



Ingenieurbüro für
Energieberatung, Haustechnik
und ökologische Konzepte GbR

Schellingstraße 4/2
D-72072 Tübingen
Tel. 0 70 71 93 94 0
Fax 0 70 71 93 94 99
www.eboek.de
mail@eboek.de

Energiekataster Wuppertal Bericht Kurzfassung



Datum: 31. Mai 2006
im Auftrag von: Gebäudemanagement der Stadt Wuppertal (GMW)
Gefördert von: Land Nordrhein-Westfalen
"Aktionsprogramm 2000plus" im Rahmen des REN-Programms
Projektleitung: Prof. Dr. Claus Kahlert
Autoren: Dipl.-Phys. Gerhard Lude
Dipl.-Ing. Olaf Hildebrandt
Dipl.-Phys. Rosemarie Hellmann

1 Zusammenfassung

Mit dem **Energiekataster Wuppertal** wurde eine Methodik zur direkten Erfassung von Gebäuden und Bewertung des Energiebedarfs von Einzelgebäuden oder eines ganzen Gebäudebestands entwickelt und auf einen Bestand von 129 Gebäuden angewandt. Dazu wurden die Gebäude begangen und die Ergebnisse in einer Datenbank erfasst.

Die Methode der Energiebedarfsanalyse wurde gewählt, da im Gegensatz zu einer rein verbrauchsorientierten Methodik (Verbrauchspass) auch die Wirkung von Sanierungsmaßnahmen und der damit verbundenen Kosten zu beurteilen ist. Die Gebäude wurden einzeln erfasst, da typologische Ansätze (wie im Wohnungsbau) bei der vorliegenden Struktur öffentlicher Gebäude nicht möglich waren. Das Energiekataster erlaubt es aber neben der Analyse von Einzelgebäuden auch, die Bewertung von Energiebedarf, Sanierungsmaßnahmen usw. bezogen auf den erfassten Gebäudebestand (Portfoliomanagement) vorzunehmen.

Zur Kostenkontrolle von Sanierungsmaßnahmen wurde ein Mehrkostenkatalog integriert. Damit lassen sich schnell Basisinformationen für Investitionsentscheidungen – auch unter verschiedenen Varianten - ermitteln. Alle Daten eines Gebäudes können und sollen fortgeschrieben werden.

Da die Erfassung (gegenüber üblichen Feinanalysen aber auch gegenüber künftigen Energiepassverfahren) vereinfacht und rationalisiert wurde, kann die Datenerhebung mit sehr verhältnismäßigem Aufwand und damit wirtschaftlich günstig durchgeführt werden.

Für das Energiekataster wurden 129 öffentliche Gebäude (Schulen, Sporthallen, Kindergärten, Verwaltungsgebäude, etc.) begangen und in der Datenbank erfasst (s.a. Hinweis in 7.2).

Es konnte gezeigt werden, dass die erreichte Genauigkeit der Nachweise mit üblichen Analysen, beruhend auf Planauswertungen, vergleichbar ist.

Der berechnete Energiebedarf für die Beheizung und Warmwasserbereitung spiegelt den realen Energieverbrauch wieder. So konnten die errechneten Bedarfsdaten bei 76 % der 104 Gebäude, für die nachvollziehbare Energieverbrauchsdaten vorlagen, mit dem gemessenen Energieverbrauch abgeglichen werden.

Das Verfahren lässt sich bei vielen öffentlichen Gebäuden einsetzen. Die Zahl der Gebäude ist nicht beschränkt.

Die Grenzen der Vorgehensweise zeigen sich dort, wo die verwendete Rechenmethodik ihre Grenzen hat (z. B. bei Gebäuden mit stark unterschiedlicher Nutzung).

Die Methodik ist stark an die bestehende und künftige Normung angelehnt. Für eine sachgerechte Erfassung der Gebäude wird qualifiziertes Personal benötigt. Idealerweise wird die Erfassung von Energieberatern durchgeführt.

Der sommerliche Wärmeschutz kann über ein einfaches Verfahren nachgewiesen werden. Damit kann die thermische Behaglichkeit der Gebäude gesichert werden.

Die verwendete Software basiert auf Standardanwendungen und ist frei oder kostengünstig verfügbar.

Die Methode ist in den verschiedensten Kommunen einsetzbar. Zukünftige Weiterentwicklungen sollten die unterschiedlichen Nutzungen besser berücksichtigen können. Die Bilanzierung der Stromverbraucher im Gebäude sollte mit einbezogen werden.

2 Einleitung

In der Vergangenheit wurden bereits mehrfach Energieanalysen einzelner städtischer Gebäude der Stadt Wuppertal durchgeführt. Damit ließ sich jedoch kein zusammenhängendes Bild über den energetischen Zustand eines (großen) Bestands an Liegenschaften sowie den resultierenden Handlungsbedarf gewinnen. Daraus wurde die Idee entwickelt, ein Kataster zu erstellen, mit dessen Hilfe die notwendigen Daten gewonnen werden können.

Allerdings wäre die reine Aussage über die Gesamtheit des Bestands nicht ausreichend gewesen, da ein Sanierungsvorhaben immer am konkreten Gebäude ansetzt. Es war somit notwendig, auch Aussagen über Energieeffizienz und Investitionskosten eines konkreten Sanierungsvorhabens machen zu können.

Während im Wohnungsbau ein typologischer Ansatz, basierend auf Gebäudetyp und Baualter, vielfach angewandt und inzwischen etabliert ist, schien das bei öffentlichen Gebäuden nicht sinnvoll möglich. Hier fehlt bislang sowohl eine Zuordnungsmöglichkeit zu Typen, als auch Erfahrung bei der Einordnung beim Energieverbrauch der Gebäude. Lediglich die sehr grobe Einordnung über Zielvorgaben des Energieverbrauchs (siehe [Richtlinie NiWoGeb], [VDI 3807-2]) ist bislang verfügbar.

Auch die Erstellung eines reinen Verbrauchspasses kam nicht in Frage, da sich durch die reine Verbrauchsermittlung und Vergleich mit – soweit überhaupt

vorhandenen - Zielwerten keine Aussagen treffen lassen, ob der Energieverbrauch gebäudebezogene oder nutzerbezogene Ursachen hat. Daraus folgt unmittelbar, dass so auch keine Aussagen über die Wirksamkeit von Sanierungsmaßnahmen zu erhalten sind.

Der hier entwickelte und beschriebene Ansatz eines gebäudebezogenen Energiekatasters ermöglicht es jedoch, diese Lücke auch für öffentliche Gebäude zu schließen. Darüber hinaus sind auch Aussagen betreffend des einzelnen Gebäudes sowie eine Fortschreibung des Zustands möglich.

Im Vergleich zum kommenden Gebäude-Energiepass für Nicht-Wohngebäude (EPDB nach EU-Richtlinie) ist das verwendete Verfahren weniger aufwändig und damit auch schneller auszuführen, wobei darauf geachtet wurde, mit gültiger und künftiger Normung (soweit bekannt) kompatibel zu sein. Mit dem Energiebedarf für Beheizung und Warmwasser werden sehr wesentliche Anteile des gesamten Energieaufwands für den Betrieb eines Gebäudes erfasst, Beleuchtung und Klimatisierung bleiben zunächst außen vor.

Im Gegensatz zum Nachweis unter standardisierten Randbedingungen (entsprechend den Erfordernissen eines öffentlich-rechtlichen Nachweises oder Energiepasses) war es notwendig, lokale Randbedingungen und konkrete Nutzungen der untersuchten Gebäude zu berücksichtigen. Nur auf diese Weise lässt sich ein Vergleich zu den gemessenen Verbrauchswerten ziehen.

2.1 Zielsetzungen

Das Energiekataster soll den Eigentümer eines großen Gebäudebestands in die Lage versetzen, sich Energieeinsparpotentiale im Bereich Wärme zu erschließen und wirtschaftlich zu bewerten. Ziel ist, dass mit Hilfe des Energiekatasters

- alle Arten von Gebäuden, insbesondere öffentliche Gebäude ohne Wohnnutzung wie Rathäuser, Schulen etc., erfasst werden können,
- der Energiebedarf eines Gebäudes schnell und ausreichend genau ermittelt werden kann,
- die errechneten Energiebedarfsdaten mit Verbrauchsdaten abgleichbar sind,
- eine kostengünstige Erfassung der Gebäude möglich ist,
- die Gebäude bspw. bei einer Sanierung fortgeschrieben werden können,
- der Aufwand für Datenerhebung auf die notwendige Genauigkeit des Ergebnisses skaliert werden kann (d.h. dass bei konkret ins Auge gefassten Maßnahmen eine genauere Untersuchung integrierbar ist),

- die Investitionskosten einer Maßnahme für eine Investitionsentscheidung ermittelt werden können.

Weiterhin soll das Kataster sowohl methodisch als auch in der Anwendung auf leicht handzuhabenden Standards beruhen. Damit sollen keine Investitionshürden bei der Einführung des Katasters aufgebaut werden.

Methodik und Werkzeug sollen übertragbar sein um eine weite kommunale Verbreitung zu erlangen.

2.2 Projektbeteiligte

Die Methodik und das Werkzeug des Energiekatasters wurden vom Ing. Büro ebök (Tübingen) im Auftrag des Gebäudemanagements der Stadt Wuppertal (GMW) entwickelt. Das Projekt wird vom Land Nordrhein-Westfalen im Förderprogramm "Aktionsprogramm 2000plus" im Rahmen des REN-Programms gefördert.

Die Vor-Ort Begehungen der Liegenschaften wurden vom Ing. Büro ebök und vom Ing.-Büro GERTEC (Essen) durchgeführt.

Die Datenbank wurde größtenteils vom Ing. Büro oasys in Rottenburg programmiert. Die Berechnungssoftware EnEv-XL wurde als Basis vom Institut Wohnen und Umwelt (Darmstadt) für das Projekt zur Verfügung gestellt und vom Büro ebök der Aufgabe angepasst.

2.3 Projektablauf

Der Förderbescheid des Landes NRW wurde am 23. Mai 2005 erteilt.

Am 29. August 2005 wurde der Vertrag zwischen ebök und dem GMW geschlossen.

Die Begehungen fanden ab dem 20. Sept. 2005 in den Kalenderwochen 38-43, 45-47, sowie im Jahr 2006 in den Kalenderwochen 15, 18 und 20 statt. Die Intension, die Begehungen vor der Winterperiode 2005/2006 abzuschließen, konnte aufgrund der Wettersituation nicht eingehalten werden, weshalb die Begehungen nach der Winterpause wieder aufgenommen wurden.

Projektlaufzeit ist bis 31. Mai 2006.

2.4 Übertragbarkeit der Methodik

Im Rahmen der Anwendbarkeit auf verschiedene (öffentliche) Gebäude lässt sich die Methodik und Erfassung im Rahmen des Energiekatasters in verschiedenen Kommunen in Nordrhein-Westfalen oder auch im ganzen Bundesgebiet anwenden.

Die Bauteilkataloge und Kostenkataloge enthalten keine ausschließlich für Wuppertal spezifischen Werte. Alle Kataloge lassen sich bei Bedarf leicht ergänzen.

Die Begehungen sollten von qualifiziertem Personal durchgeführt werden. Hierzu sind idealerweise Architekten, Bauingenieure oder Versorgungstechniker mit Zusatzausbildung zum Energieberater befähigt. Bei entsprechender Schulung können auch verwandte Berufe aus dem Bereich Bauwirtschaft herangezogen werden.

Das Energiekataster kann und soll von Energiefachleuten der Kommunen, vorzugsweise den Energieberatern oder Energiebeauftragten, aufgestellt und gepflegt werden.

Die Software basiert auf Standardsoftware. Auswertungen, welche im Moment nicht standardisiert sind, können somit auf eigene Initiative der Bearbeiter erstellt werden.

Die Berechnungen basieren auf Methoden, die auch im aktuellen und zukünftigen europäischen Normenumfeld verwendet werden. Da die Abbildung eines realen Verbrauchs, sowie ein Abgleich mit Verbrauchswerten angestrebt wurde, ist die Einbeziehung lokaler Randbedingungen (z.B. Wetterdaten) über die reinen Nachweisverfahren hinaus unerlässlich. Auch an dieser Stelle ist eine Übertragbarkeit an andere Standorte gewährleistet, da für die Bundesrepublik praktisch flächendeckend Wetterdaten zur Verfügung stehen. Darüber hinaus ist es möglich, die Datenerhebung für andere als die verwendeten Rechenverfahren zu nutzen, bzw. öffentlich-rechtliche Nachweise zu führen (Energiepass, s.a. Kap. 2).

2.5 Ausblick

Die Anforderungen an ein Energiekataster unterscheiden sich unter anderem in Abhängigkeit von kommunaler Größe, organisatorischer Struktur und Zielvorstellungen der Kommune. Darüber hinaus sind Ziele vorstellbar, die primär nicht auf Energieeinsparung abzielen, z.B. die leichte Ermittlung von Reinigungsflächen.

Davon ausgehend können sich unterschiedliche Schwerpunkte innerhalb des bereits realisierten Katasters oder neue Aspekte ergeben, die durch ergänzende Module realisiert werden können.

Das Werkzeug des Energiekatasters sollte zunächst testhalber in Wuppertal zum Einsatz kommen. Basierend auf den Wuppertaler Erfahrungen sollten weitere Kommunen eigene Erfahrungen mit unterschiedlichen Bedürfnissen und Anforderungen an die Struktur und Bewertung des Energiekatasters sammeln können. Weiterhin sollten unterschiedliche Herangehensweisen bei der Organisation und Datenaufnahme gesammelt und bewertet werden. Es sollten Erfahrungen bei der personellen Auswahl der Bearbeiter gesammelt werden. Wir würden vorschlagen, das Werkzeug in weiteren zehn Kommunen in NRW zum Einsatz zu bringen.

Inhaltlich sollte das Energiekataster um Berechnungsmodule zum Stromverbrauch (bezogen auf Gebäudedienstleistungen wie Licht usw.) und ggf. Kühlbedarf ergänzt werden. Sobald verfügbar, sollte ein Modul zum sommerlichen Wärmeschutz integriert werden, das auch Aussagen zum Temperaturverlauf in den Räumen erlaubt. Es sollte untersucht werden ob es, wie im künftigen Energiepassverfahren vorgesehen, angemessen ist, eine Zonierung der Gebäude einzuführen.

Es sollte weiterer Forschungsaufwand zur Abwägung einer Kosten-/Nutzenanalyse getrieben werden. Hierzu sollte anhand einiger konkreter Beispiele untersucht werden, welcher wirtschaftliche Nutzen (Investitionskosten gegenüber Energieeinsparung) der angegangenen Sanierung direkt auf die Informationen aus dem Kataster zurückzuführen ist.

3 Kennwertverfahren und Energiepass

3.1 Energiekennwertnachweis, Verfahren

Die Energiekennwerte des Energiekatasters werden nach dem Verfahren Energiepass Heizung / Warmwasser (EPHWW, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt) berechnet ([EPass HWW 97], [EPHWW Tool 2001]). Das Verfahren ist ein Monatsverfahren, Werte werden somit für jeden Monat des Jahres berechnet.¹

Der bauliche Teil des Verfahrens ist in Methode und Ergebnissen weitgehend kompatibel zum Entwurf der europäischen Norm DIN EN 832 [DIN EN 832 2003]. Die deutsche Adaption der europäischen Norm EN 832 ist DIN 4108-6 [DIN V 4108-6:2003], welche von der Energieeinsparverordnung [EnEV 2004] zur Berechnung von Energiekennwerten referenziert wird.

¹ Das Verfahren wird auch gelegentlich nach seinem Vorgänger LEG (Leitfaden Energiebewusste Gebäudeplanung) genannt.

Der haustechnische Teil basiert in beiden Verfahren EPHWW und EnEV auf dem Tabellen-Verfahren nach 4701-10 [DIN V 4701-10:2003]. Aufwandszahlen werden jahresbezogen berechnet. In EPHWW ist eine Korrektur der Werte auf reale Energiebezugsflächen und variable Heizperioden implementiert.

Sowohl Energiepass Heizung / Warmwasser als auch die Energieeinsparverordnung nutzen also das gleiche Normengerüst, wenn auch mit einem wesentlichen Unterschied: Während die EnEV Energiekennwerte für Neubauten unter strikt standardisierten Nutzungs- und Wetterbedingungen nachzuweisen möchte (öffentlich-rechtlicher Nachweis), ist das Verfahren EPHWW offen für die Anwendung spezifischer Wetter- und Nutzungsdatensätze. Damit ist es auch möglich, Bestandsgebäude nachzuweisen und – in den Grenzen der erreichbaren Genauigkeit und Kenntnis der Nutzungsbedingungen - tatsächliche Energieverbräuche nachzubilden.

3.2 Energiekennwertnachweis, Haustechnik

Die in 4701-10 abgebildeten Haustechniksysteme entsprechen den gebräuchlichen und am Markt verfügbaren. Die energetische Qualität der abgebildeten Systeme orientiert sich an der mittleren bis unteren Hälfte des Marktes. Sehr effiziente Systeme und sehr ineffiziente Systeme sind folglich nicht abgebildet. Diese Einschränkung kann zu einer Unterschätzung der Einsparmaßnahmen bei der Erneuerung von haustechnischen Anlagen führen. In einer Einzelanalyse (Feinanalyse) kann dies durch genauere Betrachtung der haustechnischen Komponenten ausgeglichen werden.

3.3 Energiepass im Kontext zum Energiekataster Wuppertal

Grundsätzlich können mit der Erstellung von Verbrauchsberechnungen bei Gebäuden verschiedene Ziele verfolgt werden:

- Nachweis (öffentlich-rechtlicher) des energetischen Standards unter standardisierten Randbedingungen.
- Planung oder Vorplanung eines Gebäudes, dazu gehören auch Investitionsentscheidungen.
- Optimierung des Energieverbrauchs oder Wirtschaftlichkeitsberechnungen von Investitionen.

Soll auf Basis der Berechnung geplant oder optimiert werden, so ist es notwendig, einen realistischen Bedarf unter Zugrundelegung der individuellen Randbedingungen des Gebäudes bzw. am Standort des Gebäudes zu berechnen. Die standardisierten Randbedingungen des öffentlich-rechtlichen Nachweises führen dagegen zu Fehloptimierungen.

Eine verbrauchsorientierte Methode (verbrauchsorientierter Gebäudepass) ist ebenfalls nicht geeignet, um gezielte Einsparpotentiale eines Gebäudes zu erschließen, da Einzelinformationen über Bauteile oder Haustechnik eines Gebäude hierbei nicht vorliegen. Darüber hinaus ist auch der Vergleich eines Einzelgebäudes mit typisierten Kennwerten (so sie überhaupt verfügbar sind) nicht zielführend, da über das Nutzerverhalten des Gebäudes keine Aussagen getroffen werden können und somit auch nicht zu bestimmen ist, welcher Ursache der Energieverbrauch zuzuschreiben ist.

In Übereinstimmung mit den Zielsetzungen des Energiekatasters wurde daher eine Methodik gewählt, mit deren Hilfe der Realverbrauch eines Gebäudes am Standort bestimmt werden und ein Bedarfs-/Verbrauchs-Abgleich durchgeführt werden kann.

Aufgrund des bei der Erfassung notwendigen Aufwands, sowie der zum Projektantrag aktuellen Normung und der auch heute noch mangelnden Erfahrung wurde auf die Einbeziehung der Bilanzierung von Beleuchtung und Klimatisierung verzichtet.

Die für das Energiekataster gewählte Methodik ist jedoch in großen Teilen konform mit der zukünftigen Kennwerterstellung und kann um die fehlenden Teile ergänzt oder vertieft werden.

4 Validierung und Methodenvergleich

Das Rechenverfahren und damit die Methode der Aufstellung von Gebäudeenergiebilanzen kann als erprobt gelten.

Die Ermittlung der U-Werte konnte im Rahmen des Projekts nicht validiert werden. Fehler sind jedoch nicht direkt der verwendeten Methodik anzulasten. Vielmehr weist jede Methode der Modellbildung die gleichen Fehler auf.

Aufgrund der mathematisch-statistischen Betrachtungen konnte gezeigt werden, dass die Auswirkungen der zufälligen Fehler aus der Vermessung sehr gering sind. Die Mess- Ungenauigkeiten der geometrischen Flächenaufnahme spielen bei der Ermittlung des Transmissionswärmeverlustes keine Rolle.

Übermisst man die Gaupen, so sollte der daraus resultierende geometrische Fehler nicht größer als 10 % bezogen auf die Dachfläche betragen.

Der Vergleich der vermessenen Flächen mit den auf Basis von CAD-Plänen oder Architektenangaben ermittelten ergab eine sehr gute Übereinstimmung. Die maximale Abweichung bei den zur Validierung herangezogenen Gebäuden betrug ca. 3,6 % der gesamten Hüllfläche. Die Abweichung zwischen direkter Erfassung und Planaufnahme ist teilweise, in von der Realität abweichenden, Plänen und in Interpretationsschwierigkeiten begründet. Bezogen auf den Transmissionswärmeverlust eines mittleren Gebäudes des Energiekatasters ist der daraus resultierende Fehler ebenfalls nicht größer als ca. 3,6 %.

Es ist zu erwarten, dass die unvermeidbaren statistischen und systematischen Fehler bei der Ermittlung des Energiekennwerts eine eher untergeordnete Rolle spielen. Die erwarteten Fehlermargen aufgrund der Modellierung der Haustechnik und ganz besonders der Nutzung sind weit größer.

5 Realisierung

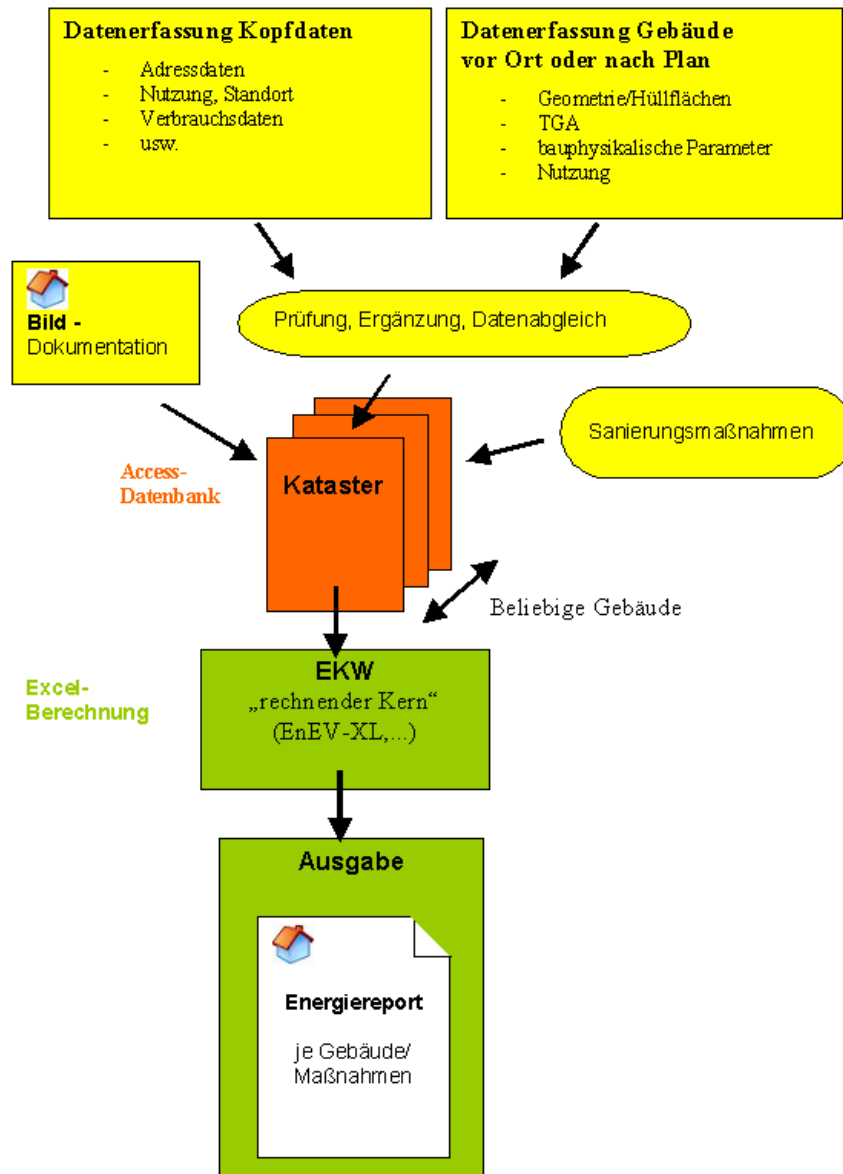


Abb. 1: Schematische Darstellung Energiekataster

5.1 Softwaremodule

Wunsch des Auftraggebers war, Standardsoftware für die Erfassung und Verarbeitung der Daten zu verwenden. Aus Kostengründen wurde auf vorhandene Berechnungssoftware zurückgegriffen:

- Die Erfassung und Aufbereitung der Daten wird mit einem Datenbankprogramm unter MS Access (Version 2000) bewerkstelligt. Das Modul wurde neu erstellt. Die Daten werden in aufbereiteter Form tabellarisch zur Weiterverarbeitung zur Verfügung gestellt.
- Die Berechnung erfolgt in EnEV-XL [EPass HWW 2005] Version 2.2 unter MS Excel (Version 2000). Die Lizenz wurde vom Institut Wohnen und Umwelt für das Energiekataster zur Verfügung gestellt. Das Rechentool wurde um die Datenübernahme sowie eine Ergebnisausgabe (Energiebericht) erweitert.

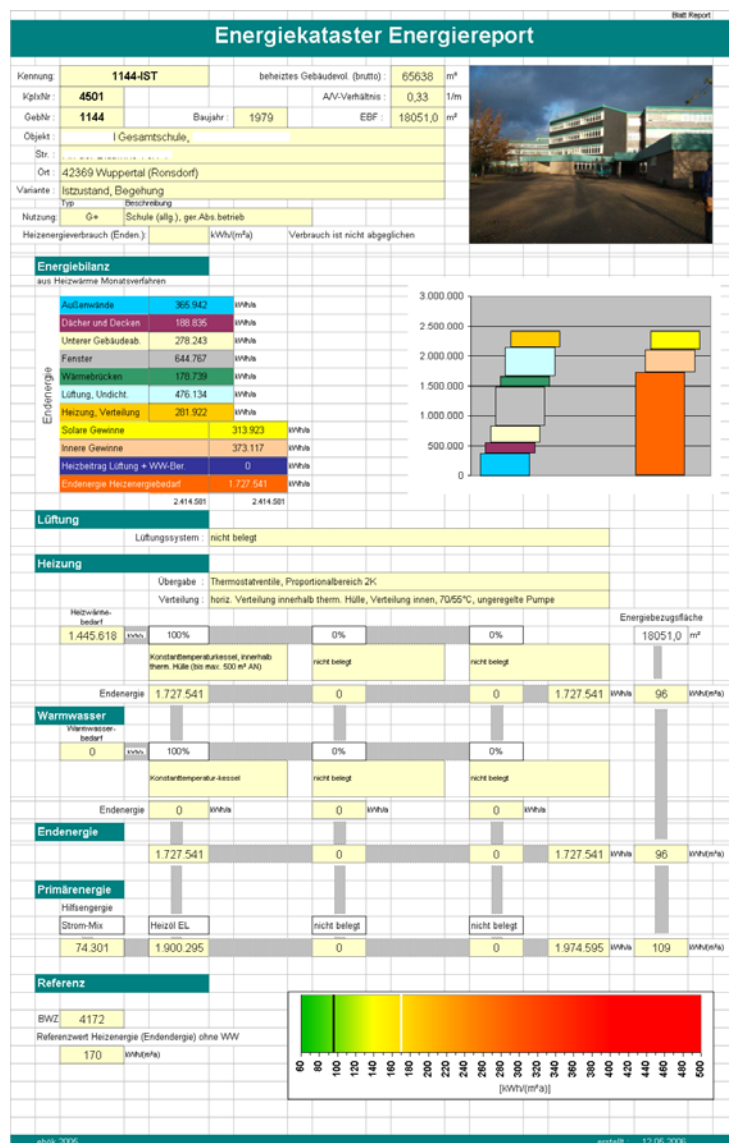


Abb. 2: Energiereport (Muster)

6 Datenerhebung und Durchführung der Begehungen

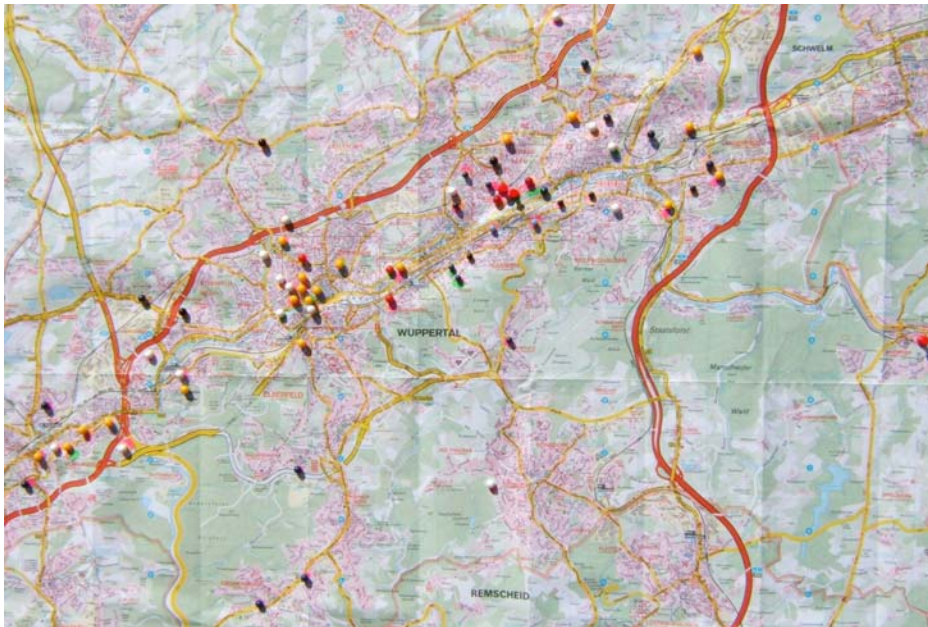


Abb. 3: Karte der begangenen Liegenschaften

Die Auswahl der Gebäude wurde von dem GMW in Abstimmung mit ebök vorgenommen. Die Auswahlkriterien orientierten sich daran, welche Gebäude sinnvoll im Kataster erfasst und welche Gebäude sinnvoll abgebildet werden können.

6.1 Begehungen



Abb. 4: Oben: Vermessung eines Gebäudes mit dem Lasermessgerät
Unten: Begehung Heizungsanlage (mit Hausmeister)

Die Begehungen wurden von Zweierteams nach Terminabsprache durchgeführt. Die dafür in Abhängigkeit der Gebäudegröße und – Komplexität veranschlagte Zeit wurde in den meisten Fällen eingehalten.

Die Begehungen müssen von kompetenten Fachleuten durchgeführt werden, wobei Kompetenz sowohl auf bauphysikalischer als auch auf haustechnischer Seite verlangt wird. Prädestiniert sind Ingenieure und Architekten, welche als Energieberater qualifiziert sind. Bei fachübergreifender Kompetenz der ersten Person kann die zweite Hilfstätigkeiten erfüllen.



Abb. 5: Erfassungskoffer mit Ausstattung

7 Projektergebnisse im Überblick

7.1 Methodik

Die gewählte Methodik ist der Aufgabe angemessen.

- Es kann eine sehr große Bandbreite öffentlicher Gebäude erfasst werden.
- Die Gebäude konnten mit sehr verhältnismäßigem Aufwand erfasst werden. Bei Bedarf kann die Erfassung auch später vertieft werden.

- Die Befragung der begehenden Ingenieure ergab, dass die Gebäude gut abgebildet werden können. Dies gilt insbesondere für den bautechnischen Teil.
- Die Energieverbräuche spiegeln die realen Verbrauchsdaten wieder. Die rechnerisch ermittelten Bedarfsdaten konnten in der weit überwiegenden Zahl der Gebäude sinnvoll mit den Verbrauchsdaten abgeglichen werden.
- Die Beurteilung des sommerlichen Wärmeschutzes ist einfach, lässt aber bereits der Aufgabe angemessene Aussagen zu.
- Das Kataster liefert eine sichere Basis für Investitionsentscheidungen bei Sanierungen.
- Darüber hinaus liefert das Energiekataster eine Fülle von Daten, die beim Management eines Gebäudebestands hilfreich sind (z.B. Fensterflächen für Reinigungsabrechnung).

7.2 Erfasste Gebäude, Aufwand der Erfassung

Von den ursprünglich vorgesehenen Gebäuden mussten nur zwei Komplexe von der Erfassung ausgenommen werden, da sie methodisch nicht sinnvoll zu erfassen waren.

Es wurden 129 Gebäude begangen und im Kataster erfasst.

Die Gesamt – Nettogrundfläche (oder Energiebezugsfläche) der begangenen Gebäude beträgt 242433 m². Die Abb. 6 gibt einen Überblick über die Verteilung der Gebäudegrößen.

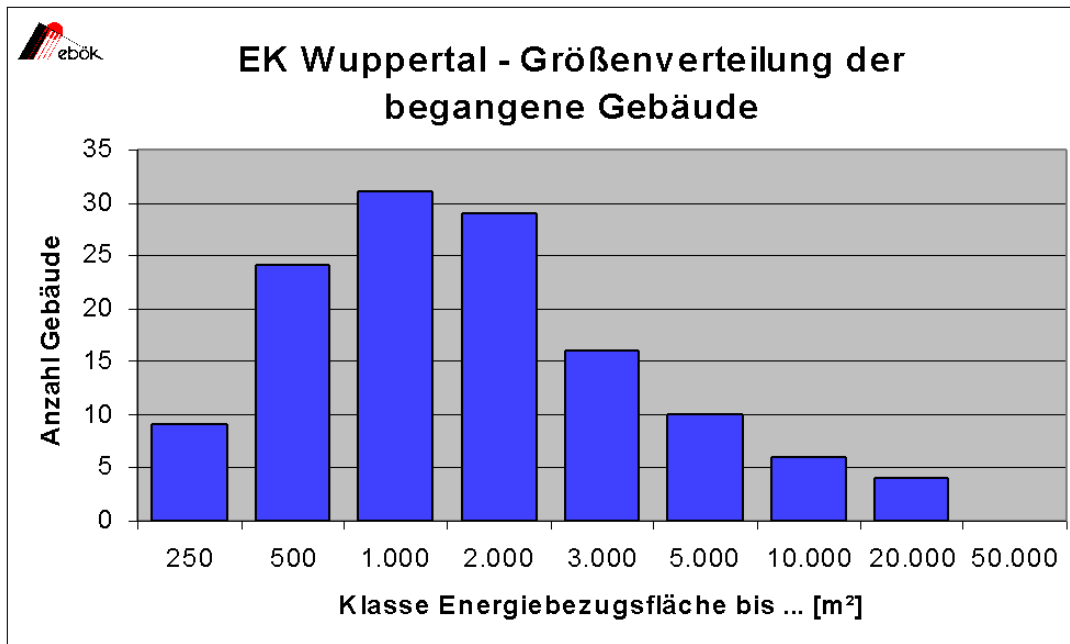


Abb. 6: Größenverteilung der begangenen Gebäude

Die 129 Gebäude konnten an 49 Tagen begangen werden. Im Mittel konnten 2,6 Gebäude pro Tag oder 4948 m² Energiebezugsfläche begangen werden. Die Abbildung zeigt einen Überblick über den Verlauf der Begehungen.

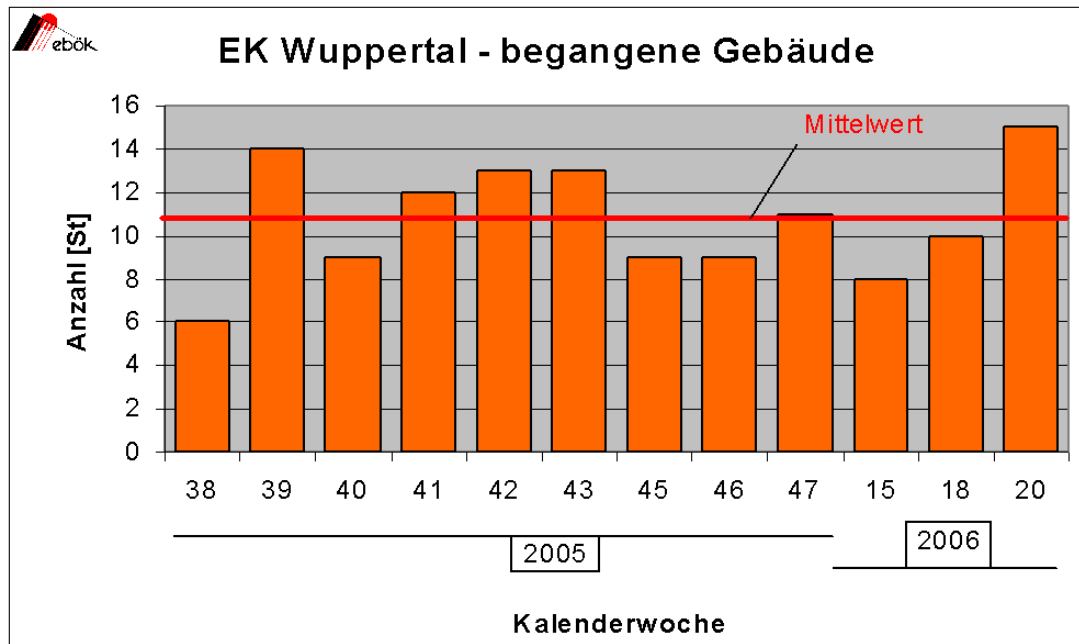


Abb. 7: Anzahl der begangenen Gebäude aufgeschlüsselt nach Begehungswochen. In den Wochen 44, 48-52 (2005) sowie 1-14, 16, 17 und 19 (2006) fanden aus Gründen der Witterung sowie der Arbeitsorganisation keine Begehungen statt. Der Mittelwert der begangenen Gebäude beträgt 10,7 Gebäude pro Woche. Nicht in allen Wochen wurden an 5 Tagen Begehungen durchgeführt. Der Mittelwert an den Begehungstagen liegt bei 2,6 Gebäuden pro Tag

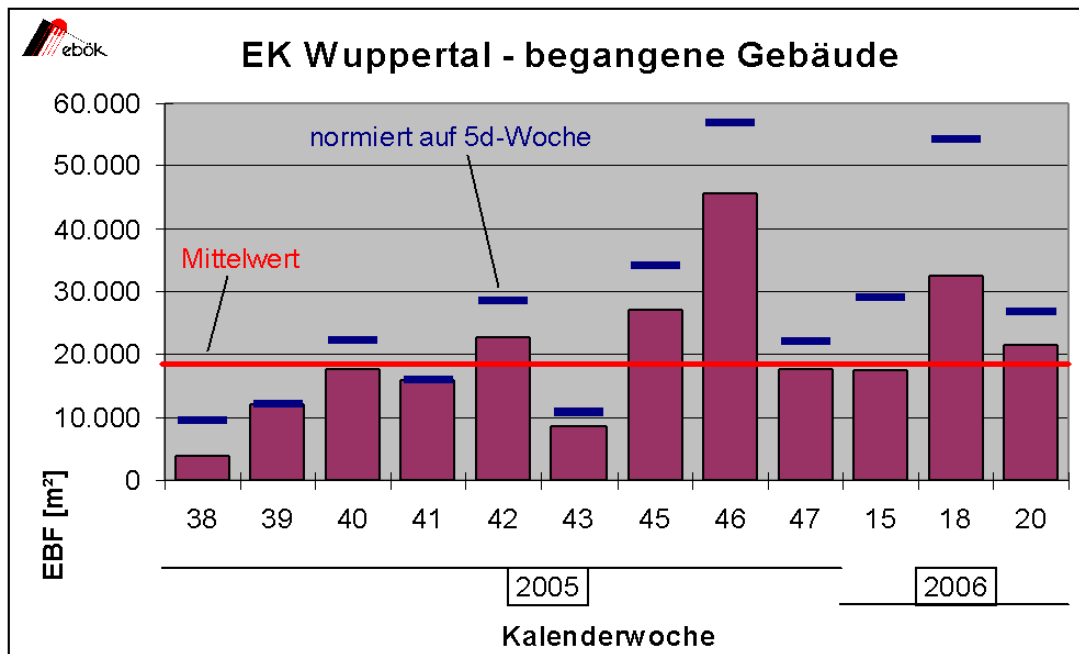


Abb. 8: Energiebezugsfläche der begangenen Gebäude aufgeschlüsselt nach Begehungswochen. Der Mittelwert beträgt 19019 m² pro Begehungstag. Nicht in allen Begehungswochen wurden an 5 Tagen Begehungen durchgeführt. In der Grafik sind daher zusätzlich die begangenen Flächen normiert auf eine 5d-Woche dargestellt.

7.3 Abgleich mit den Verbrauchsdaten

Von den 129 erfassten Gebäuden lagen bei 104 gut oder eingeschränkt valide, davon bei 84 gut glaubhafte Energieverbrauchsdaten vor. Bei 25 Gebäuden waren keine nachvollziehbaren Energieverbrauchsdaten vorhanden.

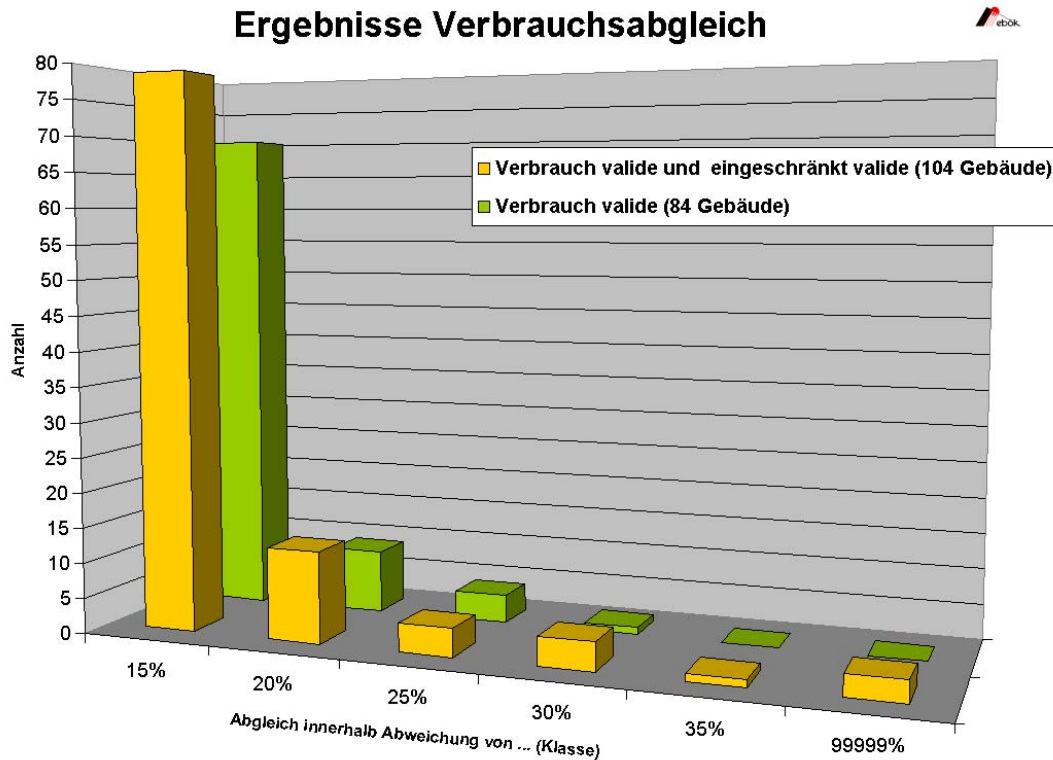


Abb. 9: Ergebnisse des Verbrauchsabgleichs. Anzahl der Gebäude in Abweichungs-Klassen. Bei 25 Gebäuden (nicht in der Grafik) lag kein valider Energieverbrauch vor. Bei 104 Gebäuden (gelb) war der Energieverbrauch valide oder eingeschränkt valide (s. Verteilung bei Erfassung eines Komplexes). Von den 104 Gebäuden lagen bei 84 valide Verbrauchsdaten vor (grün). Bei beiden Betrachtungen ist die Übereinstimmung in der Kategorie 15% sehr hoch.

Von den 104 Gebäuden, bei denen Energieverbrauchsdaten vorlagen, konnten bei 79 Gebäuden (**oder 76 % der Gebäude**) der Energiebedarf vollständig innerhalb einer Abweichung von 15% mit dem Verbrauch abgeglichen werden. Bei weiteren 13 Gebäuden konnte der Bedarf innerhalb einer Abweichung von 20% abgeglichen werden (entspricht 89%). Nur 12 Gebäude konnten nicht abgeglichen werden (Abb. 9).

Von den 84 Gebäuden, bei denen gut nachvollziehbare Verbrauchsdaten vorlagen, waren 70 innerhalb der Abweichung von 15% abgleichbar, 9 weitere innerhalb von 20%. Weitere 5 Gebäude konnten innerhalb von 30% Abweichung abgeglichen werden.

Jedes der 25 Gebäude, für die keine nachvollziehbaren Verbrauchsdaten vorlagen, wurde daraufhin geprüft, ob der berechnete Energiebedarf glaubwürdig ist.

Fazit des Verbrauchsabgleichs: Bei der überwiegenden Mehrheit der Gebäude konnten die berechneten Bedarfsdaten mit den gemessenen Verbrauchsdaten abgeglichen werden. Wo dies nicht gelang, waren die Ursachen mehrheitlich in offensichtlich fehlenden validen Verbrauchsdaten und daher nicht in der Methodik begründet.

7.4 Genauigkeit der Erfassung

Es konnte gezeigt werden, dass die Flächen der Gebäude mit der gewählten Methodik sehr gut erfassbar sind. Es konnte gezeigt werden, dass die gewählte Methodik ausreichend genaue Ergebnisse liefert und einer Methodik basieren auf Planaufnahmen mindestens ebenbürtig ist.

7.5 Gebäudeaufnahmen und Energiepass

Es wurde diskutiert, dass ein reiner Verbrauchspass nicht für die Ziele des Katasters (Investitionsentscheidung, Fortschreibung des Energiebedarfs) geeignet ist. Es konnte gezeigt werden, dass die direkte Erfassung der Gebäude bei angepasster Genauigkeit mit überschaubarem Aufwand und daher wirtschaftlich möglich ist.

7.6 Fortschreibung und Sanierung

Für alle erfassten Gebäude wurden Vorschläge für eine Verbesserung des energetischen Standards gemacht. Dazu wurden die Energieverbrauchsdaten je Gebäude auf Basis eines Gebäudemodells in einem möglichen Sanierungszustand berechnet.

Es können beliebige Sanierungsvarianten erzeugt werden.

Alle Gebäude können und sollen in ihrem jeweiligen Zustand im Kataster fortgeschrieben werden.

7.7 Sommerlicher Wärmeschutz

Der sommerliche Wärmeschutz konnte bei 73 Gebäuden sinnvoll erfasst werden. Bei einem Teil der nicht erfassten Gebäude berichteten die Nutzer über keinerlei Probleme. Solche Gebäude sind in der Datenbank vermerkt.

Bei 29 Gebäuden wurden die Kriterien des Nachweisverfahrens erfüllt. Bei 44 Gebäuden konnte die Einhaltung des sommerlichen Wärmeschutzes nicht nachgewiesen werden.

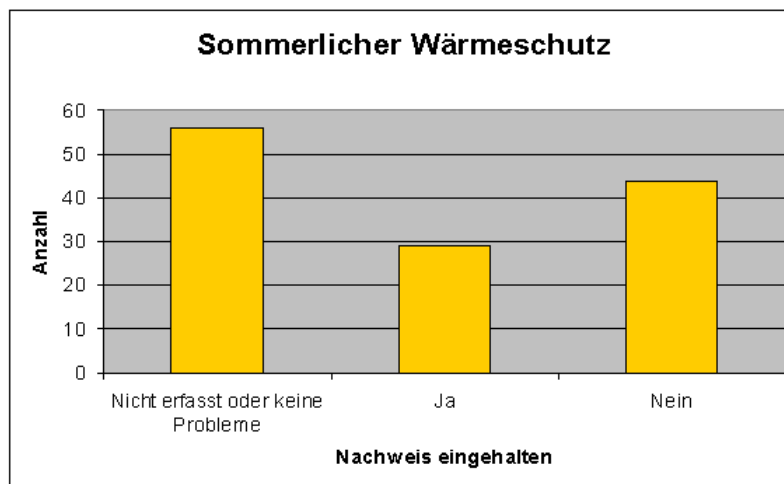


Abb. 10: Ergebnisse sommerlicher Wärmeschutz

8 Grenzen des Verfahrens

Mit Hilfe des im Energiekataster angewandten Verfahrens lassen sich eine große Bandbreite von Gebäuden sinnvoll abbilden. Insbesondere gilt dies auch für Gebäuden mit Wohn- und Büronutzungen, welche im Wuppertaler Energiekataster nicht oder nur wenig vorkommen.

Wenn Gebäude nicht mehr sinnvoll abgebildet (modelliert) werden können, sind die Grenzen des Verfahrens erreicht. Ursachen hierfür liegen einerseits im Verfahren, andererseits in der Messmethode begründet:

- Gebäude, welche mehrere Nutzungen zu maßgeblichen Teilen beinhalten, können nicht sinnvoll abgebildet werden, da eine Zonierung in Nutzungsbereiche durch das Verfahren nicht vorgesehen ist.
- Gebäude mit sehr hoher Komplexität können nicht mehr abgebildet werden.
- Gebäude mit hoher haustechnischer Komplexität können nicht abgebildet werden, insbesondere in Verbindung mit RLT-Anlagen. Hierunter fallen z.B. Schwimmbäder, und große Museen.
- Gebäude, deren Nutzung nicht sinnvoll standardisiert werden kann, oder für die keine Standards vorliegen, z.B. Aussiedlerwohnheime und Produktionshallen.
- Gebäude, welche nicht vermessen werden können, weil sie z.B. zu groß oder unzugänglich sind. Hierunter fallen z.B. Hochhäuser oder völlig eingebaute Gebäude.

Die Grenzen sind nicht immer klar zu ziehen. Im Einzelfall sollte dem Ingenieur vor Ort die Entscheidung überlassen werden. Die direkte Vermessung der Gebäudegeometrie kann unter Umständen sinnvoll durch eine Auswertung von Plänen ergänzt werden.

9 Voraussetzungen für den erfolgreichen Einsatz

Voraussetzungen für einen erfolgreichen Einsatz sind:

- Die Motivation des Gebäudebetreibers ist konform der Möglichkeiten des Energiekatasters. Es sollte der Wunsch da sein, Maßnahmen zur Sanierung gezielt auswählen und in ihrer energetischen Wirkung beurteilen zu können.
- Es sollte ein ausreichend großer Bestand an Gebäuden erfasst werden.
- Es sollte qualifiziertes Personal für die Erfassung sowie die Auswertung und Fortschreibung vorhanden sein.
- Die Erfassungstechnik sollte wenigstens in der beschriebenen Qualität vorhanden sein.
- Die Gebäude des Bestandes sollte durch die Methoden des Katasters abbildbar sein (s.a. Kap. 7.).

- Die Motivation der Gebäudeverantwortlichen oder Nutzer sollte eine sinnvolle Begehung und Befragung ermöglichen.
- Der Zustand des Gebäudes sollte zum Zeitpunkt der Erfassung stabil sein. Bei unmittelbar anstehender Sanierung sollte eher der sanierte Zustand erfasst werden. Abgängige Gebäude brauchen nicht mehr erfasst zu werden.

10 Literaturhinweise

- [EPass HWW 97] Loga T., U. Imkeller-Benjes. **Energie-Pass Heizung / Warmwasser, Energetische Qualität von Baukörper und Heizungssystem.** Darmstadt: Selbstverlag des IWU, März 1997.
- [EPHWW Tool 2001] Loga T., Born, Großklos, Bialy. **Energiebilanz Toolbox. Arbeitshilfen und Ergänzungen zum Energiepass Heizung / Warmwasser.** Darmstadt: Selbstverlag des IWU, Dez. 2001.
- [EPass HWW 2003] Loga T., U. Imkeller-Benjes. **Energie-Pass Heizung / Warmwasser, Energetische Qualität von Baukörper und Heizungssystem.** Aktualisierung in EnEV-XL (Rechenblatt). Darmstadt 2003.
- [EPass HWW 2005] Loga T., U. Imkeller-Benjes. **Energie-Pass Heizung / Warmwasser, Energetische Qualität von Baukörper und Heizungssystem.** Aktualisierung in EnEV-XL (Rechenblatt) Version 2.2. Mai 2005.
- [DIN EN 832 2003] **Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Berechnung des Heizenergiebedarfs - Wohngebäude.** Hrsg. Normenausschuss Bauwesen im Deutschen Institut für Normung e.V.. Berlin: Beuth, Juni. 2003.
- [DIN 4108-2:2003] **Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden.** Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz. Hrsg. Normenausschuss Bauwesen im Deutschen Institut für Normung e.V.. Berlin: Beuth, Juli 2003
- [DIN V 4108-6:2003] **Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden.** Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs. Hrsg. Normenausschuss Bauwesen im Deutschen Institut für Normung e.V.. Berlin: Beuth, Juni 2003.
- [DIN V 4701-10:2003] Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen - **Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung,**

- Lüftung.** Hrsg. Normenausschuss Bauwesen im Deutschen Institut für Normung e.V.. Berlin: Beuth, Aug. 2003.
- [Richtlinie NiWoGeb] **Richtlinie zur Erstellung von Energieverbrauchsausweisen für Nichtwohngebäude (Vorschlag).** Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V. im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen. Berlin Juli 2005. *IEMB-ArgeBau*
- [EnEV 2004] **Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung, Neufassung vom 2. Dezember 2004).** Bundesgesetzblatt Jahrgang 2004, Teil I, Nr. 64, Bonn 7. Dezember 2004
- [DIN 277] **Grundflächen und Rauminhalte von Hochbauten.** Hrsg. Normenausschuss Bauwesen im Deutschen Institut für Normung e.V.. Berlin: Beuth, 1973.
- [IIBV] **Verordnung über wohnwirtschaftliche Berechnungen (Zweite Berechnungsverordnung).** Bundesgesetzblatt. Teil 1, 1990, Nr. 55 S 2178 (im Anhang)
- [DIN V 18599 1-10] **Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung.** Teil 1 bis 10. Hrsg. Normenausschuss Bauwesen im Deutschen Institut für Normung e.V. Berlin: Beuth, 2007-7.
- [VDI 3807-2] **Energieverbrauchswerte für Gebäude. Heizenergie- und Stromverbrauchskennwerte. Blatt 2.** Hrsg. Verein deutscher Ingenieure Berlin: Beuth, 1998-06.