

EIN VERGLEICH DER ERGEBNISSE VON STATIONÄRER UND INSTATIONÄRER BERECHNUNG VON THERMISCHEN ENERGIEKENNZAHLEN ANHAND BESTEHENDER OBJEKTE IN WIEN

Ulrich Pont¹, Bernhard Sommer², und Ardeshir Mahdavi¹
¹Abteilung Bauphysik und Bauökologie, TU Wien, Wien, Österreich
²Energy Design, Universität für angewandte Kunst, Wien, Österreich

KURZFASSUNG

Im vorliegenden Beitrag werden die Resultate eines stationären Berechnungsverfahrens (nach OIB-Richtlinie Energieeinsparung und Wärmeschutz, April 2007 bzw. ÖNORM B 8110) für den Heizwärmebedarf von Gebäuden mit den Ergebnissen eines numerischen dynamischen Berechnungs-Verfahrens verglichen. Die Berechnungen wurden an sieben Objekten in Wien vorgenommen, und wurden unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Auflösung der Eingabedaten miteinander verglichen. Die verschiedenen Eingabedaten werden ebenfalls einander gegenüber gestellt, und es wird gezeigt, wie man dennoch – durch Berechnung bzw. Anpassung der Eingabedaten für das stationäre Verfahren – einen rudimentären Resultatvergleich vornehmen kann.

ABSTRACT

This paper compares the different results of a stationary calculation model and a dynamic simulation for heating demand of buildings on the basis of seven real buildings in Vienna. The simple calculation model of OIB RL 6 is the Austrian Standard for creating energy-certificates for buildings, and has a very low-scaling level of input-data, while the dynamic calculation delivers more accurate results following the higher resolution of its input data. A comparison between the input data of both methods is provided, and possible ways of minimizing the effect of resolution differences on the results.

EINFÜHRUNG

Seit 1.1.2009 sind in Österreich Gebäude mit Wohn- und Arbeitsnutzung mit einem sogenannten Energieausweis für Gebäude zu versehen. Das vorgesehene Verfahren wurde durch das österreichische Institut für Bautechnik (OIB) in einer Richtlinie vorgeschrieben, und basiert auf der ÖNORM B 8110. Es handelt sich um ein stationäres Verfahren, dessen Intention in der Vergleichbarkeit verschiedener Objekte untereinander liegt.

In der Praxis wird dieses Verfahren in Österreich auch zur Planung bei Neubauten und Adaptierung

von Bestandsbauten verwendet, da die Gebietskörperschaften bestimmte Kriterien für Förderungen und Baubewilligungen Nachweise nach dieser Berechnungsmethode verlangen.

Die Ergebnisse eines solchen Verfahrens sind durch die geringe Auflösung der Eingabedaten und das einfache Rechenverfahren von beschränkter Aussagekraft. Genauere Resultate sind durch Einsatz von numerischen dynamischen Simulationsverfahren zu erwarten, da hier detaillierte und umfangreiche Eingabedaten verwendet werden können.

Um abschätzen zu können, wie groß die Unterschiede zwischen den Resultaten des Energieausweisverfahrens und einem dynamischen Berechnungsverfahren sind, wurden für eine Zahl von Bestandsobjekten in Österreich beide Verfahren angewendet und die Resultate (Heizwärmebedarf) verglichen.

Weiters weist der Beitrag auf die unterschiedlichen Qualitätsanforderungen der Eingabedaten bei Bauteilen und Wetterdaten hin, und zeigt, wie diese miteinander verbunden werden können, so dass die Unterschiede in den Ergebnissen vorrangig auf dem Berechnungsverfahren und nicht auf Datenunterschieden beruhen.

HINTERGRÜNDE ZUM ENERGIEAUSWEIS

Rechtliche Hintergründe: Das Energieausweis-Vorlage-Gesetz

Wie im Energieausweis-Vorlagegesetz – der österreichischen Umsetzung der RL 2002/91/EG – ausformuliert (§2,3,7), müssen Hauseigentümer und Vermieter seit dem Inkrafttreten dieses Gesetzes im Jahre 2006 Energieausweise erstellen, bzw. erstellen lassen, um diesem Gesetz zu entsprechen, bzw. im Falle der Veräußerung einer Liegenschaft die entsprechenden Unterlagen vorweisen zu können.

Aktuelle Anforderungen an Energieausweise:

Die aktuellen Anforderungen an einen Energieausweis hat das österreichische Institut für

Bautechnik in der OIB Richtlinie 6 „Energieeinsparung und Wärmeschutz“ vom April 2007 definiert.

Die notwendigen Berechnungen für den Energieausweis können und sollen anhand von EDV-Werkzeugen, wie z.B. Archiphysik durchgeführt werden. Die in diesem Paper beschriebenen Berechnungen wurden mit Archiphysik in der Version 08.100 durchgeführt. Der Großteil dieser Software-Pakete besitzt sowohl eine Schnittstelle für numerische Eingaben, d.h. es ist vorher eine Aufbereitung der Eingabedaten erforderlich, als auch die Möglichkeit, zumindestens rudimentäre Daten aus anderen Softwareapplikationen, wie z.B. von CAD-Paketen zu übernehmen. Im Zuge des zunehmenden Building-Information-Modellings ist das speziell für Neubauten interessant, da bei diesen die Pläne fast immer digital vorliegen und eine einfache und für Architekten attraktive Parallelschaltung von Entwurf und Berechnung möglich ist.

Die österreichischen Gebietskörperschaften koppeln an den Energieausweis Baubewilligungen und Förderungen. Exemplarisch sei auf die Wiener Bauordnung §63 und §118 bzw. auf die Wiener Bautechnikverordnung 2008 betreffend der Baubewilligung, und auf die Förderungsrichtlinie „Niedrigenergiehaus mit verbessertem Wärmeschutz NEH“ (Wiener Gemeinderatsbeschluss vom 10.02.2010) verwiesen. In allen genannten Dokumenten wird ein Energieausweis verlangt, im letztgenannten ist es auch notwendig bestimmte Werte zu erreichen, um Anrecht auf eine Förderung durch die Gebietskörperschaft zu haben.

Abbildung 1: Beispiel für die grafische Darstellung des Heizwärmebedarfs in einem Energieausweis



Da in der genannten Bautechnikverordnung die jeweilig gültige OIB Richtlinie erwähnt wird, und in dieser die Anforderungen an die thermische Gebäudehülle und an das Nachweisverfahren genannt sind, ist es in Wien (und in weiten Teilen

Österreichs) notwendig einen Energieausweis nach dem OIB-Verfahren zu erstellen, um überhaupt einen Neu-, Zu- oder Umbau vornehmen zu können.

Im Energieausweis werden Objekte anhand ihres auf die beheizte Bruttogeschossfläche bezogenen Heizwärmebedarfs in Klassen (A++ für Gebäude mit einem HWB kleiner 10 kWh.m⁻².a⁻¹ bis G für Gebäude mit einem HWB größer 250 kWh.m⁻².a⁻¹.) eingeteilt. Die grafische Darstellung dieser Einteilung – siehe Abbildung 1 –, im Volksmund „Kühlschrankpickerl“ genannt, ist – zumindestens bei öffentlichen Gebäuden – öffentlich zugänglich zu machen.

In der OIB-Richtlinie werden auch verbindlich **zwei Verbesserungsmaßnahmen** gefordert, die für Bestandsobjekte durchzuführen sind:

- Auflistung der notwendigen Bauteilsanierungsmaßnahmen, um das Gebäude in die nächst bessere Klasse zu bringen
- Auflistung der Maßnahmen an den einzelnen Bauteilen des Gebäudes, um die Bauteile auf die in der OIB-Richtlinie aufgelisteten U-Werte für Neubauten zu bringen.

Notwendige Eingabedaten für die Erstellung eines Energieausweises:

Im OIB-Verfahren zur Erstellung eines Energieausweises sind **folgende Eingabedaten notwendig**:

- Jahresbezogene Heizgradtage 12/20 (im folgenden mit HGT_{12/20} bezeichnet), welche die Periode determinieren, in der die Heizung in einem Gebäude läuft.
- Monatliche Wetterdaten, bestehend aus Durchschnittsaußentemperatur und Strahlungssummen für alle Himmelsrichtungen und Horizontalflächen. Diese werden anhand eines Klimadatenkataloges, der alle Ort in Österreich abdeckt, von den meisten Berechnungsprogrammen zur Verfügung gestellt, so auch von Archiphysik.
- Bei den im Gebäude vorhandenen Bauteilen müssen die U-Werte bekannt sein, oder alle Bauteilschichten vorhanden sein, um den resultierenden U-Wert eines Bauteils berechnen zu können. (Auch dies ist in den meisten Programmen möglich, bzw. sogar gewünscht)
- Die Gebäudegeometrie wird numerisch als Flächen eingesetzt, weiters sind beheizte Bruttogeschossfläche und Bruttovolumen als Eingangsparameter erforderlich. Einige Programme beherrschen auch das Übernehmen der Flächen aus CAD-Plänen, dies ist aber für den Bestand, bei dem meist Analoge Pläne vorliegen nicht immer gleich interessant.

Das Ergebnis der Berechnung des Energieausweises

Bei der Berechnung nach dem OIB-Verfahren ist das bedeutsamste Ergebnis der Heizwärmebedarf des Referenzklimas (Das ist das jeweilige für eine Region vorgesehene Klima nach ÖNORM B 8110). Dieser wird kann sowohl als Gesamtwert ($\text{kWh}\cdot\text{a}^{-1}$), wie auch auf die Bruttogeschossfläche bezogen ($\text{kWh}\cdot\text{a}^{-1}$) berechnet werden.

Weitere Ergebnisse können, je nach vorhandenen Eingabedaten, der Endenergiebedarf, der CO₂-Einsatz, der Heiztechnikenergiebedarf und andere sein. Im vorliegenden Beitrag wurden die vor allem die HWB-Ergebnisse herangezogen

DURCHFÜHRUNG DER BERECHNUNG MIT DEM OIB-VERFAHREN

Da für die gewählten Objekte auch kommerziell ein Energieausweis erstellt wurde, wurde folgender bewährter Arbeitsablauf durchgeführt (Berechnung mit Archiphysik):

- Organisation der analogen planlichen Unterlagen der Objekte vom Hausverwalter oder Besitzer (Digitale Pläne sind so gut wie nie vorhanden)
- Gebäudebegehung mit fotografischer Objektdokumentation
- Ermitteln der Bauteilaufbauten bzw. Feststellen des Fehlens der Bauteilaufbauten
- Erstellung einer Tabellenkalkulation mit den Geometrie-Eingabedaten für Archiphysik
- Geometrie-Eingabe in Archiphysik
- Randbedingungeinstellung in Archiphysik
- Auslesen des fertigen Energieausweises.

Der Zwischenschritt über die Tabellenkalkulation zur Geometrie-Ermittlung wurde aus zeitökonomischen Gründen gewählt – die Erstellung eines digitalen Modells aus teilweise sehr unvollständigen Plänen in einem CAD-Paket, um dann erst recht die Fläche im Programm abzumessen, hätte sich mit gleichem Output als größerer Aufwand erwiesen.

Im Falle des Fehlens von akkuraten Bauteilaufbauten bzw. U-Werten stellt das OIB in einem Leitfaden sogenannte Default-Werte zur Verfügung, die anhand des Baualters einen realistischen U-Wert liefern.

Unter Randbedingungen sind Festlegungen zu Lüftungsverhalten, Gebäudenutzung, Heizsystem etc. anhand von vorgegebenen Profilen einzustellen, die von der ÖNORM B 8110 vorgegeben sind, beispielsweise ist für interne Gewinne ein Wert von $3,75 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ vorgesehen

HINTERGRÜNDE ZUM NUMERISCH-DYNAMISCHEN VERFAHREN.

Kurzeinführung:

Die dynamischen Berechnungen in diesem Beitrag wurden mit der Software EDSL A-TAS in der Version 9.1.3 durchgeführt (Im folgenden wird die Software nur mit TAS bezeichnet). Die Schlüsselfunktionen sollen hier kurz - entsprechend dem englischsprachigen TAS-Manual – aufgezeigt werden:

Die Berechnungsmethode von TAS entspricht einer dynamischen Simulation, d.h. es werden nicht wie im stationären OIB-Verfahren für einen längeren Zeitraum (im OIB-Verfahren: 1 Jahr bzw. 1 Monat) bestimmte Werte als dauerhaft angesetzt, sondern es wird ein Jahr aufgelöst in Einzelstunden betrachtet. Es kommen dabei keine Extremwerte, sondern reale bzw. realistische Werte für die Umgebungsbedingungen als Einflussparameter zum Einsatz, die aber dafür für jede Stunde des Jahres eingesetzt werden.

Input-/ Outputdaten:

Unter anderem werden dann **folgende Größen** im Zuge einer solchen Simulation berechnet:

- Transmission / Wärmeleitung
- konvektive Einflüsse auf die Wärmeverteilung
- Strahlungsaustausch gemäß den physikalischen Gesetzen (Stefan-Boltzmann-Gesetz)
- Solare Gewinne
- Innenraumbedingungen (Interne Gewinne durch Geräte, Belegung, Aktivität);
- Ventilation und Infiltration
- Anlagentechnik der HVAC-Anlagen.

Entsprechend dieser Berechnungen sind zumindestens **folgende Eingabeparameter erforderlich:**

Stündliche Wetterdaten des entsprechenden Standortes (definiert durch geographischen Längen- und Breitengrad), bestehend aus:

- Global- und Diffusstrahlung
- Wolkenbedeckung
- Außentemperatur (Trockenkugeltemperatur)
- rel. Luftfeuchtigkeit
- Windgeschwindigkeit
- Windrichtung

Kennwerte der Bauteile, speziell die verwendeten Baumaterialien mit:

- Eingebauter Schichtdicke
- Wärmeleitfähigkeit

- Spezifischer Wärmekapazität
- Dichte
- Diffusionswiderstand
- Solarer Absorption/Reflexions-Eigenschaft
- Thermischer Absorption/Reflexions-Eigenschaft

Geometrische Eingabedaten:

Im Gegensatz zum stationären Verfahren liegt der Berechnung ein im programm-eigenen 3D-Modeller zu erstellendes Eingabemodell zu Grunde, welches dann mit den vorgenannten Parametern betreffend Bauteilen und Wetter bespielt werden muss um Ergebnisse zu erhalten. Ein Import von CAD-Plänen oder Underlays ist bei der verwendeten Software nur als zweidimensionale Unterlage möglich.

Die **Resultate** des dynamischen Verfahrens sind ebenfalls stundenweise skaliert. Um eine Vergleichbarkeit mit dem OIB-Verfahren zu erzielen, können die entsprechenden stundenbezogenen „Heating Loads“ (welche in der Leistungseinheit Watt ausgegeben werden), über eine einfache Berechnung in einen jahresbezogenen bzw. jahres- und flächenbezogenen Heizwärmebedarf in Kilowattstunden pro Jahr (bzw. pro Quadratmeter und Jahr) umgewandelt werden. Diese Umformung wurde in einer Tabellenkalkulation vorgenommen und funktioniert nach Formel [1]:

$$HWB_{year} = \sum_{n=1}^{8760} hourlyload_n \frac{3600}{3600000} \quad [1]$$

UNTERSUCHTE OBJEKTE

Für vorliegenden Beitrag wurden sieben Objekte in Wien ausgewählt, davon fünf mit sehr ähnlicher Gebäude-Struktur und abweichenden Ausrichtungen. (Objekt T1 – T7). Die Objekte T6 und T7 befinden sich in innerstädtischer Verbauung mit unmittelbar anschließenden Nachbarn, während die Objekte T1 bis T5 freistehende Monolithen sind. In Tabelle 1 findet sich eine Aufstellung der verwendeten Gebäude, mit einigen gebäudespezifischen Daten:

Diese Objekte wurden wegen Ihres ähnlichen Baualters und der einfachen geometrischen Formensprache der 1950er bis 1980er Jahre gewählt, um eine einfache Modellierbarkeit in beiden Verfahren zu gewährleisten. Außerdem wurden sie ausgewählt, da eine gute Plandokumentation, aber keine Bauteilaufbauten vorhanden waren (siehe „Durchführung der Simulation“).

Tabelle 1

In diesem Beitrag verwendete Wohnbauten aus Wien

| Name | Abbildung | Baualter/Anmerkungen |
|-----------|--|--|
| Objekt T1 |  | 1956 Reine Wohnnutzung Freistehend/keine Nachbarn 5 beheizte Geschosse lc = 2,19 m |
| Objekt T2 |  | 1956 Reine Wohnnutzung Freistehend/keine Nachbarn 5 beheizte Geschosse lc = 2,19 m |
| Objekt T3 |  | 1961 Reine Wohnnutzung Freistehend/keine Nachbarn 6 beheizte Geschosse lc = 2,07 m |
| Objekt T4 |  | 1961 Reine Wohnnutzung Freistehend/keine Nachbarn 6 beheizte Geschosse lc = 2,05 m |
| Objekt T5 |  | 1961 Reine Wohnnutzung Freistehend/keine Nachbarn 6 beheizte Geschosse lc = 2,26 m |
| Objekt T6 | | 1965 Reine Wohnnutzung U-förmiger Blockabschluss 4 beheizte Geschosse lc = 2,68 m |
| Objekt T7 |  | 1973 Wohnnutzung & Geschäftsnutzung Ecklage im innerstädtischen Verbund 7 beheizte Stockwerke lc = 2,11m |

RESULTATE DER ENERGIEAUSWEISE NACH DEM OIB-VERFAHREN

Tabelle 2

Resultate der Berechnung mit dem OIB-Verfahren

| Objekt | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| OIB | | | | | | | |
| HWB_{BGF, REF} kWh.m ⁻² .a ⁻¹ | 171 | 171 | 160 | 162 | 144 | 116 | 120 |

Bei allen Gebäuden musste mit den Default-Werten nach OIB Leitfadern zum Energietechnischen Verhalten von Gebäuden gerechnet (in weiter Folge OIB LF6 genannt) werden, da in den vorliegenden Gebäudeplänen keine Bauteil-Aufbauten angegeben waren.

Die in der Tabelle abgebildeten Ergebnisse sind auf das Referenzklima für Wien bezogen (d.h. 3400 K.d.a¹), welches von Seiten der ÖNORM B8110 vorgegeben ist.

DURCHFÜHRUNG DER SIMULATION

Die Simulation der Objekte wurde folgendermaßen durchgeführt:

- Eingabe der Geometrie in den TAS 3D-Modeller.
- Verknüpfen der Geometrie mit entsprechenden Bauteilaufbauten
- Verknüpfen des Modells mit entsprechenden internen Gewinnen und einer passenden Wetterdatenfile für den Standort Wien
- Durchführen der Berechnungssimulation
- Auslesen und Umformen der Ergebnisse.

Dieser einfache Ablauf ist in der Praxis mit einigen Problemen verbunden:

- Die **vorhandenen Informationen über Bauteilaufbauten** der meisten Bestandsgebäude sind schon für eine Berechnung nach dem OIB-Verfahren nicht tauglich – dort bietet sich der Ausweg über entsprechende Default-Werte. Für die dynamische Berechnung sind aber erheblich mehr Eingabedaten notwendig.

Für die vorliegenden Modelle wurden daher typische Konstruktionen der entsprechenden Bauwerke entwickelt, die **den gleichen U-Wert** besitzen, die dafür notwendigen Baumaterialien wurden aus der programm-eigenen Materialdatenbank entnommen.

Als Beispiel soll das hier für eine Außenwand von Objekt T7 gezeigt werden:

In den vorliegenden Plänen waren keine Aufbauten angegeben, daher wurde nach dem

OIB LF6 der Defaultwert für Mehrfamilienhäuser nach 1960 verwendet.

Da es sich um einen Massivbau handelt wurde eine entsprechende Konstruktion für die Eingabe im Simulationsprogramm entwickelt:

Der Defaultwert beträgt lt. OIB LF6:
1,2 W.m⁻².K⁻¹

Die Konstruktion entsprechend dieses U-Werts ist in Tabelle 3 zu sehen:

Tabelle 3

Bauteil-Konstruktion für eine Außenwand mit U-Wert 1,2 W.m⁻².K⁻¹

| SCHICHT | DICKE | LAMBDA |
|-----------|--------|---|
| Außenputz | 25 mm | 1,22 W.m ⁻¹ .K ⁻¹ |
| Mauerwerk | 200 mm | 0,33 W.m ⁻¹ .K ⁻¹ |
| Innenputz | 25 mm | 0,68 W.m ⁻¹ .K ⁻¹ |

Die weiteren erforderlichen Werte für die Simulation wurden entsprechend der Materialdatenbank des Programms für Putze („Plaster“) und Mauerwerk („Masonry“) entnommen.

- Eine weitere Problematik ist in der Praxis die 3D-Modellierung komplizierter Dachformen und deren Verschneidungen, sowie von Gaupen. Es ist oftmals eine Annäherung des Volumens und der Außenflächen der bessere und einfachere Weg um ein für eine thermische Simulation akkurates und funktionstüchtiges Gebäudemodell zu bekommen, als die 1:1 Modellierung hochkomplizierter Dachformen. Um diesem Problem im Zuge dieses Beitrags aus dem Weg zu gehen, wurden hier nur Objekte mit relativ einfachen Flachdächern und Dachschrägen verwendet.
- Die Zonierung der Bauwerke stellt demgegenüber kein Problem dar, da aus Gründen der Vergleichbarkeit mit dem OIB-Verfahren die gleichen internen Bedingungen angesetzt wurden.

Es ist aber festzuhalten, dass es natürlich sinnvoller ist, in entsprechenden Räumen die realen internen Konditionen einzustellen, statt alle Räume bzw. Wohnungen mit Einheitsbedingungen zu versehen.

Im OIB-Verfahren ist eine Zonierung aufgrund unterschiedlicher interner Bedingungen nur aufgrund unterschiedlicher Gesamtnutzungen vorgesehen, d.h. ein Bürogebäude wird mit anderen internen Gewinnen berechnet als ein Wohngebäude.

Settings im Simulationsprogramm TAS:

Die Innentemperatur wurde für die Berechnungen auf 20°C gesetzt, die internen Gewinne auf die in der ÖNORM B 8110 festgehaltenen 3,75 W.m⁻². Weiters wurde der Luftwechsel auf 0,4 h⁻¹ gesetzt, um den gleichen Wert wie in den OIB-Berechnungen zu verwenden.

Im Zuge der Fragestellung der Vergleichbarkeit bleibt die Frage offen, ob Modelle nur mit der wärmeabgebenden Hülle, oder mit allen für das Modell relevanten Bauelementen konstruiert werden sollen, da diese Bauelemente, z.B. durch Wärmespeicherung einen Einfluss auf die Ergebnisse haben können.

In der verwendeten Software ist es für ein akkurates Modell erforderlich Geschossdecken im Modell einzurichten, so dass zumindest diese Elemente auf jeden Fall enthalten sein mussten.

Bei den angeführten Berechnungen wurden die Modelle so erstellt, dass die Hauptbauelemente ausgeführt und auch mit entsprechenden Bauteilen versehen wurden, d.h. es sind Wohnungstrennwände und Rauntrennwände vorhanden. Abbildung 2 zeigt einen Vergleich zwischen der tatsächlichen Konfiguration der Bauelementen in eine Regelgeschoss von Objekt S1, die Umsetzung im Simulationsmodell, und den Umriss der wärmeabgebenden Flächen, die im OIB-Verfahren berücksichtigt wurden.

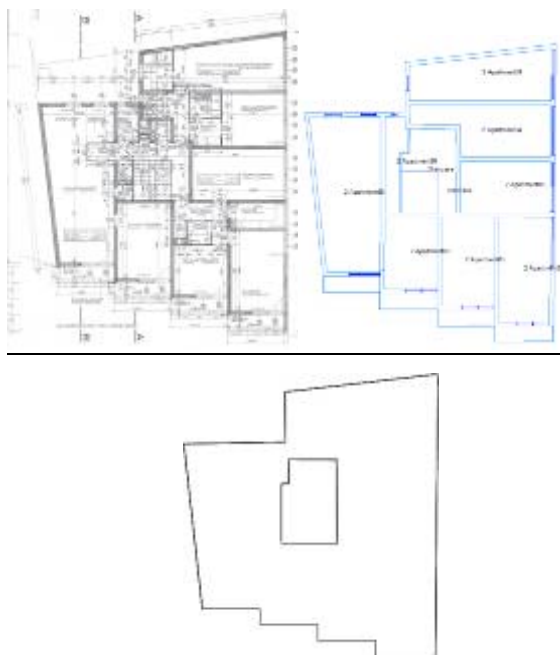


Abbildung 2: links oben Originalplan, rechts oben Simulationsmodell und in der Mitte unten den im OIB-Verfahren berücksichtigten wärmeabgebenden Umriss des Regelgeschosses von Objekt T7.

RESULTATE DER DYNAMISCHEN SIMULATION

Tabelle 3

Resultate der Berechnung mit dem OIB-Verfahren

| Objekt | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Simulation | | | | | | | |
| HWB_{BGF, SIM} kWh.m ⁻² .a ⁻¹ | 66 | 66 | 53 | 50 | 58 | 55 | 64 |

Bei allen Gebäuden wurde mit Aufbauten gerechnet, deren U-Werte den U-Werten der in der OIB-Berechnung verwendeten Defaultwerten aus dem OIB LF6 gleich sind. Die Konstruktionen wurden wie weiter oben beschrieben angenähert.

Die in der Tabelle abgebildeten Ergebnisse sind auf die HGT_{12/20} aus der Simulation (d.h. 2846 K.d.a⁻¹) bezogen (siehe Umrechnung und Gegenüberstellung der Resultate).

UMRECHNUNG UND GEGENÜBERSTELLUNG DER RESULTATE

Um die mit den Referenz-HGT ausgerechneten HWB_{BGF, REF} an eine andere HGT-Zahl (HWB_{NEU}) anzupassen gilt folgende Formel:

$$HWB_{NEU} = HWB_{BGF, REF} \frac{HGT_{NEU}}{HGT_{REF}} \quad [2]$$

Aus der in der Simulation verwendeten Wetterdatenfile für Wien – welche mittels der Software Meteororm generiert wurde –, wurden die HGT_{12/20} folgendermaßen herausgerechnet:

- Es wurde für jeden Tag die Summe der 24 vorhandenen Stundendaten ausgerechnet und durch 24 dividiert, d.h. es wurde ein arithmetisches Tagesmittel der Temperatur gebildet.
- War dieses arithmetische Tagesmittel kleiner oder gleich 12°, so wurde es von 20°C abgezogen, und das Resultat zu einer Gesamtsumme hinzugerechnet. Andernfalls wurde der Wert nicht berücksichtigt
- Die nach dem Abarbeiten aller 365 Jahrestage entstandene Gesamtsumme entspricht den HGT_{12/20} für diese stündlichen Wetterdaten.

Für diese Umrechnung wurde ein kleines Programm in der Programmiersprache Java verfasst, das diesen Schritt automatisiert.

Da die Berechnung mittels des numerisch-dynamischen Verfahrens durch die feinere Datenaufösung der Wetterdaten als genauer angenommen wurde, war es naheliegend die Resultate der stationären Berechnung mittels obenstehender Formel an die $HGT_{12/20}$ der dynamischen Kalkulation anzupassen.

Während im stationären Verfahren die $HGT_{12/20}$ mit 3400 Kd angesetzt (Referenzklima für Wien), ergab eine Berechnung aus den Stundendaten lediglich 2846 Kd, was knapp 84 % der Referenzheizgradtage entspricht.

Die Berechnungsergebnisse wurden daher entsprechend auf die neuen HGTs umgerechnet. In der Tabelle 4 und in Abbildung 3 sind die Resultate einander gegenübergestellt.

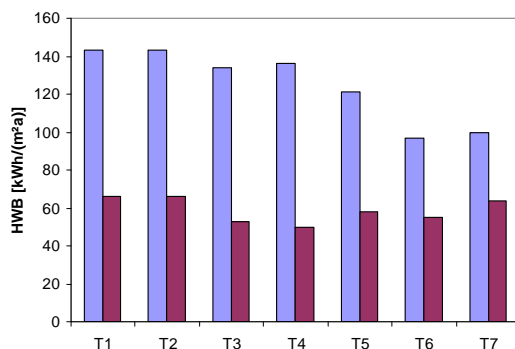
Tabelle 4

Gegenüberstellung der Resultate des OIB-Verfahrens und der Simulation

| Objekt | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| OIB | | | | | | | |
| $HWB_{BGF, REF}$ kWh.m ⁻² .a ⁻¹ | 171 | 171 | 160 | 162 | 144 | 116 | 120 |
| OIB | | | | | | | |
| $HWB_{BGF, Sim}$ kWh.m ⁻² .a ⁻¹ | 143 | 143 | 134 | 136 | 121 | 97 | 100 |
| Simulation | | | | | | | |
| $HWB_{BGF, Sim}$ kWh.m ⁻² .a ⁻¹ | 66 | 66 | 53 | 50 | 58 | 55 | 64 |
| Simulation /OIB | | | | | | | |
| % | 46 | 46 | 40 | 37 | 48 | 57 | 64 |

Abbildung 3

Gegenüberstellung der Resultate des OIB-Verfahrens und der Simulation jeweils bezogen auf $HGT_{12/20}$ 2846 K.d.a⁻¹



ERGEBNISANALYSE & DISKUSSION

Die HWB-Kalkulation im dynamischem Verfahren erzielt durchwegs niedrigere Ergebnisse als die stationäre Berechnung nach dem OIB-Verfahren. Bei fünf der sieben Objekte beträgt das Ergebnis der Simulation zwischen 46 und 64 Prozent der OIB-Berechnung, Bei Objekt T3 und Objekt T4 beträgt dieser Wert jedoch nur 40 bzw. 37 Prozent. Daher wurde untersucht, ob und in welcher Weise sich diese Objekte Gemeinsamkeiten oder Unterschieden zu den anderen Objekten aufweisen.

Da ja die Eingangsparameter Luftwechsel, Wetterdatenfile für alle Objekte gleichgesetzt wurden, bleiben folgende Parameter als Erklärung für die Unterschiede übrig:

- Geometrie der Gebäude, d.h. Verhältnis opake zu transparenten Flächen, Kompaktheit, und Ausrichtung.
- Bauteilkennwerte der Gebäude, z.B. der mittlere U-Wert

Der naheliegende Gedanke, die Berechnung anhand der bekannten Wärmebilanzgleichung in Transmissions- und Lüftungswärmeverluste, sowie interne und solare Gewinne zu zerlegen, ist für das OIB-Modell sehr leicht möglich, macht für das Simulationsmodell aber keinen Sinn, da diese 4 Parameter sich durch die feine Auflösung der Daten laufend gegenseitig beeinflussen, und somit es kaum möglich ist eine scharfe Trennung durchzuführen. Daher wurde von dieser Untersuchung Abstand genommen.

Tabelle 5

Aufstellung des lc-Wertes (in m), der mittleren U-Werte (U_m ; in $W.m^{-2}.K^{-1}$) und des Anteil der Verglasung an den wärmeabgebenden Außenbauteile (A_v , in %) der Objekte T1-T7.

| Objekt | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| lc | 2,19 | 2,19 | 2,07 | 2,05 | 2,26 | 2,68 | 2,11 |
| U_m | 1,397 | 1,397 | 1,245 | 1,245 | 1,399 | 1,45 | 1,363 |
| A_v | 9% | 9% | 10% | 10% | 9% | 10% | 18% |

In Tabelle 5 sind der lc-Wert als Einflussparameter der Gebäudegeometrie, der mittlere U-Wert als Angabe über die thermische Qualität der Gebäudehülle und der Anteil der Verglasung an der wärmeabgebenden Gebäudehülle aufgeführt. Bei den Objekten T3 und T4, fällt auf, dass die mittleren U-Werte am niedrigsten sind. Der lc-Wert, der ein Maß für die Kompaktheit ist (Bruttovolumen dividiert durch Summe der wärmeabgebenden Flächen - je größer der lc-Wert ist, desto kompakter ist das Gebäude) ist bei diesen beiden Objekten jedoch am geringsten, wobei er sich nicht signifikant von den anderen Objekten unterscheidet.

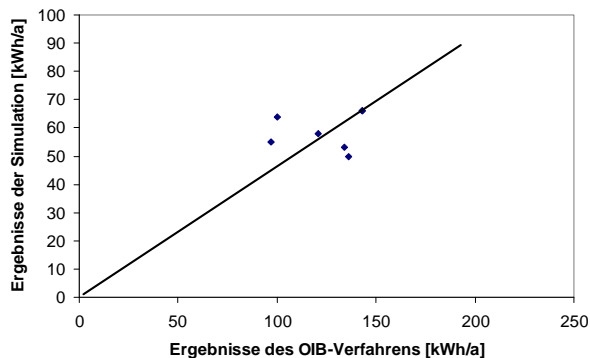
Der Anteil der Verglasung an der Außenhülle bei T3 und T4 ist mit 10% ebenfalls im Rahmen der anderen Objekte, hier ist lediglich Objekt T7 mit 18% Verglasung herausstechend.

A-Null [Hrsg] 2010, Handbuch zu Archiphysik

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Ergebnisse der Simulation im Wesentlichen mit den Ergebnissen des stationären Verfahren in einem relativ konstanten Verhältnis liegen (siehe Abbildung 4).

In zukünftigen Schritten wird das Sample der Bestandsobjekte vergrößert werden, und anhand von parametrischen Studien versucht werden, die Auswirkung bestimmter Parameter auf den Unterschied herauszuarbeiten.

*Abbildung 4
 Punkt-Darstellung der Ergebnisse und
 Näherungsgerade, x-Achse: Ergebnisse des OIB-
 Verfahrens, y-Achse: Simulation.*



DANKSAGUNG

Das Architekturbüro exikon aus Wien stellte freundlicherweise die Pläne und Unterlagen der untersuchten Objekte zur Verfügung.

LITERATUR

Österreichisches Institut für Bautechnik [Hrsg.], 2007. OIB Richtlinie 6 - Energieeinsparung und Wärmeschutz, 26.04.2007

Österreichisches Institut für Bautechnik [Hrsg.], 2007. OIB Leitfaden – Energietechnisches Verhalten von Gebäuden, 26.04.2007

Österreichisches Normungsinstitut [Hrsg.], 1978-2010. ÖNORM B 8110, 1-6

EDSL 2007. A-TAS Theory Manual. EDSL Documentation

Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden