

Simulationsgestützter Vergleich der Energieeffizienz von bestehenden Gründerzeitgebäuden, deren Sanierung und eines Neubaus

Tarek Fillafer¹, Hans Hafellner²

¹ TU Graz, Österreich, E-Mail: tarek.fillafer@student.tugraz.at

² TU Graz, Österreich, E-Mail: hafellner@tugraz.at

Kurzfassung

Mithilfe des Simulationsprogrammes IDA ICE wird anhand eines repräsentativen gründerzeitlichen Beispielgebäudes die Aussagekraft einer Energieausweisberechnung für solche Gebäudetypen in Frage gestellt. Aus ca. 100 Bestandsgebäuden mit einem Baujahr vor 1945 im Stile von Gründerzeitgebäuden wurde das repräsentative Objekt gewählt. Im Gegensatz zur stationären Berechnung, kann das Simulationsmodell auch instationäre Verhaltensabläufe von Nutzern, den Belegungsgrad und realistische Klimadaten berücksichtigen.

Das Bestandsmodell wird mit Sanierungsvarianten und einem modernen Neubau nach fiktivem Abbruch des Bestandsgebäudes verglichen. Der Altbau kann dank Sanierungsmaßnahmen, wie Fenster- und Heizungstausch mit erneuerbaren Energieträgern, die definierten Vorgaben eines Gebäudezertifizierungssystem bezüglich des Primärenergiebedarfs einhalten. Es wird aufgezeigt, wie der Gebäudebestand mit Hilfe von realistischen Simulationsergebnissen die EU-Taxonomie Konformität erfüllt und Kulturgut erhalten werden kann.

Abstract

Using the IDA ICE simulation program, the validity of an energy performance certificate calculation for such building types is questioned based on a representative Wilhelminian-style example building. The representative building was selected from around 100 existing buildings built before 1945 in the style of Wilhelminian style buildings. In contrast to the stationary calculation, the simulation model can also consider transient behavioral sequences of users, the occupancy rate and realistic climate data.

The existing model is compared with refurbishment variants and a modern new building after notional demolition of the existing building. Thanks to refurbishment measures such as replacing windows and heating with

renewable energy sources, the old building can meet the defined requirements of a building certification system regarding primary energy demand. It is shown how the existing building stock can meet EU taxonomy conformity with the help of more realistic simulation results and how cultural assets can be preserved.

Einleitung

Der Anteil an Wohngebäuden in Österreich welche vor 1945 errichtet wurden macht rund 20 % des Bestandes aus (pulswerk, 2022). Die Bevölkerungszunahmen der beiden größten österreichischen Städte Wien und Graz beträgt in den nächsten 20 Jahren rund 10 % (~232.500 Personen) gegenüber 2023 (Kleinträumige ÖROK Prognose 2021, 2022). Die Nutzung und Sanierung des Gebäudebestandes sowie die Nachverdichtung in den Stadtzentren ist maßgeblich für die Erreichung der angestrebten Klimaziele. Trotz des Denkmalschutzes und designierten Schutzzonen, dürfen die Bestandsgebäude, unter Berufung ihrer Unwirtschaftlichkeit, abgerissen werden. Man stützt sich häufig auf die mangelnde Energieeffizienz als Ergebnis von Energieausweisen, wobei diese Berechnungen meist weit von den tatsächlichen Verbräuchen abweichen (Pitscheider et al., 2021).

Gebäudewahl

Für die Untersuchungen wurden von einem Eigentümer Unterlagen von ca. 100 Bestandsobjekten bereitgestellt. Aus diesen wurde ein repräsentatives Objekt ausgewählt. Für das Auswahlverfahren wurden entsprechende Ausschlusskriterien festgelegt, welche dazu dienten, bereits bei der Gebäudeauswahl Objekte auszuschließen, die für die nachfolgende Gegenüberstellung ungeeignet sind. Sämtliche Bestandsgebäude ohne gültige Baubewilligung, ohne gültigen Energieausweis bzw. von denen das Baujahr nicht bekannt war, wurden nicht berücksichtigt. Die aufrechte Baubewilligung stellt den Stand der Technik zum Errichtungszeitpunkt sicher. Der gültige Energieausweis wurde für die weiteren

Vergleiche mit den Simulationsmodellen herangezogen. Das Baujahr stellt eine essenzielle Datengrundlage für die Bauweise, die Nutzungsdauer und die verwendeten Materialien dar. In weiterer Folge wurden für die gewählten Objekte alle vorhandenen Pläne, Baubeschreibungen, Baubescheide etc. gesichtet. Dies garantierte eine gute Bestandsanalyse und etwaige jüngere Umbauten konnten identifiziert werden.

Die Gebäudeauswahl fiel auf das im Jahr 1870 erbaute und aufgrund dieses Alters genannte Gründerzeit-Gebäude in der Nussdorferstraße im neunten Wiener Gemeindebezirk. Für die Wiener Innenstadt ist das Gebäude aufgrund seiner Größe mit ca. 3.179 m² Bruttogrundfläche bzw. ca. beheizter 1.472 m² Nutzfläche ein repräsentatives Objekt aus dem Gebäudebestand. Die Planunterlagen waren vollständig und sämtliche oben beschriebenen, notwendigen Informationen waren vorhanden.

Die Repräsentativität der gewählten Gebäudeauswahl stütze sich auf Erkenntnisse aus einer vorangegangenen Forschungsarbeit wodurch die die Größe und Bauart des Gebäudes verifiziert werden kann. (Senemann, 2021)

Beim gewählten Objekt handelt es sich um ein fünfgeschossiges Gebäude mit gemischter Nutzung, welches zweiseitig an die Nachbargebäude angrenzt. Es umfasst insgesamt 30 Wohneinheiten, die eine Größe von 18,86 m² bis 90,87 m² haben und im Erdgeschoß befinden sich zwei Geschäftsräumlichkeiten. Die beiden Untergeschoße des Gebäudes dienen als Lagerkeller der Wohnungen sowie als Technikräume für die Heizungsanlage und den Lift.

Modellbildung

Geometrie

Es wurde ein Simulationsmodell innerhalb der Simulationssoftware IDA ICE – Indoor Climate and Energy anhand des Bestandsgebäudes erstellt und anschließend mit zwei weiteren Simulationsmodellen verglichen, welche eine mögliche Sanierung sowie eine Neuerrichtung des Gebäudes an der gleichen Stelle darstellen. Das Bestandsmodell musste aus Eingabegründen der Geometrie vom Gewölbe in den Kellerräumen vereinfacht werden. Die Zwischendecken wurden als Tramdecken eingegeben und die Fenster als Kastenfenster mit einem U_w -Wert von 2,66 W/(m²K) und einem U_f -Wert von 2,5 W/(m²K). Zusätzlich wurde das Bestandsmodell und das Neubaumodell mit

deren Berechnungsergebnissen aus den Energieausweisen gem. dem Gebäudebewertungssystem klimaaktiv verglichen. Durch diese Vergleiche soll erörtert werden, welche Sanierungsmaßnahmen es benötigt, um die Energieeffizienz eines gründerzeitlichen Bestandsgebäudes so weit zu verbessern, als dass es die Anforderungen der EU-Taxonomie erfüllt.

Für die fiktive Neubauplanung wurden die Außenabmessungen des Bestandsgebäudes herangezogen. Die Außenwände des Neubaus wurden mit einer Dicke von 52 cm angenommen und mit einem Ziegelbau samt Wärmedämmverbundsystem und Kellerwände und Zwischendecken aus Ortbeton geplant, da dies die weitest verbreitete Bauart in der derzeitigen Baupraxis darstellt.

Bei der Neubau-Variante wurde die vertikale Gebäudeerschließung von zwei auf ein Stiegenhaus reduziert, da dadurch die Brandschutzmaßnahmen eingehalten werden, aber mehr Nutzfläche generiert wird. Dies ist in der Baupraxis eine übliche Vorgehensweise. Weiters wurden zwei Regelgeschoße entworfen, wobei eines fünf und das andere sechs Wohnungen beinhaltet. Eine vereinfachte Dachform im Vergleich zum Altbau ermöglichte einen moderneren, zeitlich typischeren Entwurf und gleichzeitig konnte der Berechnungsaufwand minimiert werden. Die Materialien und Dämmstärken wurden so gewählt, dass der Neubau den Anforderungen der derzeit gültigen OIB-Richtlinien und auch den Kriterien des klimaaktiv-Standards entsprechen.

Die Fenster wurden im Neubaumodell ebenfalls an den geforderten gesetzlichen Standard angepasst und somit der U-Wert deutlich reduziert.

Durch eine Reduktion der lichten Raumhöhen in den Obergeschoßen des Neubaus (ohne Dachgeschoß) von durchschnittlich 3,25 m auf 2,60 m konnte ohne Veränderung der Gebäudehöhe ein zusätzliches Geschoß eingearbeitet werden. Das spiegelt sich auch in der Bruttofläche von 3.562 m² bzw. der Nutzfläche von 1.854 m² wider.

Zeitpläne

Für alle zeitlich gesteuerten Vorgänge wie die Anwesenheit der Hausbewohner, die Tätigkeit der Lüftungssysteme, die Funktion von Licht, elektrischen Geräten, Fensterbeschattungen oder dem Warmwasserverbrauch wurden Zeitpläne angewendet. Dies steigert den Genauigkeitsgrad bei der Ermittlung von Verbrauchswerten im Vergleich zu Berechnung

auf Basis von Nutzungsprofilen gem. ÖNORM B 8110-5, wie sie bei der Berechnung nach dem Energieausweis zum Einsatz kommen. Dennoch stellen die komplexen, implementierten menschlichen Verhaltensabläufe nur eine Approximation dar. Der Faktor Mensch konnte nicht mit voller Genauigkeit erfasst werden, daher mussten für die nachfolgenden Simulationen Annahmen in Hinsicht auf die Anwesenheit der Hausbewohner, deren Lüftungsverhalten, deren Stromverbrauch und den Verbrauch des Warmwassers getroffen werden, welche in Einzelfällen signifikant von der Realität abweichen können.

Für das Modell V1A, welches die größte Vergleichbarkeit durch normative Eingaben zu einem Energieausweis aufweisen soll, wurden anstelle der Zeitpläne konstante Werte lt. ÖNORM H 5050-1 bzw. ÖNORM B 8110-5 eingegeben.

Wärmebrücken

Mit Hilfe des Programms HT-Flux wurden Psi-Werte von Wärmebrücken thermischer Schwachstellen des Gebäudes ermittelt, welche anschließend in das Simulationsprogramm IDA ICE implementiert werden konnten, um den Detaillierungsgrad zu erhöhen.

Infiltration

Die Infiltration in IDA ICE berücksichtigt die natürliche Undichtheit des Gebäudes und wird für eine Druckdifferenz von 50 Pa angegeben, welche bei der Ermittlung der Luftwechselrate durch den Blower-Door-Test, vorausgesetzt wird. Mit der Ausnahme von Infiltrationsmodell (V1B) sind alle Gebäudemodelle mit einer programminternen Standard-Luftwechselrate von $0,5 \text{ h}^{-1}$ ausgestattet.

Für die Variante V1A wurden Standardluftwechselraten, je nach Zone, von $0,38 \text{ h}^{-1}$ bis $3,00 \text{ h}^{-1}$ eingegeben.

Ziel der Variante V1B war es, eine realistische Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle zu simulieren, damit dadurch erhöhte Wärmeabgaben ermittelt werden können. Es wurden also beabsichtigte Infiltrationen über Lüftungen durch das Öffnen von Fenstern, aber auch unbeabsichtigte Infiltrationen über die Gebäudehülle (Fassade, Fugen, Leitungen) eingegeben. Zur Ermittlung der Luftwechselrate eines gründerzeitlichen Wohngebäudes wurden drei wissenschaftliche Arbeiten zum Thema Gebäudedichtheit herangezogen (Schöberl et al., 2015; Schulze et al., 2003; Schmoliner et al., 2023). Anhand dieser drei, durch Tests durchgeführten Luftwechselraten, wurde im

Rahmen von Variante V1B für das Bestandsgebäude eine globale Luftwechselrate von 7 h^{-1} angenommen.

Warmwasser und Heizung

Der Warmwasserbedarf wurde über statistische Werte von Liter/Person und Tag über die durchschnittliche Wohnfläche für eine Person in Österreich ermittelt.

Im Bestandsmodell wurde eine dezentrale Erdgas Therme und im Sanierungs- sowie beim Neubaufall eine Fernwärmeheizung modelliert.

Das Warmwasser und die Heizung wurden für Variante V1A mit den monatlichen Bedarfsformeln nach ÖNORM H 5056-1 ermittelt.

Klima- und Wetterdaten

Für diese Arbeit wurden ASHRAE-IWEC2 Klimadaten für die Stadt Wien verwendet. Diese Daten basieren dabei auf Messwerten, welche mindestens vier Mal täglich, in einem Zeitraum von 12 bis 25 Jahre, aufgezeichnet wurden (ASHRAE, 2024).

Im Modell V1A wurde eine Soll-Innentemperatur von 22°C nach ÖNORM B 8110-6-1 festgelegt.

Teilmodelle

Für jedes Gebäudemodell wurden drei Teilmodelle in IDA ICE erstellt, deren Verbrauchswerte anschließend kombiniert wurden, um das Gesamtmodell zu bilden. In Abbildung 1 werden die 3 Teilmodelle jeweils schematisch aufgezeigt.

Teilmodell 1 beinhaltet das Erdgeschoß des Gebäudes. Sämtliche Parameter waren in diesem Teilmodell bereits enthalten. Über die Eingabe einer internen Geschoßdecke wurde dem Programm signalisiert, dass sich im Stockwerk darüber ebenfalls konditionierte Räume befinden, auch wenn diese nicht modelliert wurden. Somit finden für dieses Modell keine Transmissionswärmeverluste über die Geschoßdecke statt.

Teilmodell 2 beinhaltet neben dem Erdgeschoß nun zusätzlich ein Regelobergeschoß, welches in Abbildung 1 blau eingefärbt ist. Alle im Teilmodell 1 getroffenen Eingaben wurden auf dieses Teilmodell erweitert. Ebenfalls wurde für den Abschluss dieses Modells wieder eine interne Geschoßdecke modelliert, um dem Programm zu vermitteln, dass sich darüber ebenfalls ein konditioniertes Stockwerk befindet.

Teilmodell 3 enthält neben dem Erdgeschoß ein weiteres Obergeschoß, welches allerdings an einen unkonditionierten Dachboden grenzt. Damit dieser Faktor im Programm berücksichtigt

werden konnte, wurde als Zwischendecke des Obergeschosses eine externe Geschoßdecke modelliert. Das Programm berechnet somit, dass diese Geschoßdecke in zumindest thermischer Hinsicht eine Außendecke ist und so Transmissionswärmeverluste erfährt. Das Obergeschoß zum unkonditionierten Dach ist in Abbildung 1 rot gefärbt.

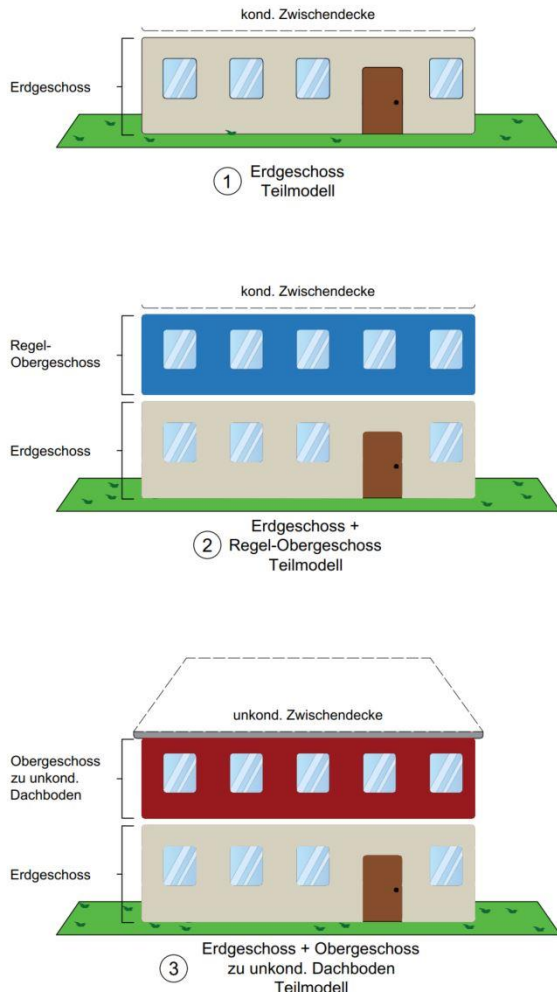


Abbildung 1 Schema Teilmodelle IDA ICE

Grund für diese Herangehensweise anstatt eines vier oder fünfstöckigen Gesamtmodells liegt in der Berechnungsdauer der Simulation. Zwischen dem Teilmodell 1 und Teilmodell 2 & 3 erhöht sich die Berechnungszeit im Schnitt um 320 %. Stattdessen wurde ein Weg gewählt, welcher die Berechnungsdauer drastisch kürzt und trotzdem die Interaktionen zweier Geschoße berücksichtigt. Das Gesamtmodell und seine Verbrauchswerte setzen sich in diesem Fall aus drei Teilmodellen zusammen. Sind die Verbrauchswerte vom Erdgeschoß, einem Regel-Obergeschoß und dem Obergeschoß zum Dachboden bekannt, so lassen sich diese anschließend zu einem Gesamtmodell kombinieren.

Die Ermittlung des Regelobergeschoßes bzw. des unkonditionierten Dachbodens erfolgte durch Subtraktion des Teilmodells 1 von den jeweils beiden anderen Modellen. Durch die so erhaltenen Einzelgeschoße konnte vom gesamten Gebäude eine Summe ermittelt werden.

Die Interaktion der Teilmodelle wurde anhand eines Test-Modells erforscht und festgestellt, dass der Endenergiebedarf für ein Modell eines eigenständigen Regel-Obergeschoßes den eines Regel-Obergeschoßes aus den Teilmodellen, um 12 % übersteigt. Der HWB erhöht sich dabei um 10 %. Diese Vorgehensweise wurde auch für das Neubau- bzw. Sanierungsmodell angewendet.

Ausgabegrößen

Der Heizwärmebedarf wird in IDA ICE nicht direkt ausgegeben, daher mussten die relevanten positiven Wärmequellen wie Sonneneinstrahlung, Bewohner, elektr. Geräte, Licht und Heizung als Jahresbilanz summiert werden. Die Software simuliert bei der An- oder Abwesenheit von Personen oder Geräten eine gewisse Trägheit. Die Zieltemperatur eines Raumes von z.B. 24°C wird nicht durchgehend gehalten wie bei stationären Berechnungen, da der Einfluss der Heizung verzögert wirkt (siehe Abbildung 2). Die Soll-Innenraumtemperaturen wurden ÖNORM H 7500 entnommen.

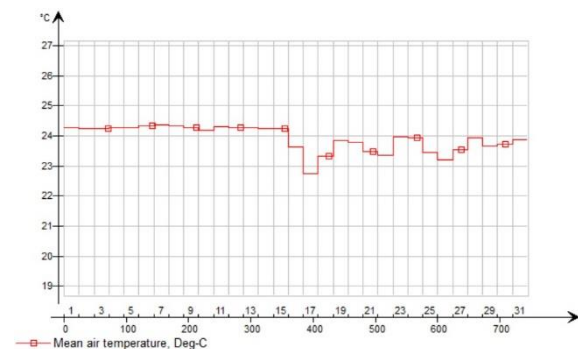


Abbildung 2 Durchschnittliche Lufttemperatur für ein Badezimmer im Januar in IDA ICE auf Basis von Modell 1

Der Endenergiebedarf, welcher sich aus dem Haushaltstrombedarf und dem Heizenergiebedarf zusammensetzt, wird in IDA ICE direkt ausgegeben und entspricht der vom Gebäude benötigten Energie. Der Primärenergiebedarf wird ebenfalls von der Software direkt ausgegeben. Alle Energieverbrauchenden Faktoren werden im Energy-Meter zusammengefasst. Mit den entsprechenden Primärenergiefaktoren (F_{PE}) wird aus dem EEB schlussendlich der erneuerbare bzw. der nicht erneuerbare Anteil des Primärenergiebedarfs ermittelt. Äquivalent

wird mit Hilfe der f_{CO2eq} Faktoren der OIB 6 Richtlinie die CO₂-Emissionen ermittelt.

Ergebnisanalyse und Diskussion

Um aussagekräftige Vergleiche zwischen den IDA ICE Simulationsmodellen und den zugehörigen Energieausweisen aufstellen zu können, wurde für alle Modelle (ausgenommen das Infiltrationsmodell (V1B)) der als Programm-Standard eingestellte Wert von 0,5 h⁻¹ (Luftwechsel pro Stunde) bei 50 Pa beibehalten. Es zeigt sich anhand eines Test-Simulationsmodells, dass eine Reduktion der Luftwechselrate auf die von der Norm vorgeschriebenen 0,38 h⁻¹, lediglich eine Auswirkung von ca. 2 % auf den durch Infiltration verursachten Wärmeverlust des Gebäudes hat.

Als Grenzwerte der Tabelle 2 wurden die strengsten Anforderungen von klimaaktiv, EU-Taxonomie Verordnung und dem nationalen Plan verwendet.

Bestandsmodell (V1)

Das Bestandsmodell liegt bei sämtlichen Werten über den geforderten Grenzwerten der Anforderungen (siehe Tabelle 2). Der Vergleich der stationären Energieausweisberechnung nach OIB 6 mit der Simulationsvariante für den Bestand V1 zeigt eine Erhöhung des HWB-Wertes von 39 % und der f_{GEE} -Wert wird sogar um 86 % bei der vereinfachten Berechnung überschritten.

Energieausweismodell (V1A)

Modell V1A, ist ein Hybridmodell aus Simulation und Energieausweis-Berechnung. Es dient dazu, Aufschluss darüber zu geben, welche Auswirkung die nicht normierten Simulationsmöglichkeiten, im Vergleich zu einer rein stationären Berechnungsmethode hat. Der Heizwärmebedarf ist, wenn auch nur geringfügig, höher als beim Bestandsmodell. Grund dafür ist, dass für die Berechnung des Energieausweismodells V1A, alle Zonen innerhalb der konditionierten Gebäudehülle mit 22°C angenommen wurden. Der Warmwasserwärmebedarf löst die wirkungsvollste Änderung dieses Modells aus. Im Vergleich zur Annahme des Warmwasserverbrauchs wie bei den restlichen Modellen, ist dieser für diese Berechnungsweise geringer. Sie hat direkte Auswirkungen auf den Endenergiebedarf und somit auf den Primärenergiebedarf. Am deutlichsten zu sehen ist der Unterschied bei der Betrachtung des $PEB_{HEB,n.ern.}$, da davon ausgegangen wird, dass das Warmwasser über die Erdgas Heiztherme erzeugt wird und eine direkte Folge daraus ist die Verbesserungen beim f_{GEE} -Wert.

Vergleicht man die stationäre Energieausweisberechnung mit der angepassten Simulationsvariante so zeigt sich, dass der HWB-Wert zwar näher zur unangepassten Simulationsvariante V1 heranrückt, alle anderen Werte jedoch auf Grund der Vereinfachungen in der Simulation noch weiter abweichen.

Infiltrationsmodell (V1B)

Nachfolgend genannte Prozentsätze beziehen sich immer auf die entstehenden Wärmeverluste. Dadurch, dass Wärmeverlust durch Infiltration jedoch nichts anderes bedeutet als Wärmetransport durch Konvektion, darf angenommen werden, dass ein direkter Zusammenhang zwischen dem Wärmeverlust und der Luftwechselrate besteht. Das bedeutet, ähneln sich zwei Ergebnisse beim Wärmeverlust, ähneln sich auch das dazugehörige Luftvolumen.

So wurde Modell V1 und Modell V1B jeweils einmal mit und einmal ohne zusätzlicher Fensterlüftung simuliert, um festzustellen, wie groß die jeweiligen Anteile der Infiltration tatsächlich sind.

Heraus kam, dass bei Modell V1 mit einer Luftwechselrate von 0,5 h⁻¹ die Fensterlüftung mit 92 % den Hauptanteil der gesamten Infiltration des Gebäudes ausmachte. Bei Modell V1B mit der höheren Luftwechselrate von 7 h⁻¹, machte die natürliche Lüftung nur mehr 47 % der gesamten Infiltration aus. Bemerkenswert ist jedoch, dass Modell V1B ohne eine aktive Fensterlüftung in etwa gleichhohe Wärmeverluste aufgrund der Infiltration besitzt wie Modell V1 mit aktiver Fensterlüftung.

Tabelle 1 Vergleich Infiltration Modell V1 und Modell V1B

	Wärmeverluste durch Infiltration [kWh]	
	Modell V1	Modell V1B
	Luftwechselrate 0,5 h ⁻¹	Luftwechselrate 7 h ⁻¹
Mit Fensterlüftung	6.173	11.719
Ohne Fensterlüftung	522	6.206

Es kann daher argumentiert werden, dass die unbeabsichtigte Infiltration bei einer Gebäudedichtheit von 7 h⁻¹ (Gründerzeitgebäude) in etwa dieselbe Luftwechselrate erzielt, wie ein realistisches Lüftungsverhalten. Diese Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt.

Sanierungsmodell (V2)

Ein Schlüsselkriterium bei der Wahl der

Mit einem f_{GEE} von 0,98, ist das Gebäude durch die Sanierungsmaßnahmen auch erstmalig effizienter als das Referenzgebäude auf Basis

Tabelle 2 Grenz- und Kennwerte sowie Abweichungen aller Varianten

Energiekennwerte	HWB _{ref} [kWh/m ² *a]	PEB _{HEB,n.ern} [kWh/m ² *a]	PEB _{Gesamt,ern.+n.ern.} [kWh/m ² *a]	f_{GEE} [-]
Energieausweis Bestand lt. OIB6	176,8	258,9	324,0	2,58
Abweichung zu Simulation V1	+39%	+93%	+65%	+86%
Abweichung zu Simulation V1A	+31%	+159%	+80%	+113%
Grenzwerte	50,4	49,0	100,0	1,05
Bestandsmodell (V1)	127,3	134,1	196,7	1,39
Abweichungen zu Grenzwerten	+153%	+174%	+97%	+33%
Energieausweismodell (V1A)	134,9	99,9	180,1	1,21
Abweichungen zu Grenzwerten	+168%	+104%	+80%	+15%
Infiltrationsmodell (V1B)	130,3	139,1	203,5	1,44
Abweichungen zu Grenzwerten	+158%	+184%	+103%	+37%
Sanierungsmodell (V2) Fernwärme	86,0	25,0	117,9	0,98
Abweichungen zu Grenzwerten	+71%	-49%	+18%	-7%
Grenzwerte Neubau	35,6	41,0	98,0	0,85
Neubaumodell (V3)	44,2	11,7	57,0	0,59
Abweichungen zu Grenzwerten	+24%	-71%	-42%	-30%
Energieausweis Neubau lt. OIB6	28,5	33,1	61,6	0,70
Abweichung zu Simulation V3	-36%	+183%	+8%	+19%

Sanierungsmaßnahmen war es, möglichst nicht-invasive Eingriffe an dem Gebäude vorzunehmen. Da es sich um ein schützenswertes Gebäude handelt, soll dabei die Außenfassade unberührt bleiben. Durch Auswertung des Simulationsmodells stellte sich heraus, dass eine Verbesserung der Fenster die größten Energieeinsparungen im Verhältnis zum Sanierungsaufwand bringt. Um das Aussehen des Kastenfensters und somit das Fassadenbild zu wahren, wurde statt eines Austausches des gesamten Fensters entschieden, den äußeren Flügel des Kastenfensters in seiner Form zu belassen und die Sanierungsmaßnahmen auf den Innenflügel (3-fach Isolierverglasung mit einem U_g -Wert von 0,44 W/(m²K)) zu begrenzen. Außerdem wurde die oberste Zwischendecke (10 cm dicke Holzfaserplatten), welche an den unkonditionierten Dachboden grenzt, zusätzlich als gedämmt berechnet.

der OIB 6 – 2007.

Neubaumodell (V3)

Modell V3, welches einen Neubau beschreibt, schneidet erwartungsgemäß in allen Bereichen am besten ab. Grund dafür sind energieeffizientere Aufbauten mit modernen, leistungsfähigeren Materialien. Der ebenfalls für den Neubau erbrachte stationäre Energieausweis verzeichnet auch deutliche Verbesserungen gegenüber dem Bestand, so wie auch das Simulationsmodell. Mit Abweichungen zwischen Modell 3 und stationärem Energieausweis Neubau von durchschnittlich 23 %, weist der Energieausweis eine deutlich bessere Präzision auf als das Bestandsmodell V1 und der stationäre Energieausweis für den Bestand. Erstaunlich ist jedoch, dass der stationäre Energieausweis für den Neubau einen besseren HWB-Wert als die Simulation erzielt. Die vereinfachten Annahmen,

wie z.B. bei den Wärmebrücken oder die Verschattungen ergeben ein günstigeres Verhalten als die Simulation (siehe Tabelle 2).

Zusammenfassung

Auf Grund der hohen Anzahl an Bestandsgebäuden aus der Gründerzeit und deren Bewertung auf der Grundlage von Energieausweisen wurde in dieser Forschungsarbeit das Ergebnis solcher stationär berechneten Energieausweisen mit jenen aus einem dynamischen Simulationsprogramm verglichen. Aus 100 zur Verfügung stehenden Bestandsgebäuden wurde mit Hilfe von verschiedenen Ausschlusskriterien ein repräsentatives Gebäude ausgesucht. In der Arbeit wurde der Bestand aber auch Sanierungsvarianten und darüber hinaus ein fiktiver Neubau am gleichen Bauplatz mit denselben Außengeometrien simuliert. Im Neubaumodell wurden nicht nur moderne Materialien berücksichtigt, sondern auch die mögliche Ergänzung eines gesamten Geschoßes durch die Einsparung in der Raumhöhe. In der Software IDA ICE wurden zur Einsparung von Rechenzeiten Teilmodelle des Gebäudes generiert, welche in Kombination die Ergebnisse für das Gesamtgebäude liefern. Neben der Geometrie wurden Zeitpläne über die Anwesenheit von Personen, Fensterlüftung, Schaltung von Licht, Verschattung oder auch die Verwendung von elektrischen Geräten implementiert. Die Randbedingungen von Innen- und Außenklima, Heizungen aus dem Bestand bzw. Sanierungsmöglichkeiten mit Heizungstausch und die detaillierten Berechnungen von Wärmebrücken konnten eingearbeitet werden. Dies ermöglichte eine realistischere Abbildung in der Simulation gegenüber der Normberechnung von Energieausweisen.

Ein besonderer Fokus wurde auch auf die Infiltration, also die typischen Undichtigkeiten der Kastenfenster solcher Gebäudetypen gelegt. Eine Literaturrecherche diente als Grundlage für die Einstellung der Infiltration, welche die Simulationen gegenüber den normativen Berechnungsarten dahingehend veränderten, dass diese konvektiven Wärmeverluste und auch die Veränderung in Hinsicht auf das Lüftungsverhalten der anwesenden Personen eingearbeitet werden konnten.

Im Modell mit einer höheren, aber realistischeren Luftwechselrate für Gründerzeitgebäude von 7 h^{-1} , machte die natürliche Lüftung nur mehr 47 % gegenüber der normativen Standardvariante mit einer Luftwechselzahl von $0,5 \text{ h}^{-1}$ welche 92 % der gesamten Infiltration

verursachte. Die Variante mit der realistischen Infiltration, welche ohne eine aktive Fensterlüftung simuliert wurde, ergab in etwa gleichhohe Wärmeverluste aufgrund der Infiltration wie die Variante mit aktiver Fensterlüftung.

Als Sanierungsvariante wurden auf Grund der hohen Standards der Denkmalspflege keine Fassadenveränderungen mit WDVS eingeplant. Eine Kombination aus Heizungs- und Fenstertausch, sowie der Dämmung der obersten Geschoßdecke zeigte, dass die hohen Anforderungen von klimaaktiv Gebäudezertifizierung, EU-Taxonomie Verordnung und nationalem Plan nicht überall eingehalten werden konnten. Der HWB_{ref} -Grenzwert wurde um 71 % und der $\text{PEB}_{\text{Gesamt,ern.}+\text{n.ern}}$ um 18 % überschritten. Wohingegen der $\text{PEB}_{\text{HEB,n.ern}}$ um 49 % und der f_{GEE} -Grenzwert um 7 % unterschritten werden konnten.

Die Vergleiche von stationärer Energieausweisberechnung mit einem Simulationsmodell zeigten, dass die Abweichungen für den HWB_{Ref} -Wert bei Bestandsmodellen stärker abweichen als bei Berechnungen für den Neubau. Es wurde auch deutlich, dass der HWB_{Ref} -Wert bei der Neubauvariante bei der Normberechnung sogar um 36 % niedriger ist als jener für die Simulation.

Als Resümee kann gesagt werden, dass vor allem für die Bestandsgebäude mit Baujahren vor 1945 eine Abschätzung mit Energieausweisen unzureichend ist. Für eine einfache Abschätzung ohne Simulation müssten entweder die Berechnungsmethoden verändert werden, oder neue Parameter eingeführt werden, welche die Realität genauer widerspiegeln.

Literatur

- Ashrae: Weather Data
<https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/ashrae-international-weather-files-for-energy-calculations-2-0-iwec2> [Zugriff am 03.01.2024]
- Kleinräumige ÖROK Prognose 2021 – Hauptvariante; Statistik Austria/ÖROK; Erstellt am 07.06.2022
- Pitscheider, A.; Hafellner, H.: Vergleich unterschiedlicher Energieausweis - Berechnungsarten mit den realen Verbrauchswerten. In: Bauphysik 43 (2021), Heft 2.
- pulswerk GmbH auf Basis ÖSTAT Statcube Auswertung 2022

- Schöberl, H.; Schleger, J.; Kronberger, A.: Sanierung Gründerzeitgebäude Eberlgasse auf Passivhausstandard, Wien, Österreich, 2015
- Schmoliner, S.; Hollinsky, K.: Luftdichtes Sanieren am Stand der Technik, im Wiener Gründerzeithausbestand, Wien, Österreich, 2023
- Schulze, B.; Kennedy, M.: Energetische Wohngebäudesanierung mit Faktor 10 – Analyse von Passivhaus-Konzepten und deren Anwendung auf Sanierung, Hannover, Deutschland, 2003
- Senemann, L.: Potenzialermittlung zur Nutzung von Wohnräumen innengedämmter Gründerzeithäuser; Graz, Österreich, 2021
- StatCube: Überwiegende Nutzung des Gebäudes und Bauperiode für 2001 <https://statcube.at/statistik.at/ext/statcube/jsf/tableView/tableView.xhtml> [Zugriff am 19.10.2023]
- Statistik Austria: Gebäudebestand und Wohngebäudebestand 2021 und 2011, https://www.statistik.at/statistiken/bevoelkerung_und_soziales/wohnen/gebaeudebestand [Zugriff am: 19.10.2023]