendeten Methoden der statistischen Auswertung und die hier entwickelten EDV-Routinen erleichtern darüber hinaus in Zukunft eine regelmäßige Fortschreibung der Daten.

2. Aktuelle Problemstellung

Energieverbrauchskennwerte (EKW) geben den spezifischen Jahresenergieverbrauch 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,
- die grobe Beurteilung des Energieverbrauchs von geplanten Neubauten.

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

In der Schweiz wird seit Mitte der 70er Jahre mit Energieverbrauchskennwerten gearbeitet. Dort liegen inzwischen auch eine Reihe von empirischen Untersuchungen zu Energieverbrauchskennwerten einzelner Gebäudegruppen und Gebäudetypen vor //.

Um ein einheitliches Verfahren für die Bildung von Energieverbrauchskennwerten herzustellen, wurde 1982 die Empfehlung SIA 180/4 vom Schweizer Ingenieur- und Architekten-Verein // herausgegeben. Die guten Erfahrungen in der Arbeit mit Energieverbrauchskennwerten schlagen sich auch in der SIA 380/1 des Schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Vereins nieder, in der Energieverbrauchskennwerte für Strom und Wärme bei unterschiedlichen Gebäudetypen zu Zielgrößen für die Planung bei Neubauten und bei der Sanierung von Altbauten gemacht werden //.

In der Bundesrepublik Deutschland hat die Arbeit mit Energieverbrauchskennwerten bislang nicht die Bedeutung wie in der Schweiz. Insbesondere wurden in der Praxis sehr unterschiedliche Verfahren (Bezugsflächen, Witterungsbereinigung) für die Bildung von EKW herangezogen, was die Vergleichbarkeit der Daten beschränkt.

Von seiten des VDI wurde deshalb mit der VDI 3807 eine Richtlinie erarbeitet, die in Blatt 1 ein einheitliches Verfahren für die Ermittlung von EKW beschreibt (Gründruck 8/92, Weißdruck 6/94). Auch von seiten des AMEV liegt bereits seit 1992 ein Verfahren für die Bildung von Verbrauchskennwerten vor .

Die zunehmende Bedeutung, die Kennwerteverfahren eingeräumt wird, läßt sich auch an der neuen Wärmeschutzverordnung (WSCHVO95) erkennen, wo nicht mehr direkte Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz formuliert worden sind, sondern Verbrauchskennwerte die Bezugsgröße bilden. In ähnliche Richtung geht die zunehmend geforderte Erstellung eines Wärmepasses für Gebäude.

Bei der Bewirtschaftung von Kommunalbauten, Landes- und Bundesliegenschaften sind in den vergangenen fünf Jahren über den Einsatz spezielle EDV Kennwerteverfahren zunehmend zum Einsatz gekommen, wobei sich die Verfahren immer mehr angleichen.

Durch ein 1996 eingeführtes einheitliches EDV-Verfahren bei der Bewirtschaftung von Landes- und Bundesliegenschaften wird sich in Zukunft eine erhebliche Verbesserung der Datenlage für die Anwendung von Kennwerteverfahren ergeben.

Bislang fehlten aber noch für die Bundesrepublik Deutschland weitgehend belastbare Daten über Energieverbrauchskennwerte unterschiedlicher Gebäudearten.

Empirische Untersuchungen zu EKW von Gebäuden in der Bundesrepublik Deutschland sind nicht nur vergleichsweise selten, sie sind zudem aufgrund der sehr unterschiedlichen methodischen Ansätze nur eingeschränkt verwendbar. Insbesondere fehlen belastbare empirische Daten, die auf der Grundlage der VDI 3807 Blatt 1 aufgenommen und aufbereitet worden sind.

In der Praxis ist die Kenntnis empirisch gewonnener Kennwerte von großer Bedeutung, um die eigenen Gebäudebestände in ihrem energetischen Verhalten beurteilen zu können. Zudem ist das Vorliegen solcher Daten einer breiteren Anwendung des Energiekennwerteverfahrens zuträglich. Beim VDI sind deshalb die Blätter 2 und 3 der Richtlinie 3807 in Arbeit, in denen für die Kennwerte des Energie- und Wasserverbrauchs verschiedener Gebäudearten Mittel- und Richtwerte benannt werden.

3. Arbeitsablauf

Im Rahmen dieser Arbeit wurden auf der Grundlage empirischer Daten von mehr als 6.500 Gebäuden Energieverbrauchskennwerte nach der Methode der VDI 3807 Blatt 1 ermittelt.

Eine Unterscheidung der Verbrauchskennwerte erfolgte dabei für unterschiedliche Gebäudearten.

Arbeitsablauf und Arbeitsumfang stellten sich folgendermaßen dar:

1. Datensammlung
2. Überprüfung der Daten
3. Dateneingabe in EDV
4. Erneute Überprüfung der Daten
5. Statistische Auswertung der Daten auf EKW

- Mittelwerte

arithmetisches Mittel

Modalwert (häufigster Wert)

- Standardabweichung

- Häufigkeitsverteilung

6. Erstellung des Abschlußberichtes

Aufbau und Ablauf der Arbeit wurden so konzipiert und durchgeführt, daß ein fortschreibbares System für die Ermittlung von EKW entstanden ist.

3.1 Datenherkunft

Für die Bildung von Energieverbrauchskennwerten wurden die folgenden Datenbestände genutzt:

- Gebäude- und Verbrauchsdaten kommunaler öffentlicher Gebäude aus örtlichen Energiekonzepten,
- Gebäude- und Verbrauchsdaten kommunaler öffentlicher Gebäude in denen das Energiebewirtschaftungsprogramm ekomm eingesetzt wird,
- Gebäude- und Verbrauchsdaten aus dem Kreis der Mitglieder des VDI-Richtlinienausschusses 3807 Blatt 2.
- Gebäude- und Verbrauchsdaten von Liegenschaften im Zuständigkeitsbereich von sonstigen Kommunen, Kreisen und Bundesländern
- Gebäude- und Verbrauchsdaten von Liegenschaften aus sonstigen Untersuchungen

3.2 Datenbestand

Die im Frühsommer 1995 begonnene schriftlichen Datenanfragen bei den o.a. Quellen wurden in den folgenden Monaten mehrfach wiederholt und durch telefonische Anfrage ergänzt. Nach anfänglich sehr zögerlichem Dateneingang, hat sich das Projekt inzwischen herumgesprochen und stößt auf eine größere Akzeptanz, so daß uns auch weiterhin Daten angeboten bzw. direkt zugeschickt werden.

Von den ca. 15.000 zugesagten Objektdaten haben wir bis August 1996 etwa 10.000 Objektdaten tatsächlich erhalten. Davon waren 6.929 Objektdaten aus 66 Quellen für weitergehende Auswertungen verwendbar. Dafür liegen insgesamt 14.561 Verbrauchsdaten (Wärme 5.891, Strom 5.067, Wasser 3.603) zu Verfügung. Die Verbrauchsdaten beziehen sich überwiegend auf die Verbräuche in den Jahren 1992 bis 1994.

	Objekte	Verbrauchsdaten			Flächenangaben		
		Anzahl	Wärme	Strom	Wasser	BGF	HNF
Angekündigte Daten	15.000						
Gelieferte Daten	10.000						
nach Quellen	6.929	5.891	5.067	3.603	2.597	2.268	5.271
Angabe Gebäudeart							
Zuordnung G-gruppe							

Tab.1: Datenherkunft

Bei den Flächen standen nur bei ca. 2.600 Objekten Angaben zur BGF zur Verfügung (37%). In vergleichbarer Größenordnung liegt die HNF als Flächenangabe. Bei den sonstigen Flächen dominiert die Nutzfläche. Hier sind auch Bezugsgrößen wie Bettenzahl bei Krankenhäusern oder Beckenoberfläche bei Bädern berücksichtigt. Objekte mit unklaren Flächenangaben (z.B. Reinigungsflächen) wurden nicht mit in die Auswertungen einbezogen.

Da für einzelne Objekte teilweise mehrere Flächenangaben zur Verfügung standen, konnten unter Verwendung der Daten auch Umrechnungsfaktoren bestimmt werden. Bei den Daten handelt es sich vorwiegend um Daten von öffentlichen Gebäuden in Trägerschaft von Bund, Ländern und Gemeinden. Darüber hinaus umfaßt der Gebäudekatalog z.B. auch Verkaufsstätten und Wohngebäude. Bei den öffentlichen Gebäuden sind Daten von Gebäudearten vorhanden wie Verwaltungs- und Bürogebäude, Bäder und Krankenhäuser. Damit sind die Ergebnisse der Untersuchung nicht nur für öffentliche Einrichtungen verwendbar, sondern auch darüber hinaus nutzbar.

Die Gebäude wurden entsprechend dem Bauwerkzuordnungskatalog der Arge Bau typisiert und sowohl einer Gebäudeart als auch einer Gebäudegruppe zugewiesen. Insgesamt liegen Objektdaten zu 200 unterschiedlichen Gebäudearten vor, die zu 35 Gebäudegruppen zusammengefaßt wurden.

Die Datensammlung erwies sich als deutlich schwieriger als aus Vorläuferprojekten erwartet. Gegenüber einer von uns 1989 durchgeführten Umfrage ist zwar die Zahl

der Kommunen, für die Energiekonzepte erstellt worden sind oder wo eine Energiebewirtschaftung der öffentlichen Einrichtungen erfolgt, deutlich gestiegen. Die Bereitschaft auf Seiten der Kommunen diese Daten kostenfrei zu überlassen oder auch mit nur geringem Aufwand aufzubereiten, hat stark nachgelassen. Zudem stellte sich bei näherer Betrachtung teilweise heraus, daß viele Daten wegen unpräziser Flächenangaben (z.B. Reinigungsflächen) nicht verwendbar waren.

Als besonderes Problem bei der Lieferung von Daten für Liegenschaft von Bund und Ländern erwies sich die gerade erfolgte Umstellung der Energiebewirtschaftung auf ein neues EDV-Programm. Dadurch waren die alten Daten teilweise nicht mehr und die neuen Daten noch nicht verfügbar.

Die Datenherkunft verteilt sich folgendermaßen:

- 10% aus örtlichen Energieversorgungskonzepten
- 17% von Anwendern des Energiebewirtschaftungsprogramms ekomm
- 3% Bundesliegenschaften
- 19% Landesliegenschaften
- 13% aus Studien und sonstigen Untersuchungen
- 6% aus dem VDI Richtlinienausschuß 3807 Blatt 2
- 31% direkt von Kommunen

Abb. 1: Datenherkunft nach Quellen

Die Auswahl der Daten ist insofern statistisch nicht repräsentativ, weil nur von solchen Gebäuden Daten berücksichtigt werden konnten, wo entsprechende Daten auch bereitgestellt wurden. Das ist aber vielfach nur dort der Fall, wo neben der Aufnahme von Verbrauchs- und Flächendaten auch bereits weitergehende Aktivitäten zur Senkung des Energieverbrauchs erfolgt sind. Das schränkt den Wert dieser Daten nur für bestimmte Anwendungen ein (z.H. 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 zugrunde liegenden Datenbestände sind nach Gebäudearten und Gebäudegruppen differenziert im Anhang dokumentiert.

3.2 Merkmale

Für die Bildung der Energieverbrauchskennwerte und in Hinblick auf weitergehende Auswertungen wurde ein sehr umfangreiches Datenprofil abgefragt.

Objektdaten		Technikdaten	
fett geschrieben sind die unbedingt		20	Technisierungsgrad
(erforderlichen Angaben)		21	Lüftung
10		22	Klimatisierung

101	Baujahr	23	Heizanlage
102	Bauweise	231	Kesselleistung in kW
103	Anmerkung	232	Brennerleistung in kW
104	mittlerer k-Wert	233	Jahresnutzungsgrad
11	Gebäudeart Text	234	Baujahr Kessel
12	Gebäudeart Schlüssel	235	Baujahr Brenner
13	Energiebezugsfläche VDI 3807		
14	HNF	Verbrauchsdaten	
15	Wohnfläche	30	Bezugsjahr
16	Sonstige Fläche	301	Zeitraum (z.B. 1.1 - 31.12./1.10 - 30.9.)
161	Art sonstige Fläche	310	Jahresverbrauch Strom in kWh
17	Sonstiger Bezug	311	Jahreshöchstleistung Strom in kW
171	Art sonstiger Bezug	32	Jahresverbrauch Wärme
18	Standort	321	eingesetzte(r) Energieträger für die Wärmeversorgung
19	Klimazone	322	Umrechnungsfaktoren in kWh(Ho)
		33	Jahresverbrauch Wasser in m3

Tab.2: Datenanfrage - abgefragte Merkmale

Das umfangreiche Datenprofil blieb bis auf wenige Ausnahmen in weiten Teilen unbeantwortet. In der Regel liegen Angaben zu den Flächen, der Gebäudenutzung und den Verbräuchen von Strom, Wärme und Wasser mit den entsprechenden Bezugsjahren vor.

Merkmal	Angaben	Merkmal	Angaben
Objektbezeichnung	6931	Brennerleistung	808
Baujahr	314	Bezugsjahr Verbrauch	6930
Quelle	6929	Verbrauch von	6888
Gebäudeart	6913	Verbrauch bis	6888
Energiebezugsfläche	2598	Jahresverbrauch Strom	5068
Hauptnutzfläche	2268	Jahreshöchstleistung	353
Nutzfläche	1345	Jahresverbrauch Wärme	5892
Netto Grundfläche	221	Energieträger	3570
Sonstige Fläche	3705	Umrechnungsfaktor	2460
Sonstiger Bezug	582	Jahresverbrauch Wasser	3603
Standort	6053	Energieart Wärme	1573
Klimazone	6925	Kennwert Strom	4139
Heizung	20	Kennwert Wärme	4903

Kesselleistung	165	Kennwert Wasser	3094
----------------	-----	-----------------	------

Tab. 3: Datenbestände - angegebene Datenmerkmale

Es zeigte sich bei der Datenanfrage, daß Aufbau und Pflege qualifizierter Datenbestände in Form von Gebäudedateien eher noch die Ausnahme sind aber als sinnvolle Aufgabe akzeptiert werden. Durch die Einführung von neuen EDV-Systemen zur Betriebsüberwachung bedingt wird sich hier die Qualität und Verfügbarkeit von Daten in Zukunft grundsätzlich verbessern.

3.3 Datenaufbereitung

Die Gebäudedaten wurden mit Hilfe eines eigens zu diesem Zweck erstellten Datenbankprogramms verwaltet und ausgewertet. Nach Stimmigkeitsprüfung der Daten erfolgte die Dateneingabe per Hand, oder - bei Anlieferung der Daten auf Datenträger - über eine Importfunktion.

Neben der direkten Übernahme der für den Gebäudedatensatz relevanten Merkmale wie Flächenangaben und Verbrauchswerte, wurde jedes Gebäude einer Klimazone und, sofern nicht vom Datenlieferant vorgegeben, einer Gebäudeart und einer Gebäudegruppe zugeordnet

3.3.1 EDV Programm "Kennwert"

Für die Datenverwaltung und -auswertung wurde das auf einem Personal-Computer lauffähige Programm "KENNWERT" entwickelt. Die Datenverwaltung erfolgt in einem relationalen Datenbanksystem.

Die Gebäude werden in einem hierarchischem Verfahren zunächst einer Gebäudeart, dann einer Gebäudegruppe zugeordnet. Während die Gebäudearten für jeden einzelnen Datensatz eingegeben werden können, erfolgt die Zuordnung zu einer Gebäudegruppe automatisch. Die Festlegung, welche Gebäudearten in eine Gruppe zusammengefaßt werden, ist variabel. Diese Funktionalität wird dem Umstand gerecht, daß es noch keinen einheitlichen Bauwerkszuordnungskatalog gibt, d.h. es können Auswertungen für unterschiedliche Bauwerkszuordnungen vorgenommen werden.

Abb.2: Screenshot Menü Programm Kennwerte

Für die Datensichtung und -auswertung lassen sich umfangreiche Filterbedingungen eingeben und miteinander verknüpfen. So z.B. die Auswahl einer oder mehrerer Gebäudearten, eine Gebäudeart mit Angabe von Flächengrenzen oder -intervallen, die Beschränkung auf einen Energieträger etc. Für die durch Filterbedingungen ausgewählten Datensätze existiert eine Exportfunktion, so daß die Weiterverarbeitung dieser Daten mit anderen Programmen möglich ist.

Zur Kennwertbildung nach VDI 3807 ist die Angabe der Brutto-Grundfläche notwendig. Bei Datensätzen, bei denen diese Angabe fehlt, kann eine automatische Berechnung aus den vorhandenen Flächenangaben - HNF, NF oder NGF - gemäß den vorgegebenen Umrechnungsfaktoren für die jeweilige Gebäudeart erfolgen.

Bei der anschließenden Kennwertberechnung kann gewählt werden, ob die Datensätze mit der so ermittelten BGF in den Rechendurchlauf mit einbezogen werden sollen oder nicht. Das Programm läßt für die Kennwertberechnung alternative die Wahl verschiedener Bezugsflächen zu, darüber hinaus auch sonstige Bezüge, wie z.B. die Bettenanzahl bei Krankenhäusern.

Bei der Witterungsbereinigung der Heizenergieverbräuche kann zwischen unterschiedlichen Verfahren gewählt werden.

Bei der Auswertung der Daten werden Modalwert, arithmetisches Mittel, Standardabweichung, unteres Quartilmittel, Stichprobenumfang und die mittlere Fläche ermittelt. Für die Darstellung und Auswertung von Häufigkeitsverteilungen klassifizierter Verbrauchskennwerte können die Zahl der Klassen und Klassengröße frei gewählt werden. Die Ergebnisse können um Ausreißer bereinigt werden, indem durch Voreinstellung z.B. die obersten 5% der aufsteigend sortierten Verbrauchskennwerte aus der Berechnung herausgenommen werden (freie Definition der Obergrenzen).

Die Ergebnisse können tabellarisch und grafisch auf dem Bildschirm dargestellt, gedruckt oder als Datei exportiert werden.

3.3.2 Witterungsbereinigung

Zur Herstellung einer Vergleichbarkeit der Heizenergieverbräuche unterschiedlicher Jahre und unterschiedlicher räumlicher Lagen der Gebäude wurden die Heizenergieverbräuche nach VDI 3807 Blatt 1 bereinigt. Dabei wurden die Heizenergieverbräuche jeweils durch die G_{15} der maßgeblichen Klimazone im Bezugsjahr geteilt und mit dem langjährigen Mittel der G_{15} von Würzburg (2.524) multipliziert. Nur durch den Bezug auf einen Klimastandort werden die aus unterschiedlichen Regionen stammenden Heizenergieverbräuche vergleichbar.

Der Heizenergieverbrauch von Bädern, Krankenhäusern und Kaufhäuser blieb unbereinigt, da der Wärmebedarf dort vorwiegend anderen Bestimmungsgrößen unterliegt.

3.3.3 Bauwerkszuordnung

Die Verwendung von Verbrauchskennwerten ist im Grund genommen nur zulässig, wenn die Kennwerten von Gebäuden gleicher Bauweise, technischer Ausstattung und Nutzung miteinander verglichen werden. Für die Bildung von Richt- und Mittelwerten sind zur Zeit aber solch differenzierte Gebäudedaten mit Angaben zur technischen Ausstattung und Nutzung einzelnen Objekte in ausreichendem Maße nicht verfügbar.

In der praktischen Anwendung müßte dann zudem für jedes einzelne Objekt ein SOLL-Verbrauchskennwert entsprechend Bauweise, technischer Ausstattung und Nutzung ermittelt und dem IST-Verbrauchskennwert gegenüber gestellt werden.

Deshalb erfolgt hilfsweise eine Typisierung von Gebäuden nach Gebäudearten und Gebäudegruppen. Ein Gebäudetyp (z.B. Schule, Verwaltungsgebäude) ist im Normalfall mit einer typischen Bauweise, Gebäudegröße, Nutzung und Ausstattung verbunden. Gerade bei öffentlichen Bauten eine gewisse Homogenität (Gleichartigkeit) feststellbar.

Wir unterscheiden hier in einem zweistufiges Verfahren zwischen Gebäudearten und Gebäudegruppen. Zu beiden Fällen wurde die Systematik des Bauwerkszuordnungskataloges der ARGE BAU (Stand 1991) zugrunde gelegt.

Zunächst wurden alle Objekte einer Gebäudeart zugeordnet. Dies erfolgte unter Verwendung der von den Datenlieferanten gewählten Klassifizierungen und Bezeichnungen. Von den insgesamt 350 Gebäudearten des BWZ liegen im Rahmen dieser Untersuchung Daten für 88 Gebäudearte vor.

Zudem erfolgte für die Auswertungen eine Zusammenfassung der Gebäudearten zu Gebäudegruppen. Die Zusammenfassung der Gebäudearten zu Gruppen orientiert sich dabei an der Systematik des Richtlinienausschusses VDI 3807 Blatt 2. Dies geschah aus Gründen der Übersichtlichkeit und weil so eine statistische Auswertung

von Kennwerten möglich wurde, wo andernfalls der Stichprobenumfang zu gering war.

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

Für zukünftige Untersuchungen zu Verbrauchskennwerten, aber auch für die praktische Anwendung wäre eine einheitliche Zuordnung von Gebäuden nach einem differenzierten Bauwerkszuordnungskatalog zu begrüßen. Wir halten in diesem Zusammenhang die Verwendung des Bauwerkszuordnungskataloges der ARGE BAU für sinnvoll, der bereits beim Bund und vielen Landesbehörden sowie im Rahmen der Baukostenschätzung Anwendung findet. Der BWZ ist im Anhang beigefügt.

3.3.4 Flächenumrechnung

Die Energiebezugsfläche nach VDI 3807 Blatt 1 wird aus der Brutto-Grundfläche Bereich a (BGFa) des Gebäudes nach DIN 277 Teil 1 abzüglich größerer unbeheizbarer Brutto-Grundflächen ermittelt.

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

- daß diese Fläche relativ einfach zu erheben ist und daß sie
- aus anderen, gebräuchlichen Flächenangabenüberschlägig abgeleitet werden kann

Abb.3: Flächen nach DIN 266 - 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.

Beispiel: Heizenergieverbrauch (bereinigt): 696.000 kWh

Bezug		Flächen 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

Tab. 4: Flächenbezug und Kennwerte am Beispiel eines Verwaltungsgebäudes

Insofern sind bei der Ausweisung von Verbrauchskennwerten immer auch die verwendeten Flächenbezüge offen zu legen.

Da nur ein Teil der Flächenangaben für die Kennwertebildung direkt weiterverwendet werden konnte, erfolgt dort, wo nur andere Flächenangaben als die in der VDI 3807 Blatt 1 definierte Energiebezugsfläche zu Verfügung gestellt wurden, eine Umrechnung der Flächen auf die Energiebezugsfläche unter Heranziehung von Umrechnungsfaktoren.

Umrechnungsfaktoren konnten dort, wo aus der Umfrage Gebäudedaten mit mehreren Flächenangaben zur Verfügung standen, neu berechnet werden. Darüber hinaus liegen aus unterschiedlichen Quellen Umrechnungsfaktoren vor. Aus dem Bereich der Baukostenschätzung stehen sehr tief nach Gebäudearten differenzierte Umrechnungsfaktoren zur Verfügung, die hier zu Umrechnungszwecken verwendet wurden (siehe auch Anlage).

Diese Flächenumrechnungsfaktoren können auch verwendet werden, um zwischen den hier in dieser Arbeit ausgewiesenen Verbrauchskennwerten und sonstigen Verbrauchskennwerten 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.

3.3.6 Kennwertebildung

Die Bildung der Kennwerte erfolgte dann entsprechend VDI 3807 Blatt 1. Wo nur andere Flächenangaben als die dort definierte Energiebezugsfläche zu Verfügung gestellt wurden, erfolgt eine Umrechnung der Flächen auf die Energiebezugsfläche unter Heranziehung der in der VDI 3807 Blatt 1 aufgeführten Umrechnungsfaktoren.

Die Wärmeverbrauchskennwerte wurden über die GT15 des jeweiligen Standorts auf das langjährige Mittel der GT15 von Würzburg (2.524) bereinigt.

4. Auswertung/Methode

Bei der Auswertung der Daten wurden zunächst arithmetisches Mittel und Standardabweichung der Kennwerte für den spezifischen jährlichen Verbrauch von Heizenergie, Strom und Wasser für unterschiedliche Gebäudegruppen ermittelt.

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

Als weiterer und eigentlicher Mittelwert der Verbrauchskennwerte wurde hier aber angesichts der vielfach festzustellenden linkschiefen Häufigkeitsverteilung klassifizierter Verbrauchskennwerte der Modalwert (häufigster Wert, dichtester Wert, Modus x_d) der klassifizierten Verbrauchskennwerte der Gebäude in einer Gruppe bestimmt.

Die Verwendung des arithmetischen Mittelwertes führt, da er in der Regel höher liegt, zu einem falschen (überhöhten) Orientierungswert.

Abb. 4: Graphik Verteilung Kennwerte Modalwert/arithmetisches Mittel

Zur Bestimmung der Modalwerte wurden die einzelnen Verbrauchskennwerte auf 20 gleich große Klassen aufgeteilt. Die Klasse mit der größten Zahl von Datensätzen ergibt den jeweiligen Modalwert als arithmetisches Mittel von Ober- und Untergrenze.

Als Richtwert im Sinne von VDI 3807 Blatt 1 wurde zudem der untere Quartilmittelwert 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.

Abb. 5: Graphik aufsteigend sortierte Kennwerte unterer Quartilmittelwert

Der unterer Quartilmittelwert ergibt sich als arithmetisches Mittel der unteren 25% aller Daten der aufsteigend sortierten Kennwerte (ohne 0-Werte)

5. Ergebnisse

Bei der hier vorgenommenen Bildung von Verbrauchskennwerten wird nach Gebäudearten und Gebäudegruppen unterschieden. Dahinter steht der Grundgedanke, daß mit der Zuordnung eines Gebäudes zu einer Gebäudeart wesentliche Bestimmungsgründe der Energie- und Wasserverbräuche erfaßt werden. Tatsächlich läßt sich feststellen, daß die Gebäude einer Gebäudeart hinsichtlich Nutzung, Ausstattung und Gebäudegröße ähnlich sind. Voraussetzung dafür ist aber, daß Gebäudetypen gebildet werden, die bezogen auf die wesentlichen den Energie- und Wasserverbrauch bestimmenden Randbedingungen (Nutzungsintensität, Ausstattungsintensität, Gebäudegröße) ausreichend gleichartig sind.

Die Verbrauchskennwerte Wärme, Strom und Wasser werden in tabellarischen Übersichten aufgelistet. Die Tabellen weisen in den einzelnen Spalten die folgenden Merkmale auf:

- BWZ Bauwerkszuordnungsnummer
- Bezeichnung von Gebäudeart/-gruppe
- Stichprobenumfang
- Verbrauchskennwert - arithmetisches Mittel
- Verbrauchskennwert - Standardabweichung
- Verbrauchskennwert - Modalwert
- Verbrauchskennwert - unterer Quartilmittelwert
- mittlere Fläche in m²

Die graphische Darstellung der Häufigkeitsverteilungen ist im Anhang dokumentiert. Die Ergebnisse wurden zunächst für ausgewählte Gebäudegruppen zusammengefaßt. Angesichts der teilweise sehr großen Streuungen der Energieverbrauchskennwerte bei einzelnen Gebäudegruppen sind - sofern es die Datenlage erlaubt - differenzierte Auswertungen nach Untergruppen vorgenommen worden.

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

- Sind die Kennwerte mit der BGF gebildet worden ?
- Ist der Heizenergieverbrauch auf das langjährige Mittel von Würzburg bereinigt worden ?
- liegen Sondernutzungen vor ?
- liegt einer Sonderausstattung vor ?
- werden sonstige Verbrauch mitversorgt ?

5.1 Kennwerte nach Gebäudegruppen

5.1.2 Heizenergieverbrauchskennwert e_{vH} nach Gebäudegruppen

BWZ	Gebäudegruppe	Stichprobe Umfang	Arithm. Mittel	Unteres Quartils- mittel	Modus	Standard- abweichung	Flächendurchschnitt
		Anzahl	kWh/m ² BGF				m ² BGF
1200	Gerichtsgebäude	206	107	77	105	35	7.390
1300	Verwaltungsgebäude	1.134	118	67	111	50	5.740
1350	Rechenzentren	5	129	33	132	42	19.200
2000	Wissenschaftl. Lehr- und Forschungsgebäude	176	169	97	153	66	15.370
3200	Krankenhäuser 1)	243	28.320	15.820	22.420	9.250	450
4000	Schulen	1.126	117	56	88	68	6.800
4400	Kindertagesstätten	107	117	82	94	49	990
4410	Kindergärten	280	125	63	119	58	810
5100	Sporthallen	208	151	67	138	119	1.470
5200	Schwimmbädern 2)	221	3.762	1.799	3.895	1.805	480
	Freibäder beheizt 2)	96	350	105	280	200	2.047
6210	Altenwohnheime	36	173	102	248	64	11.213
6300	Unterkünfte	72	130	58	131	108	2.830
7200	Verkaufsstätten	162	68	45	63	20	20.440
7500	Gebäude für Lagerung	65	131	42	70	109	1.960
7700	Gebäude für öffentliche Bereitschaftsdienste	184	141	71	153	85	1.080
9130	Bibliotheksgebäude	24	80	70	111	69	16.860
9140	Veranstaltungsgebäude	73	120	25	9	95	3.980
9150	Gemeinschaftshäuser	399	169	49	81	83	4.130
1) Verbrauch pro Planbett - Quelle: Roth 2) Verbrauch pro m ² Beckenoberfläche - Quelle: Bäderwesen							

Tab. 5: Heizenergieverbrauchskennwerte in kWh/m² (BGF) nach Gebäudegruppen

5.1.1 Stromverbrauchskennwert e_{vs} nach Gebäudegruppen

BWZ	Gebäudegruppe	Stich- probe Um- fang	Arithm. Mittel	UnteresQuartils- mittel	Modus	Stan- dard- abwei- chung	Flächen- durch- schnitt
		Anzahl	kWh/m ² BGF				m ² BGF
1200	Gerichtsgebäude	190	15	7	9	6	6.140
1300	Verwaltungsgebäude	1.034	27	8	17	14	5.260
1350	Rechenzentren	5	192	27	234	80	18.650
2000	Wissenschaftl. Lehr- und Forschungsgebäude	191	55	12	15	33	16.950
3200	Krankenhäuser ¹⁾	226	7.052	3.014	5.077	3.169	450
4000	Schulen	861	13	4	7	7	5.730
4400	Kindertagesstätten	68	13	7	16	5	900
4410	Kindergärten	178	10	5	6	5	720
5100	Sportbauten	163	21	8	17	14	1.290
5200	Schwimmballen ²⁾	232	891	414	808	347	475
	Freibäder beheizt ²⁾	108	103	37	85	58	2.039
6210	Altenwohnheime	23	29	9	56	16	5.990
6300	Unterkünfte	33	28	6	29	14	4.400
7200	Verkaufsstätten	158	92	58	81	25	19.160
7500	Gebäude für Lagerung	49	18	7	20	13	1.080
7700	Gebäude für öffentliche Bereitschaftsdienste	194	16	5	10	15	6.230
9130	Bibliotheksgebäude	16	20	4	5	13	3.970
9140	Veranstaltungsgebäude	61	26	5	21	22	2.290
9150	Gemeinschaftshäuser	323	31	4	5	19	4.800
<p>1) Verbrauch pro Planbett - Quelle: Roth 2) Verbrauch pro m² Beckenoberfläche - Quelle: Bäderwesen</p>							

Tab. 6: Stromverbrauchskennwerte in kWh/m² (BGF) nach Gebäudegruppen

5.1.3 Wasserverbrauchskennwert e_{vW} nach Gebäudegruppen

BWZ	Gebäudegruppe	Stichprobe Umfang	Arithm. Mittel	UnteresQuartils-mittel	Modus	Standard-abwei-chung	Flächen-durch-schnitt
		Anzahl	l/m ² BGF				m ² BGF
1200	Gerichtsgebäude	194	165	69	95	78	7.120
1300	Verwaltungsgebäude	844	240	86	126	132	5.760
1350	Rechenzentren	4	488	170	185	258	18.650
2000	Wissenschaftl. Lehr- und Forschungsgebäude	160	511	104	134	380	17.110
3200	Krankenhäuser ¹⁾	199	180.120	84.350	132.370	65.290	470
4000	Schulen	653	159	61	105	115	6.210
4400	Kindertagesstätten	57	372	172	209	165	980
4410	Kindergärten	131	287	135	315	143	670
5100	Sportbauten	88	423	101	258	786	1.470
5200	Schwimmballen ²⁾	231	39.492	19.606	37.264	15.858	475
	Freibäder beheizt ²⁾	108	9.657	5.706	8.093	3.785	2.034
6210	Altenwohnheime	20	1.117	645	1.188	464	5.400
6300	Unterkünfte	34	1.514	292	406	939	900
7200	Verkaufsstätten	161	380	129	368	163	18.950
7500	Gebäude für Lagerung	26	377	105	268	461	1.430
7700	Gebäude für öffentliche Bereitschaftsdienste	97	280	34	51	193	520
9130	Bibliotheksgebäude	9	146	11	50	88	5.870
9140	Veranstaltungsgebäude	28	348	35	100	240	3.120
9150	Gemeinschaftshäuser	173	1.049	97	207	785	6.210
<p>1) Verbrauch pro Planbett - Quelle: Roth 2) Verbrauch pro m² Beckenoberfläche - Quelle: Bäderwesen</p>							

Tab. 7: Wasserverbrauchskennwerte in l/m² (BGF) nach Gebäudegruppen

5.1.4 Verbrauchskennwerte nach Gebäudegruppen

Interpretation der Daten

Die arithmetischen Mittel der Heizenergieverbrauchskennwerte der aufgeführten Gebäudegruppen variieren zwischen 68 und 173 kWh/m² BGF. Bei den Modalwerten ergibt sich mit 63 und 248 kWh/m² BGF eine etwas größere Bandbreite.

Die Werte lassen sich in der Regel unter Berücksichtigung typischer Ausstattung, Nutzung und Gebäudegröße plausibel erklären. Verkaufsstätten liegen vom Heizenergieverbrauchskennwert am unteren Ende, weil dort beträchtliche innere Wärmelasten vorhanden sind. Demgegenüber ist der relativ hohe spezifische Wärmebedarf bei Altenwohnheimen erklärbar über höhere Raumtemperaturen und hohen Warmwasserbedarf.

Die mittleren Heizenergieverbrauchskennwerte (arithmetische Mittel) liegen im Niveau 12% unter den Werten des IKARUS-Projektes und 32 % unter denen der ages-Untersuchung aus dem Jahr 1990 (BINE 90). Zieht man die Modalwerte dieser Untersuchung zum Vergleich heran, sind die Unterschiede noch größer.

BWZ		ages 96		IKARUS			ages 90		
		Arithm. Mittel	Modus	Arithm. Mittel	Mittel: IKARUS	Modal: IKARUS	Arithm. Mittel	Mittel:ages 90	Modal:ages 90
		kWh/m ²		%			kWh/m ²	%	
	Gebäudegruppe								
1300	Verwaltungsgebäude	118	111	133	89	83	183	64	61
2000	Wissenschaftl. Lehr- u. Forschungsgebäude	169	153	211	80	72			
4000	Schulen	117	88	171	69	52	197	59	45
4400	Kindertagesstätten	117	94				133	88	71
4410	Kindergärten	125	119				237	53	50
6300	Unterkünfte	130	131	129	101	102			
7700	Gebäude für öffentliche Bereitschaftsdienste	141	153	142	100	108			
9130	Bibliotheksgebäude	80	111						
9140	Veranstaltungsgebäude	120	9				156	77	6
	Summe				88	83		68	46
	Gebäudeart								
	Grundschule	163	138				232	70	59
	Hauptschule	131	150				220	60	68

	Realschule	115	150				165	70	91
	Gesamtschule	151	152				257	59	59
	Gymnasium	102	78				163	63	48
4200	Berufsschule	104	91				163	64	56
4300	Sonderschule	145	88				153	95	58
	Turnhallen	157	196				218	72	90
5130	Mehrzweckhalle	133	213				215	62	99
5330	Sportheime	220	19				298	74	6
6430	Jugendzentren	169	68				226	75	30
7740	Bauhöfe	153	270				246	62	110
7760	Feuerwehrrhäuser	145	184				203	71	91
9121	Museen	85	94				156	54	60
9132	Büchereien	130	111				201	65	55
	Summe							68	65

Tab. 8: Heizenergieverbrauchskennwerte in kWh/m² (BGF)
Ergebnisvergleich

Diese Unterschiede sind teilweise methodisch bedingt:

- da bei der Mittelwertbildung durchgängig die obersten 5% der Daten unberücksichtigt geblieben sind,
- da bei der Verwendung von Modalwerten als Mittelwerten die Verbrauchskennwerte systematisch niedriger ausfallen und
- weil hier über die Kennwertebildung nach VDI 3807 die Flächenangaben deutlich belastbarer sind.

In gewissem Umfang (10-15%) sind die Unterschiede aber auch Ausdruck von erfolgreichen Sparbemühungen.

An der Höhe der unteren Quartilmittelwerte und an den Häufigkeitsverteilung wird erkennbar, daß immer noch erhebliche Einsparpotentiale bestehen.

Bei den Stromverbrauchskennwerten ist infolge der Unterschiede bei der Ausstattung (EDV, RLT-Anlagen etc.) und Nutzung eine Bandbreite (13 bis 192 kWh/m² BGF bei den arithm. Mittelwerten) und zugleich auch eine größere Streuung zu verzeichnen. Hier werden Gruppen erkennbar, die den Technisierungsgrad einer Gebäudegruppe abbilden. Eine Basisausstattung ist mit Stromverbrauchskennwerten um 15 kWh/m² BGF verbunden. Der Einsatz von EDV oder eine einfache technische Ausstattung von Teilflächen mit RLT-Anlagen führt zu einer Verdopplung der Stromverbrauchskennwerte auf ca. 30 kWh/m² BGF. Liegen die

	Grundschule	10	9				13	77	69
	Hauptschule	12	16				12	100	133
	Realschule	13	11				11	118	100
	Gesamtschule	16	17				27	59	63
	Gymnasium	13	9				19	68	47
420 0	Berufsschule	18	19				17	106	112
430 0	Sonderschule	14	13				14	100	93
	Turnhallen	18	19				27	67	70
513 0	Mehrzweckhalle	16	9				22	73	41
533 0	Sportheime	19	9				41	46	22
643 0	Jugendzentren	18	15				17	106	88
774 0	Bauhöfe	18	18				20	90	90
776 0	Feuerwehrrhäuser	11	10				12	92	83
912 1	Museen	22	23				24	92	96
913 2	Büchereien	19	33				28	68	118
	Abweichung Mittelwert							84	82

Tab. 9: Stromverbrauchskennwerte in kWh/m² (BGF) nach Gebäudegruppen
Ergebnisvergleich

Die Wasserverbrauchskennwerten unterliegen erheblichen Streuungen. Das hängt einmal mit dem Bezug auf die BGF zusammen, der Unterschiede z.B. bei Bewässerung im Außenbereich nicht angemessen berücksichtigt. Gerade der Verlauf der Häufigkeitsverteilungen mit den vielen Ausreißern bestätigt aber auch die auch an anderer Stelle gemachte Erfahrung, daß der sparsame und rationelle Umgang mit Wasser häufig noch eine vergleichsweise neue Entwicklung ist.

Die Modalwerte der Wasserverbrauchskennwerte für die hier aufgeführten Gebäudegruppen liegen näher beieinander, als die entsprechenden arithmetrischen Mittelwerte. Die Modalwerte weisen auch eine größere Plausibilität auf, da sie eher den Typischen Verbrauchskennwerte eine gebäudegruppe abbilden als der durch

Ausreißer verzerrte arithmetische Mittelwert. Dann wird auch hier eine Gruppierung erkennbar mit einem Basisverbrauch von 100 bis 150 l/m² BGF. Sobald in nennenswertem Umfang ein Warmwasserbedarf dazu kommt (Sportbauten, Kindergärten, wohnähnliche Nutzung) verdoppeln sich die Wasserverbrauchskennwerte.

Die im Anhang 1 dokumentierten Häufigkeitsverteilung der Verbrauchskennwerte nach Gebäudegruppen und Gebäudearten geben weiteren anschaulichen Aufschluß über die statistischen Kenngrößen hinaus. Die Form der Verteilung erlaubt Aussagen zu:

- Einheitlichkeit der gebäude einer Gebäudeart/-gruppe hinsichtlich Größe, Ausstattung und Nutzung sowie
- zu Ausmaß und Erfolg von Bewirtschaftung und Controlling.

So weist z.B. die Häufigkeitsverteilung der Heizenergieverbräuche von Gerichtsgebäuden auf eine sehr einheitliche Nutzung hin. Die fast spiegelbildliche Verteilung der Verbrauchskennwerte um den Modalwert herum bei Fehlen von Ausreißern ist zudem Zeichen eines effektiven Energiecontrollings.

Demgegenüber ist z.B. bei der Häufigkeitsverteilung der Stromverbrauchskennwerte von Schulen eine Überlagerung verschiedener Verteilungskurven erkennbar, worin unterschiedliche Ausstattungsstandards und Nutzungsintensitäten zum Ausdruck kommen.

Erkennbar ist auch eine Vielzahl von Ausreißern im oberen Bereich, die sich für eine genauere Untersuchung der Ursachen empfehlen.

Die Häufigkeitsverteilung der Verbrauchskennwerte bieten zudem weiteren Aufschluß über den Orientierungsgehalt der angegebenen statistischen Kenngrößen (arithmetisches Mittel, Modalwert). Gerade dort, wo aufgrund von Ausreißern das arithm. Mittel systematisch angehoben wird, ist - bei entsprechendem Stichprobenumfang - der Modalwert zur Orientierung vorzuziehen. Umgekehrt kann bei geringem Stichprobenumfang der Modalwert eher zufälligen Charakter haben und ist dann als Orientierungswert nicht ohne weiteres geeignet.

5.2 Kennwerte nach Gebäudearten

5.3 Elektrische Leistungskennwerte

5.3.1 Elektrische Leistungskennwerte nach Gebäudegruppen

5.4 Kennwerte nach Gebäudefläche

5.6 Heizenergieverbrauchskennwerte in Abhängigkeit der Vollbenutzungsstunden - Anhang 5

5.7 Stromverbrauchskennwerte in Abhängigkeit der Vollbenutzungsstunden - Anhang 6

5.8 Elektrische Leistungskennwerte in Abhängigkeit der Vollbenutzungsstunden - Anhang 7

5.8 Heizenergieverbrauchskennwerte differenziert nach Energieträgern

5.9 Wärmekennwert zu Stromkennwert - Anhang 8

6. Fortführung/Perspektiven

Mit den im Rahmen dieses Projektes gewonnenen Ergebnissen werden den Interessenten Verbrauchskennwerte zur Verfügung gestellt, die in den kommenden Jahren als Orientierungswerte in der Praxis verwendet werden können.

Die in der VDI Richtlinie 3807 Blatt 1 und beschriebene Vorgehensweise für die Ermittlung von Verbrauchskennwerten hat sich dabei als praktikabel erwiesen. Bei einer Durchsetzung des Verfahrens ist in Zukunft eine breitere Datengrundlage für statistische Auswertungen nach dem hier durchgeführten Verfahren zu erwarten.

Insbesondere über die bereits Anwendung des hier im Anhang dokumentierten Bauwerkzuordnungskataloges nach ARGE BAU dürfte in den kommenden Jahren ein Datenfundus entstehen, der auch für die hier unberücksichtigt gebliebenen Gebäudearten die Ausweisung von Richt- und Mittelwerten erlaubt.

Geprüft werden sollte allerdings, ob nicht der Aussagegehalt von Strom- und Wasserverbrauchskennwerten dadurch erhöht werden sollte, daß über eine Differenzierung nach Gebäudearten (z.B. Verwaltungsgebäude mit niedriger/hoher technischer Ausstattung) hinausgehend Merkmale zum Technisierungsgrad oder zum Funktionsumfang (z.B. mit/ohne Außenbewässerung) berücksichtigt werden.

Bedingt u.a. durch technische und organisatorische Entwicklungen sowie Veränderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen unterliegen Energie- und Wasserverbräuche und die entsprechenden Verbrauchskennwerte Veränderungen, die eine Fortschreibung dieser Untersuchung nach einiger Zeit erforderlich machen. Dieses Projekt soll einen Beitrag dazu leisten, über eine Verbreitung des EKW-Verfahrens die Datenbasis für eine Fortschreibung zu verbessern. Die im Rahmen dieses Projektes verwendeten Methoden der statistischen Auswertung und entwickelten EDV-Routinen erleichtern darüber hinaus in Zukunft eine regelmäßige Fortschreibung der Daten.

Die hier ausgewiesenen Verbrauchskennwerte betreffen vorwiegend öffentliche Gebäude. Auf die Ausweisung von Verbrauchskennwerten von Wohngebäuden wurde bewußt verzichtet, da entsprechende Werte an anderer (IWU, TECHEM) Stelle verfügbar sind.

Die hier ermittelten Verbrauchskennwerte sind - gerade beim Heizenergieverbrauch - teilweise deutlich niedriger als bislang bekannte Werte. Die meisten Daten dieser Untersuchung sind von Objekten, die zumindest schon Gegenstand einer Verbrauchsüberwachung sind, also schon besser als der Durchschnitt sind. Häufig ist sogar darüber hinaus im organisatorischen und investiven Bereich einiges gemacht worden. Als Orientierungswerte für die Bewertung der Verbräuche einzelner Objekte sind diese Angaben durchaus geeignet, da sie ja nur angeben, was erreichbar ist, wenn etwas gemacht wird.

Literatur

ages, Verbrauchskennwerte von Verwaltungsgebäuden, LB-Schriftenreihe 1996

Duscha/Hertle (Hrsg.), Energiemanagement für öffentliche Gebäude

Bäderwesen

Roth

LB - diverse Schriften

IKARUS

BINE Dänekamp

Ev. Kirche

IWU

LEE Hessen

VDI 3807 1+2

DIN 277

VDI Bericht 1248 , Energiekennwerte - Weerkzeug für den Gebäudebetrieb

ARGE BAU BWZ

Wick

SIA 380

AMEV - Verbrauchskennwerte

TECHEM

Orio - Hessen

(weitere Literatur siehe Lit in VDI 3807 1+2

Impressum

ages GmbH, Klosterstraße 3 , 48143 Münster, Tel.: 0251/4847810,

Ansprechpartner/Projektleitung: Diplom Volkswirt Carl Zeine