

Identifizierung von Fehlerquellen bei energetisch relevanten Dateneingaben und deren Auswirkungen in der Energieausweiserstellung nach der BTV

Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades

Master of Science (MSc)

Fachhochschule Vorarlberg

Masterstudiengang Energietechnik und Energiewirtschaft

Vorgelegt von Engstler Verena

Begleitung durch Dr. Hatt Tobias
Energieinstitut Vorarlberg

Dornbirn, 11.08.2022

Kurzreferat

Der Energieausweis stellt sich als wichtiges Instrument zu Dekarbonisierung des Gebäudesektors dar. Aufgrund dieser zentralen Wichtigkeit kommt auch der Qualitätssicherung von Energieausweisen eine tragende Bedeutung zuteil. Während die Übereinstimmung von Energieausweisberechnungen mit realen Verbrauchswerten gut erforscht ist, gibt es wenig Informationen hinsichtlich der Qualität von ausgestellten Energieausweisen. Vorliegende Arbeit befasst sich mit der Identifikation von Fehlerquellen bei der Eingabe energetisch relevanter Daten. Dabei wird das Ausfindigmachen von fehlerhaften energetischen Eingaben bei real ausgestellten Energieausweisen, die Ermittlung deren Fehlerquote und Auswirkungen auf die energetischen Kennzahlen HWB, PEB, CO₂ und IO3 angestrebt.

Energetisch relevanten Daten zum Gebäude, dessen Haustechniksystemen, Klimadaten, Nutzungsprofil und rechtlich relevante Eingaben wurden bei vier Energieausweisen auf deren korrekte Eingabe geprüft. Hierdurch konnten Fehlerquellen zur Eingabe von Gebäude- und Haustechnikdaten ausgemacht werden konnten. Eine genauere Kontrolle einzelner Eingaben an einer größeren Stückzahl von Energieausweisen ergab deutliche Fehlerpotentiale bei der Eingabe von PV- und thermischen Solaranlagen als auch bei der Berechnung des Ökoindex (OI3).

Abstract

The energy performance certificate proves to be an important tool for decarbonizing the building sector. Due to this essential importance, the quality assurance of energy certificates is also of great significance. While the compliance of EPCs with real consumption values is well researched, there is little information on the quality of EPCs issued. This work deals with the identification of error sources when entering energetically relevant data. The aim is to identify incorrect energy entries in energy certificates actually issued, to determine the error rate and the effects on the energy indicators HWB, PEB, CO₂ and CO₂.

The energetically relevant data on the building, its building services systems, climate data, usage profiles and legally relevant entries were reviewed for four energy certificates, which made it possible to identify sources of error when entering building and building services data. A check of individual entries on a large number of energy certificates revealed significant potential for errors when entering PV and thermal solar systems and when calculating the eco-index (OI3).

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	VI
Tabellenverzeichnis.....	VII
Abkürzungsverzeichnis.....	VIII
1 Die Rolle des Energieausweises und der Qualitätssicherung.....	1
1.1 Der Gebäudesektor in Österreich.....	1
1.2 Die Rolle des Energieausweises.....	3
1.2.1 Der EAW als Typenschein	3
1.2.2 Die wichtigsten Kennzahlen aus dem Energieausweis.....	5
1.2.3 Energiebedarf ist nicht gleich Energieverbrauch	7
1.2.4 Mindestanforderungen an den Gebäudestandard	8
1.2.5 Verbraucherinformation.....	12
1.3 Qualitätssicherung von Energieausweisen.....	13
1.3.1 Rechtlicher Hintergrund zum UKS.....	14
1.3.2 Implementierung eines UKS in der EU und Österreich.....	15
1.3.3 Entwicklung eines UKS in Vorarlberg	17
2 Forschungsfrage und Methodik.....	18
2.1 Forschungsfrage.....	18
2.2 Methodik	18
2.2.1 Grundlage	19
2.2.2 Datenverfügbarkeit.....	19
2.2.3 Methodik Prüfraster.....	20
2.2.4 Methodik Fallprüfungen.....	20
2.2.5 Methodik Kontrolle zu ausgewählten Prüfkriterien	20
3 Durchführung des Forschungsvorhabens.....	22
3.1 Prüfraster	22
3.1.1 Energetisch relevante Eingaben.....	22
3.1.2 Definieren von Prüfkriterien.....	24

3.1.3	Ergebnisse zum Prüfraster.....	24
3.2	Fallprüfungen.....	25
3.2.1	EFH Neubau	25
3.2.2	EFH Sanierung	28
3.2.3	MWH Neubau	31
3.2.4	MWH Sanierung.....	33
3.2.5	Ergebnisse zu Fallprüfungen.....	36
3.3	Kontrolle zu ausgewählten Prüfkriterien	37
3.3.1	PV- und thermische Solaranlagen.....	38
3.3.2	OI3-Relevanz	42
3.3.3	Ergebnisse zu ausgewählten Prüfkriterien.....	46
4	Konklusion	48
4.1	Wichtigste Erkenntnisse.....	48
4.2	Diskussion	50
4.3	Ausblick	50
	Literaturverzeichnis	IX
	Eidesstattliche Erklärung	XII

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Anteil der Sektoren an den in Österreich verursachten Treibhausgasemissionen</i>	<i>1</i>
<i>Abbildung 2: Chronologische Verteilung der Nutzenergie in Österreichs nach unterschiedlichen Sektoren.....</i>	<i>2</i>
<i>Abbildung 3: links ein Beispiel eines EU-Energielabel im Bereich Beleuchtung.....</i>	<i>4</i>
<i>Abbildung 4: Abweichung des tatsächlichen Verbrauchs mit dem berechneten Bedarf.....</i>	<i>8</i>
<i>Abbildung 5: Vergleich der Anforderungen an Niedrigstenergiegebäudes in den EU.....</i>	<i>10</i>
<i>Abbildung 6: Ergebnisdarstellung aus einer Studie zum Umsetzungsstand des Energieausweis-Konzeptes.....</i>	<i>16</i>
<i>Abbildung 7: Foto von der Inaugenscheinnahme des Gebäudes. (EFH Neubau)</i>	<i>26</i>
<i>Abbildung: 8 Foto von der Inaugenscheinnahme des Gebäudes. (EFH Sanierung).....</i>	<i>29</i>
<i>Abbildung 9: Foto von der Inaugenscheinnahme des Gebäudes. (MWH Neubau)</i>	<i>31</i>
<i>Abbildung 10: Foto von der Inaugenscheinnahme des Gebäudes. (MWH Sanierung).....</i>	<i>34</i>
<i>Abbildung 11: Anzahl eingereichter PV-und Solaranlagen.....</i>	<i>39</i>
<i>Abbildung 12: Anzahl festgestellter Abweichungen bei der Eingabe von PV- und thermischen Solaranlagen.....</i>	<i>40</i>
<i>Abbildung 13: Auswirkungen der Korrektur von Solarsystemen auf den PEB.....</i>	<i>40</i>
<i>Abbildung 14: Auswirkungen der Korrektur von Solarsystemen auf den CO₂.....</i>	<i>41</i>
<i>Abbildung 15: Anzahl Eingereichter OI3-Berechnungen</i>	<i>43</i>
<i>Abbildung 16: Anzahl fehlerhafter Energieausweise zur OI3-Relevanz.....</i>	<i>43</i>
<i>Abbildung 17: Aufteilung der untersuchten Energieausweise nach der Anzahl fehlerhafter Schichttypen</i>	<i>44</i>
<i>Abbildung 18: Auswirkungen der Korrektur von Solarsystemen auf den OI3</i>	<i>45</i>
<i>Abbildung 19: Gegenüberstellung der festgestellten Abweichungen</i>	<i>47</i>

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: OIB-Anforderungen an Wohngebäude über den HWB und den EEB (OIB, 2019)</i>	<i>10</i>
<i>Tabelle 2: OIB-Anforderungen an Wohngebäude über den HWB und f_{GEE} (OIB, 2019)</i>	<i>10</i>
<i>Tabelle 3: BTV-Anforderungen bei der Errichtung eines Wohngebäudes in Vorarlberg</i>	<i>11</i>
<i>Tabelle 4: BTV-Anforderungen bei einer größeren Renovierung eines Wohngebäudes in Vorarlberg</i>	<i>11</i>
<i>Tabelle 5: Aufteilung der Stichprobe von 100 EAW nach Gebäudetyp und Bauvorhaben</i>	<i>21</i>
<i>Tabelle 6: Exemplarischer Auszug aus dem erstellten Prüfraster</i>	<i>25</i>
<i>Tabelle 7: Kennzahlen zum Gebäude aus der eingereichten Energieausweisberechnung (EFH Neubau)</i>	<i>26</i>
<i>Tabelle 8: Festgestellte Abweichungen bei fehlerhaften Eingaben. (EFH Neubau).....</i>	<i>27</i>
<i>Tabelle 9: Abgleich der eingereichten und festgestellten Kennzahlen (EFH Neubau)</i>	<i>28</i>
<i>Tabelle 10: Kennzahlen zum Gebäude aus der eingereichten Energieausweisberechnung (EFH Sanierung)</i>	<i>29</i>
<i>Tabelle 11: Festgestellte Abweichungen bei fehlerhaften Eingaben. (EFH Sanierung)</i>	<i>30</i>
<i>Tabelle 12: Abgleich der eingereichten und festgestellten Kennzahlen (EFH Sanierung)</i>	<i>31</i>
<i>Tabelle 13: Kennzahlen zum Gebäude aus der eingereichten Energieausweisberechnung (MWH Neubau).....</i>	<i>32</i>
<i>Tabelle 14: Festgestellte Abweichungen bei fehlerhaften Eingaben. (MWH Neubau)</i>	<i>33</i>
<i>Tabelle 15: Abgleich der eingereichten und festgestellten Kennzahlen (MWH Neubau).....</i>	<i>33</i>
<i>Tabelle 16: Kennzahlen zum Gebäude aus der eingereichten Energieausweisberechnung (MWH Sanierung)</i>	<i>34</i>
<i>Tabelle 17: Festgestellte Abweichungen bei fehlerhaften Eingaben. (MWH Sanierung).....</i>	<i>36</i>
<i>Tabelle 18: Abgleich der eingereichten und festgestellten Kennzahlen (MWH Sanierung)</i>	<i>36</i>
<i>Tabelle 19: Vergleich zu den festgestellten Abweichungen bei den vier Fallprüfungen</i>	<i>37</i>
<i>Tabelle 20: Anzahl Energieausweise mit fehlerhafte Eingaben zu den kontrollierten Schichttypen</i>	<i>44</i>
<i>Tabelle 21: Fehlerquote zu den Prüfkriterien</i>	<i>46</i>

Abkürzungsverzeichnis

BTV...	Bautechnikverordnung Vorarlberg
EAW...	Energieausweis
EAWZ...	Energieausweis Zentrale
EEB...	Endenergiebedarf
EIV...	Energieinstitut Vorarlberg
f_{GEE} ...	Gesamtenergieeffizienz-Faktor
HWB...	Heizwärmebedarf
OIB...	Österreichisches Institut für Bautechnik
OI3...	Ökoindex
PEB...	Primärenergiebedarf
PV...	Photovoltaik
QS...	Qualitätssicherung
UKS...	Unabhängiges Kontrollsystem
WBF...	Wohnbauförderung

1 Die Rolle des Energieausweises und der Qualitätssicherung

Der Energieausweis eines Gebäudes beschreibt dessen Energieeffizienz und ist ein zentrales Instrument zur Dekarbonisierung des Gebäudesektors. Er ist rechtlich verankert und bei den meisten Bauvorhaben unumgänglich. Energetische Mindestanforderungen an Gebäude werden mittels Kennzahlen aus dem Energieausweis festgelegt. Somit sind Energieausweise an die Erfüllung von Klimazielen geknüpft. Zudem dient er als Datengrundlage und Entscheidungshilfe auf dem Immobilienmarkt.

Aufgrund der Relevanz von Energieausweisen kommt auch der Qualitätssicherung von Energieausweisen eine große Bedeutung zu. Eine möglichst realitätsnahe Bewertung der Energieeffizienz ist unabdingbar, um klimarelevante Zielsetzungen nicht zu verfehlen. Das beinhaltet auch die korrekte Ausstellung von Energieausweisen in der Praxis.

1.1 Der Gebäudesektor in Österreich

Die Europäische Kommission gibt an, dass der Gebäudesektor ist in der EU für rund 40 % des Energieverbrauchs und rund 36 % der Treibhausgasemissionen verantwortlich ist. (Europäische Kommission, 2020)

Auch in Österreich ist der Gebäudesektor verantwortlich für einen erheblichen Anteil der Treibhausgasemissionen. Abbildung 1 zeigt den Anteil der Sektoren an den in Österreich verursachten Treibhausgasemissionen. Laut dem Klimaschutzbericht 2021 des Umweltbundesamts war der Gebäudesektor im Jahr 2019 für 16,2 % der in Österreich verursachten Emissionen verantwortlich, ohne Berücksichtigung von Emissionshandel. Der dabei definierte Gebäudesektor umschließt Haushalte und öffentliche sowie private Dienstleistungen, keine Gebäude der Industrie oder Landwirtschaft.

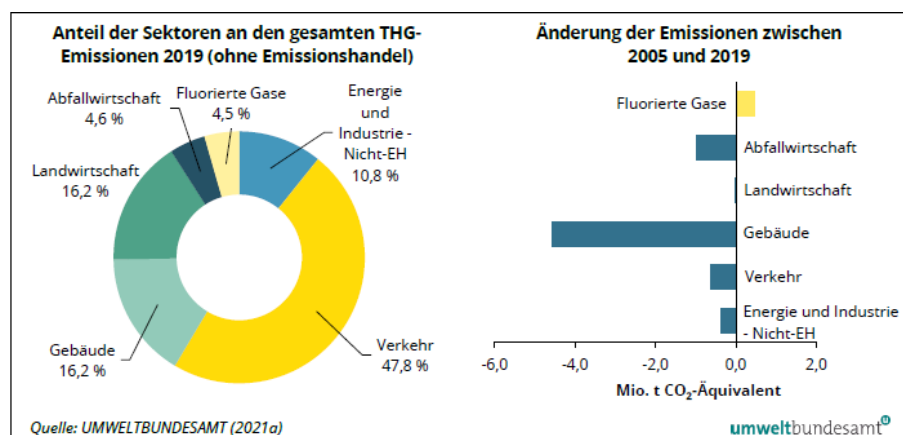


Abbildung 1: Anteil der Sektoren an den in Österreich verursachten Treibhausgasemissionen (Umweltbundesamt, 2021)

Das Emissionsniveau von 1990 konnte im Gebäudesektor bis 2019 um 36,0 % gesenkt werden. Nach dem Klimaschutzbericht ist dieser Rückgang auf thermische Sanierungsmaßnahmen, erneuerbare Energieträger und die Erneuerung von Heizungsanlagen zurückzuführen. Der Rückgang der Emissionen ist in den letzten Jahren allerdings zum Erliegen gekommen. Von 2018 auf 2019 sind die Treibhausgasemissionen witterungsbedingt sogar um 3,0 % gestiegen. (Umweltbundesamt, 2021)

Die Statistik Austria gibt ebenfalls Daten zum Energieverbrauch des Gebäudesektors wieder. In der kürzlich veröffentlichten Nutzenergieanalyse fielen im Jahr 2020 von insgesamt rund 1.050 PJ etwas über 300 PJ zurück auf den Energieeinsatz für Raumklima und Warmwasser, siehe Abbildung 2. Das entspricht einem Anteil von 29 % und liegt damit näher bei den durch die Europäische Kommission angegebenen Anteilen des Gebäudesektors am Energieverbrauch. Der Energieverbrauch von Haushaltsgeräten und Beleuchtung fällt in die Kategorie Standmotoren und Beleuchtung und EDV. Diese beiden Kategorien zusammen machten 2020 einen Anteil von 14 % an der gesamten Nutzenergie aus. Analog zu den verursachten Treibhausgasen, ausgegeben durch das Umweltbundesamt, verzeichnete auch die Statistik Austria einen Anstieg des Energieverbrauchs vom Jahr 2018 auf das Jahr 2019 von rund 2 %. (Statistik Austria, 2022)

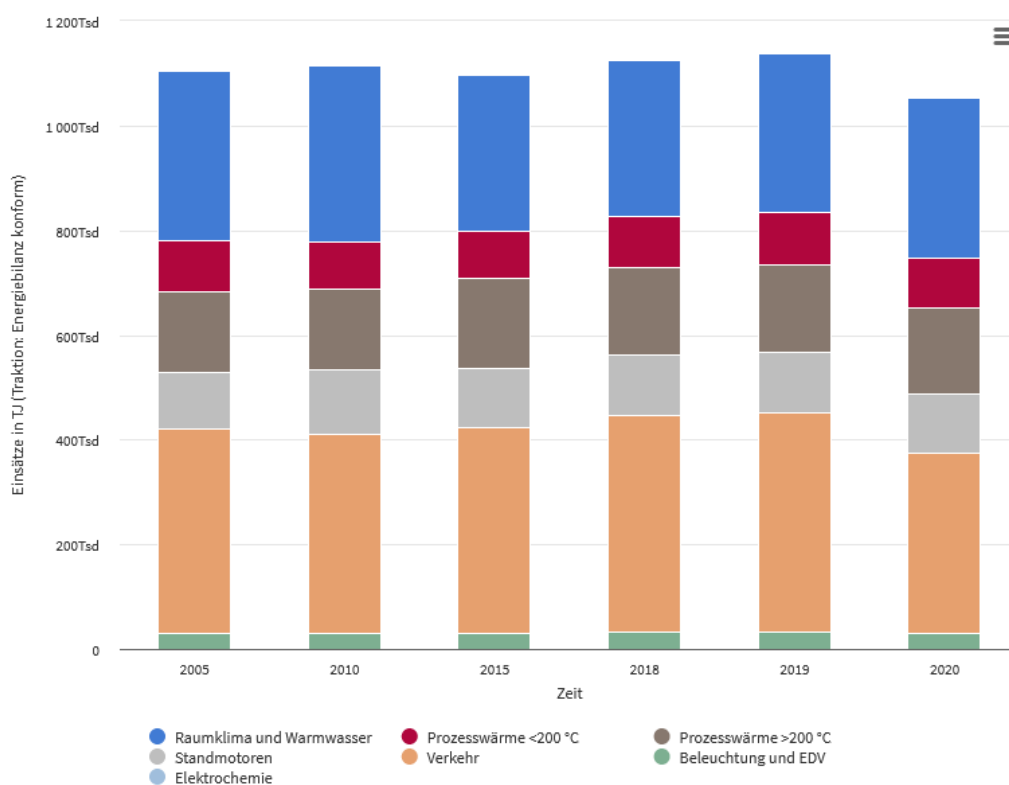


Abbildung 2: Chronologische Verteilung der Nutzenergie in Österreichs nach unterschiedlichen Sektoren (Statistik Austria, 2022)

Die Relevanz der Senkung des Energieverbrauches bzw. die Erhöhung der Energieeffizienz und die Dekarbonisierung des Gebäudesektors in der EU als auch in Österreich liegt angesichts des voranschreitenden Klimawandels und der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern aus Russland und anderen Staaten klar auf der Hand.

Klimaziele mit Vorgaben zur Steigerung der Energieeffizienz und Reduktion von Treibhausgasen gibt es auf internationaler Skala bis hin zu sehr regionalen Strukturen wie Kommunen und Unternehmen. Der Staat Österreich hat sich über das Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz (EAG) zur Erreichung der Klimaneutralität bis zum Jahr 2040 verschrieben.¹ Es wird an dieser Stelle nicht weiter auf Klimaziele der Bundesländer und Regionen eingegangen, da diese weitestgehend mit der Klimaneutralität bis 2040 abgedeckt sind.

1.2 Die Rolle des Energieausweises

Der Energieausweis findet Anwendung bei den allermeisten Bauvorhaben und auch beim Verkauf oder bei der Vermietung von Gebäuden und Wohnungen ist er eine Voraussetzung. Über ihn werden energetisch relevante Daten ermittelt und kommuniziert. Daher sind die Rollen des Energieausweises vielseitig.

1.2.1 Der EAW als Typenschein

Der 2002 in der EU eingeführte Energieausweis ist ein wichtiges Instrument zur Steigerung der Energieeffizienz und Dekarbonisierung des Gebäudesektors (European Commission, 2013). Er fungiert ähnlich dem Typenschein eines Autos, welcher auch einen Kraftstoffverbrauch angibt. Da der Verbrauch eines Autos unter normierten Bedingungen gemessen wird, wird die tatsächliche Fahrleistung nicht berücksichtigt. Der Normverbrauch kann daher nur einen Anhaltspunkt über den wirklichen Verbrauch geben. Der ÖAMTC gibt an, dass durch sparsames Fahrverhalten bis zu 25 % des Kraftstoffverbrauchs reduziert werden können (ÖAMTC, 2022).

Vergleichbar verhält sich das mit dem Energieausweis. Der Energieausweis spiegelt den Energiebedarf, also den kalkulierten Energieverbrauch eines Gebäudes, bei normierten Bedingungen wieder. So ist die Innenraumtemperatur, der Warmwasserverbrauch, das Lüftungsverhalten, die Klimadaten und viele andere einflussreiche Faktoren vorgegeben. (EAWZ, 2017)

¹ § 4 Abs 1 EAG

Eine andere Analogie kann mit dem 2021 überarbeiteten EU-weiten Energielabel von elektrischen Geräten gezogen werden. Das EU-Energielabel, auch genannt EU-Energieverbrauchskennzeichnung, stuft die Geräte nach deren Energieeffizienz ein. Dabei wird unter anderem auch auf eine farbliche Skalierung zurückgegriffen, dank derer Endverbraucher*innen leicht erkennen können, ob das vorliegende Gerät energieeffizient ist oder nicht. (European Commission , 2021)

Selbiges Farbsystem, welches links auf Abbildung 3 zu sehen ist, geht von rot für nicht energieeffiziente Geräte bis zu dunkelgrün für sehr energieeffiziente Geräte und wird neben vielen anderen Informationen auch beim Energieausweis ausgegeben. Während das EU-Energielabel das Gerät gesamtheitlich einstuft, werden im Energieausweis einzelne Energiekennzahlen eingestuft. So ist in Abbildung 3 der HWB (Heizwärmebedarf), welcher der flächenbezogenen Nutzenergie für Raumwärme gleichkommt, schlechter eingestuft als die berechneten Emissionen in CO₂-Äquivalenten. Diese Skalierung ermöglicht es auch ohne die Energiekennzahlen im Detail zu verstehen, zu erkennen, ob es sich um ein energieeffizientes und klimaschonendes Gebäude handelt oder nicht.

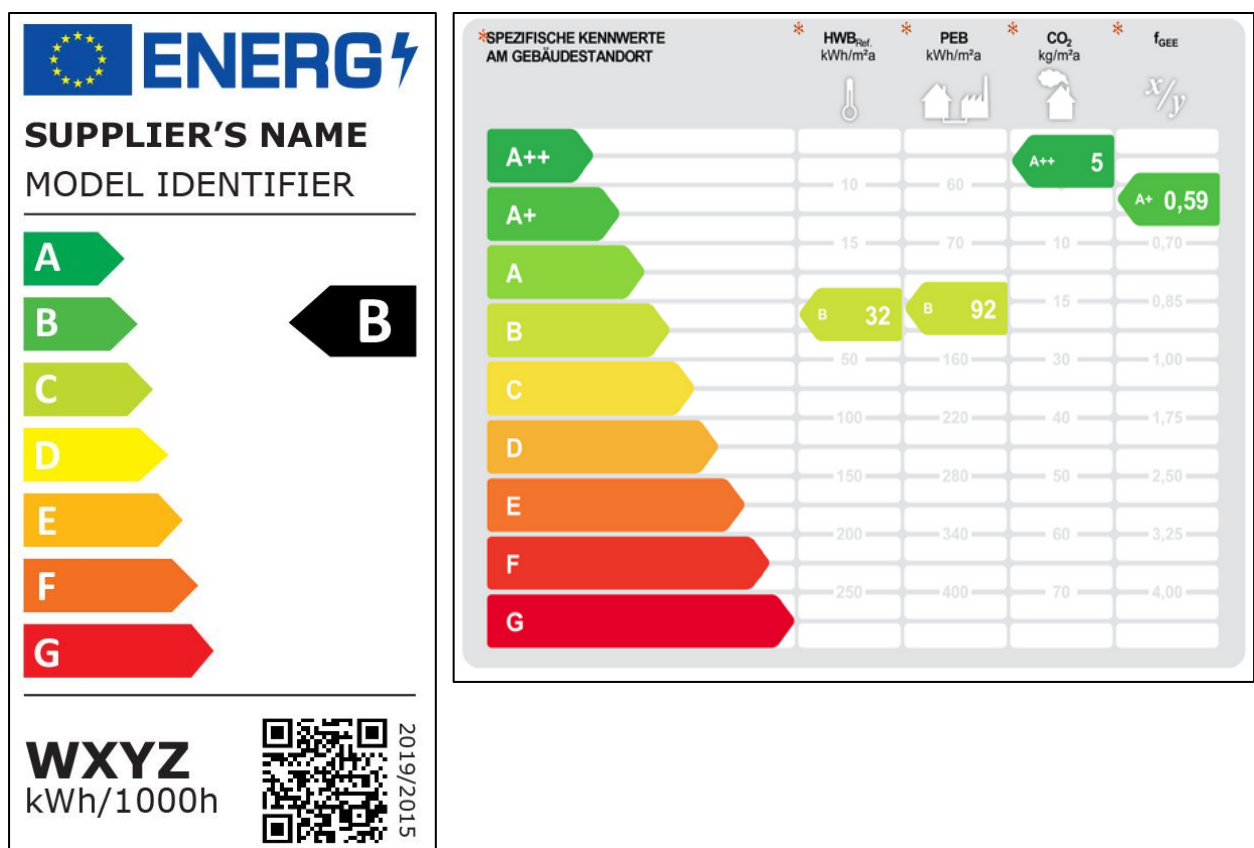


Abbildung 3: links ein Beispiel eines EU-Energielabels im Bereich Beleuchtung (European Commission , 2021); rechts die Einstufung diverser Energiekennzahlen als Teil des Energieausweises (EAWZ, 2017)

1.2.2 Die wichtigsten Kennzahlen aus dem Energieausweis

In Abbildung 3 sind einige wichtige Kennzahlen des Energieausweises bereits angeführt. Diese Kennzahlen werden nachstehend genauer erläutert und um eine weitere wichtige Kennzahl ergänzt.

HWB: Der bereits erwähnte Heizwärmebedarf (HWB) beschreibt jene Nutzenergie, welche dem Gebäude innerhalb der thermischen Hülle zugeführt werden muss, um die festgelegten Innenraumtemperatur über das Jahr gesehen auf konstanten Niveau zu halten. Die thermische Hülle umfasst die beheizten Räume eines Gebäudes, sie ist demnach die Grenze zur unbeheizten Umgebung. Die festgelegte Innenraumtemperatur lag nach der 2014-er Version der ÖNORM B 8110-6-1 bei 20 °C und wurde mit der neuen 2019-er Version auf 22 °C angehoben. Berücksichtigt werden beim HWB die Wärmeverluste über die Bauteile, genannt Transmissionsverluste, und die Lüftungsverluste. Dem entgegengesetzt werden solare Gewinne über transparente Bauteile, sprich Fensterflächen, und interne Gewinne. Die internen Gewinne setzen sich aus der abgegebenen Wärme von Personen, Beleuchtungsgeräten und anderer elektrischen Geräten zusammen. Die Differenz zwischen den Verlusten und den Gewinnen entspricht der benötigten Energiemenge um die Innenraumtemperaturen konstant zu halten, also dem HWB. Die genaue Berechnung des HWBs ist in der ÖNORM B 8110-6-1 angeführt. (Austrian Standards International, 2019)

PEB: Der Primärenergiebedarf geht über die Nutzenergie der Raumwärme hinaus. Er berücksichtigt zusätzlich den Warmwasserbedarf, den Strombedarf, die Wärmeverluste des Heiz- und Heizverteilsystems, also den Endenergiebedarf (EEB), und die Energieverluste entlang der Produktionskette des Energieträgers. Der Primärenergiebedarf stellt somit eine ganzheitliche Bewertung des Gebäudes inklusive Haustechnikkomponenten und des Energieträgers dar. Die Konversionsfaktoren zur Berechnung des PEB sind in der OIB Richtlinie 6 festgehalten. Dabei wird nach erneuerbaren und nicht erneuerbaren Anteilen unterschieden. Der Energieträger Kohle weist einen Faktor von 1,46 auf, wobei dieser komplett auf den nicht erneuerbaren Anteil zurückfällt. Das bedeutet, dass für die Herstellung von Kohle mit einem Energieinhalt von einer Kilowattstunde das 1,46-fache an fossiler Energie aufgewendet werden muss.

CO₂: Eine Kennzahl, die in Bezug auf den Klimawandel und die Zielsetzung der Klimaneutralität bis 2040 eine zentrale Rolle spielt, sind die Emissionen von Treibhausgasen angegeben in CO₂-Äquivalenten. Auch bei den Emissionen werden der Endenergiebedarf und die gesamte Produktionskette des Energieträgers berücksichtigt. Die Konversionsfaktoren für CO₂ sind ebenfalls bei den Faktoren für die Ermittlung des Primärenergiebedarfs in der OIB Richtlinie 6 wiederzufinden.

f_{GEE} : Der Gesamtenergieeffizienz-Faktor (f_{GEE}) ist etwas komplizierter in seiner Form, da er ein Verhältnis zwischen dem für das Gebäude berechneten Endenergiebedarf und einem Referenz-Endenergiebedarf darstellt. Der Referenz-Endenergiebedarf repräsentiert im Prinzip dasselbe Gebäude, aber mit einem abweichenden HWB und einer fiktiven technischen Ausstattung. Die genaue Berechnung des Gesamtenergieeffizienz-Faktors ist in der ÖNORM H 5050-1 festgehalten. Je niedriger der f_{GEE} , desto energieeffizienter ist das Gebäude. (Austrian Standards International, 2019)

OI3: Eine weitere wichtige Kennzahl, die sich in Österreich weitgehend etabliert hat, ist der Ökoindex (OI3). Er bewertet die ökologische Qualität von angewendeten Baustoffen. Dabei werden je Baustoff drei Faktoren berücksichtigt: Das sind der Energieeinsatz von nicht erneuerbaren Energieträgern während des Herstellungsprozess, das Treibhauspotential im Zeitraum von 100 Jahren und das Versäuerungspotential von Böden und Gewässer. Zur dahinterliegenden Methode liegt ein Leitfaden vor beziehungsweise mehrere Leitfäden, da es bundesweite Unterschiede gibt, was die Aktualität der OI3-Leitfäden und die Anwendung des OI3s betrifft. Richtwerte zu Baustofftypen und spezifischen Werte zu einzelnen Baustoffen, welche herstellende Firmen deklarieren können, sind in einer Baustoffdatenbank namens Baubook angeführt. Unterstützt wird der Betrieb dieser Plattform durch das Österreichische Institut für Baubiologie und -ökologie (IBO) sowie durch das Energieinstitut Vorarlberg (EIV). (Baubook, 2022)

Die genannten Kennwerte werden zum einen für das Standortklima (SK) des Gebäudes, aber auch für ein definiertes Referenzklima (RK) ausgegeben. Der Vorteil des Referenzklimas liegt wiederum in der Vergleichbarkeit von Gebäuden, ohne deren Standort zu berücksichtigen.

Zusätzlich gibt es speziell beim HWB und PEB viele verschiedene Varianten davon, welche sich nicht nur in dem angewandten Klimaprofil, sondern auch in der Bilanzierung unterscheiden. Es gibt beispielsweise ein HWB, bei welchem eine mechanische Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung nicht berücksichtigt wird und andere HWBs, bei welchen diese sehr wohl berücksichtigt wird. Daher ist es wichtig auf die genaue Kurzbezeichnung der Kennzahlen zu achten.

Die Berechnung des Energieausweises findet über dafür vorgesehene Berechnungsprogramme statt. (ZEUS, 2022)

In Österreich sind das folgende Berechnungsprogramme:

- ArchiPHYSIK herausgegeben von A-Null Development GmbH
- AX3000 herausgegeben von EDV-Software-Service GmbH & CO KG
- Ecotech Gebäuderechner herausgegeben von BuildDesk Österreich GmbH

- Gebäudeprofi herausgegeben von ETU GmbH
- GEQ herausgegeben von Zehentmayer Software GmbH

1.2.3 Energiebedarf ist nicht gleich Energieverbrauch

Der Energieausweis stellt den Bedarf, also den berechneten Energieverbrauch dar, nicht den tatsächlichen Energieverbrauch. Eine Abweichung von den normierten Nutzungs- und Klimaprofilen bedeutet eine Abweichung des Verbrauchs vom Bedarf. Die Erhöhung der Raumtemperatur um ein Grad kann zum Beispiel den tatsächlichen Energieverbrauch um mehrere Prozente anheben. In diversen Broschüren und Artikeln ist die Rede von einem rund 6 % höherem Energieverbrauch bei einer Erhöhung der Raumtemperatur um ein Grad. Diese Angabe ist beispielsweise in einer Broschüre „Energiesparprofi in 12 Schritten“ von Energie Tirol, welche durch das Energieinstitut Vorarlberg überarbeitet wurde, zu finden (Energie Tirol, 2013). Weiteres veröffentlichte das Informationsportal Swissinfo 2018 einen Artikel, in welchem sie Olivier Meile von der EnergieSchweiz zitieren: „Bei Häusern, die vor dem Jahr 2000 gebaut wurden (was auf 85 % der Schweizer Immobilien zutrifft), würde eine Reduzierung der Innentemperatur um 1°C den Energieverbrauch um 6 % senken.“ (Swissinfo, 2018). Aus dieser Aussage heraus leitet sich bereits ab, dass sie die Energieeinsparung bei der Reduktion um ein Grad nicht pauschal bestimmen lässt, da dies vom jeweiligen Gebäude abhängt.

Das Deutsche Institut für Wohnen und Umwelt IWU hat 2006 ein Bericht zu einem Forschungsprojekt veröffentlicht, in welchem auch die Abweichung des tatsächlichen Verbrauchs für Raumwärme zum berechneten Bedarf untersucht wurde. Analysiert wurden rund 1.400 Gebäude mit einer oder zwei Wohneinheiten. (IWU, 2006)

Die Abweichungen sind in Abbildung 4 dargestellt. Es zeigt sich, dass die Streuung der Verbrauchskennwerte mit dem berechneten Bedarf in absoluten Zahlen ansteigt. Außerdem liegt der tatsächliche Verbrauch bei Gebäuden mit niedrigem Energiebedarf eher über den Bedarfskennwerten. Gebäude mit hohem Energiebedarf verbrauchen tendenziell weniger.

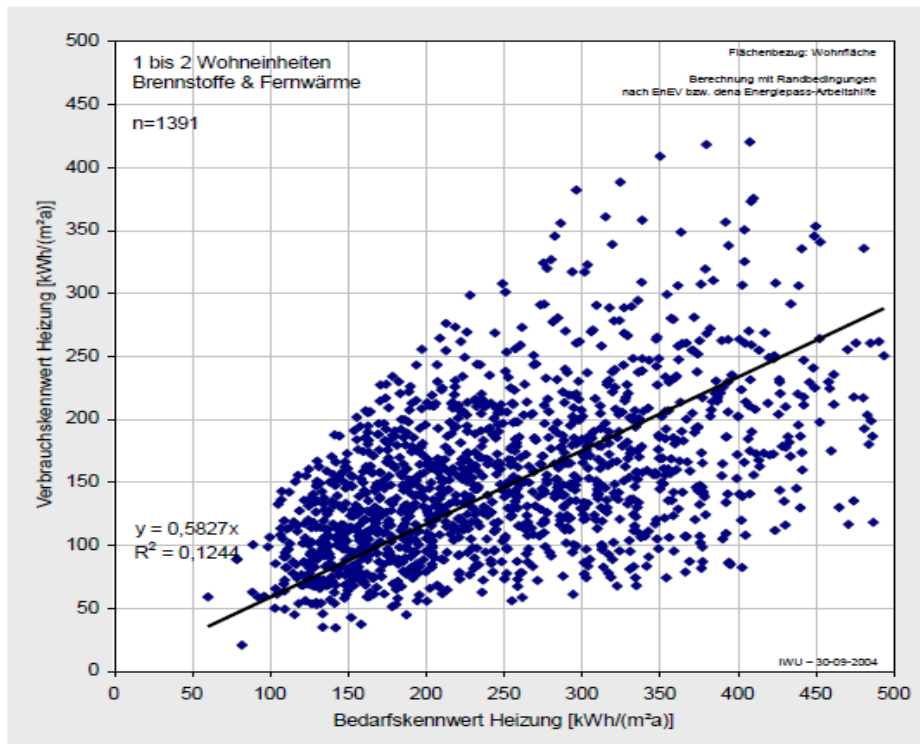


Abbildung 4: Abweichung des tatsächlichen Verbrauchs für Raumwärme mit dem berechneten Bedarf nach EnEV 2002 (IWU, 2006)

Der Hintergrund zur Anwendung von normierten Nutzungs- und Klimaprofilen ist es, eine Beurteilung und Vergleichbarkeit von Gebäuden ohne Berücksichtigung der Bewohnenden zu gewährleisten (EAWZ, 2017). Ein sehr energieeffizientes Gebäude mit energieintensiven Nutzerverhalten der Bewohnenden ist anders zu bewerten als ein sehr ineffizientes Gebäude mit energiesparenden Nutzerverhalten der Bewohnenden, auch wenn der Energieverbrauch derselbe sein mag. Die Beurteilung des reinen Gebäudes gewährleistet auch die Einführung von Mindestanforderungen an den Gebäudestandard, welche über den Energieausweis nachgewiesen werden.

1.2.4 Mindestanforderungen an den Gebäudestandard

An den Energieausweis gekoppelte Mindeststandards stammen zum einen aus europäischen Rechtschriften und sind zum anderen in nationalem Recht spezifiziert.

Mindestanforderungen in der Europäischen Union

Die rechtliche Grundlage des Energieausweises führt auf die EU-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden zurück, welche Rahmenbedingungen zum Berechnungsverfahren der Gebäudeenergieeffizienz und die Festlegung von Gebäude-Mindestanforderungen vorgibt. Diese Mindestanforderungen sind in nationalen Rechtschriften der Mitgliedstaaten ausgearbeitet worden.

Die Gebäuderichtlinie der EU legt fest, dass die Mitgliedstaaten eigene optimale Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz festzulegen haben und diese Mindestanforderungen alle 5 Jahre zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen sind. Dabei sind die Anforderungen laut Richtlinie so zu wählen, dass ein kostenoptimales Verhältnis zwischen den Investitionskosten eines Gebäudes und den eingesparten Energiekosten über den Betriebszeitraum eines Gebäudes erzielt wird. Die Mindestanforderungen beziehen sich auf die Raumheizung und –kühlung, Warmwasserbereitung, Lüftung, Beleuchtung und andere gebäudetechnische Systeme. Diese kostenoptimalen Mindestanforderungen gelten vorwiegend für den Neubau. Jedoch sind auch bei größeren Renovierungen Anforderungen zu bestimmen und zu erfüllen. (Europäische Union, 2021)

Eine Schärfung der Anforderungen im Neubau auf Niedrigstenergiegebäude gilt seit 2021 und bereits seit 2019 für Gebäude im Eigentum von Behörden. Zusätzlich soll auch für Bestandsgebäude eine Strategie zur Sanierung auf das Niveau eines Niedrigstenergiegebäudes vorgelegt werden. In der Gebäuderichtlinie der EU sind Niedrigstenergiegebäude definiert als Gebäude mit sehr hoher Gesamtenergieeffizienz und sehr geringem Energiebedarf, welcher zu einem wesentlichen Teil über erneuerbare Energien abgedeckt werden soll. Die Kommission empfiehlt zwar Richtwerte für den Primärenergieverbrauch eines Niedrigstenergiegebäudes, die genaue Definition von Niedrigstenergiegebäuden obliegt jedoch den einzelnen Mitgliedstaaten.²

Die Europäische Kommission hält in ihrem Bericht zur *Bewertung der Fortschritte der Mitgliedstaaten bei der Umsetzung der Energieeffizienz-Richtlinie 2012/27/EU und bei der Einführung von Niedrigstenergiegebäuden und kostenoptimalen Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz in der EU im Einklang mit der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (2020)* fest, dass die Anforderungen für Niedrigstenergiegebäude um 70 % ehrgeiziger waren als die nationalen kostenoptimalen energetischen Mindestanforderungen. Dennoch sind die Anforderungen an die Primärenergie von nicht erneuerbaren Energieträgern von den überwiegenden Mitgliedstaaten lockerer definiert als die empfohlenen Richtwerte der Europäischen Kommission, wie in Abbildung 5 zu sehen ist. Daran ist zu erkennen, dass auch Österreichs Anforderung an die Primärenergie eines Einfamilienhaus-Niedrigstenergiegebäude knapp über den empfohlenen Richtwerten liegt. (Europäische Kommission, 2020)

² Empfehlung (EU) 2016/1318 der Kommission vom 29. Juli 2016 über Leitlinien zur Förderung von Niedrigstenergiegebäuden und bewährten Verfahren, damit bis 2020 alle neuen Gebäude Niedrigstenergiegebäude sind, ABI L208/46

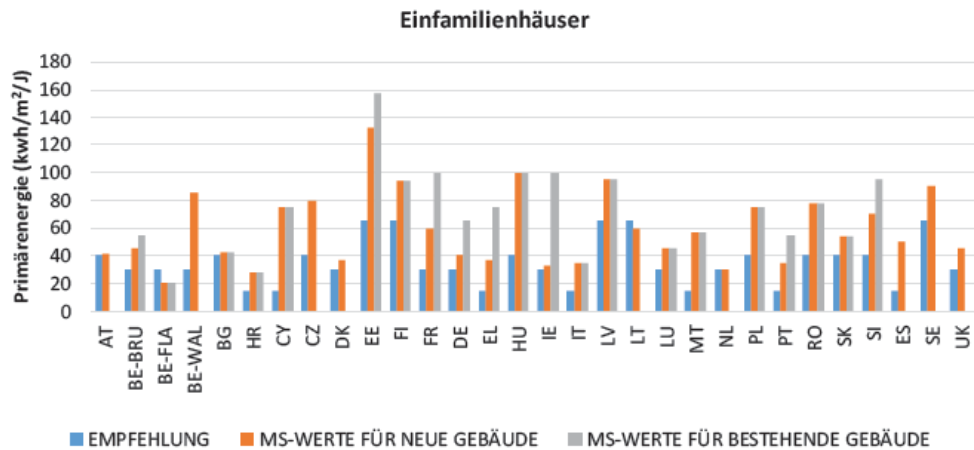


Abbildung 5: Vergleich der Anforderungen an die nicht erneuerbare Primärenergie eines Niedrigstenergiegebäudes in den EU-Mitgliedstaaten mit den empfohlenen Richtwerten der Europäischen Kommission (Europäische Kommission, 2020)

Mindestanforderungen in Österreich und Vorarlberg

In Österreich sind die von der EU vorgegebenen Mindestanforderungen bundesweit für Neubauten und größere Renovierungen in der OIB-Richtlinie 6 *Energieeinsparung und Wärmeschutz* umgesetzt. Die Einhaltung der Mindestanforderungen erfolgt immer über den HWB und zusätzlich über den EEB oder den f_{GEE} . Tabelle 1 zeigt die Anforderungen für Wohngebäude über den Endenergiebedarf und Tabelle 2 die Anforderungen über den Gesamtenergieeffizienz-Faktor. Die Anforderungen ab 1. Jänner 2021 entsprechen dabei der Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie zu Niedrigstenergiegebäuden. (OIB, 2019)

Tabelle 1: OIB-Anforderungen an Wohngebäude über den HWB und den EEB (OIB, 2019)

		Neubau	Größere Renovierung
HWB _{Ref,RK,zul} in [kWh/m²a]	ab Inkrafttreten	$12 \times (1 + 3,0 / \ell_c)$	$19 \times (1 + 2,7 / \ell_c)$
	ab 01.01.2021	$10 \times (1 + 3,0 / \ell_c)$	$17 \times (1 + 2,9 / \ell_c)$
EEB _{RK,zul} in [kWh/m²a]	ab Inkrafttreten	EEB _{WG,RK,zul}	EEB _{WGsan,RK,zul}

Tabelle 2: OIB-Anforderungen an Wohngebäude über den HWB und f_{GEE} (OIB, 2019)

		Neubau	Größere Renovierung
HWB _{Ref,RK,zul} in [kWh/m²a]	ab Inkrafttreten	$16 \times (1 + 3,0 / \ell_c)$	$25 \times (1 + 2,5 / \ell_c)$
	$f_{GEE,RK,zul}$	0,80	1,00
	ab 01.01.2021	0,75	0,95

Zusätzlich stellt die OIB-Richtlinie 6 Mindestanforderungen zu U-Werten von Bauteilen als auch Anforderungen an den erneuerbaren Anteil, also an den Einsatz von erneuerbaren

Energieträgern. Die grafische Einteilung der einzelnen Klassen der Energieeffizienzskala, zu sehen in Abbildung 3, ist ebenfalls in dieser Richtlinie festgehalten.

Diese bundesweiten Vorgaben wurden wiederum in Landesrecht umgesetzt und teilweise ergänzt. So hat das Bundesland Vorarlberg in seiner Bautechnikverordnung (BTV) zusätzliche Anforderungen mitaufgenommen.³ Tabelle 3 zeigt die Anforderungen an den HWB beim Neubau von Wohngebäuden in Vorarlberg.

Tabelle 3: BTV-Anforderungen bei der Errichtung eines Wohngebäudes in Vorarlberg

HWB _{Ref,RK} in [kWh/(m ² a)]	PEB in [kWh/(m ² a)]	CO _{2eq} in [kg/(m ² a)]
12,00 x (1+3/l _c)	120	18

Analog zur OIB-Richtlinie ist auch in Vorarlberg der höchstzulässige HWB abhängig von der Geometrie des Gebäudes, welcher über die charakteristische Länge (l_c) ausgegeben wird. Zurückzuführen ist das auf die Tatsache, dass Gebäude mit viel Oberfläche und geringem Volumen höhere Energieverbräuche aufweisen, da über große Oberflächen viel Wärme verloren geht. Dieses Oberflächen/Volumen-Verhältnis (A/V-Verhältnis) bildet den Kehrwert des l_c. Zusätzlich zu den Bundesvorgaben definiert das Land Vorarlberg auch Anforderungen an den PEB und CO₂. Die BTV kennt auch eigene Anforderungen für größere Renovierungen von Wohngebäuden, diese Anforderungen sind in Tabelle 4 angeführt. Der Nachweis zur Einhaltung der genannten Mindestanforderungen findet über den Energieausweis statt.

Tabelle 4: BTV-Anforderungen bei einer größeren Renovierung eines Wohngebäudes in Vorarlberg

HWB _{Ref,RK} in [kWh/(m ² a)]	PEB in [kWh/(m ² a)]	CO _{2eq} in [kg/(m ² a)]
16,00 x (1+3/l _c)	160	26

Wohnbauförderung

Die Wohnbauförderungen der österreichischen Bundesländer sind ebenfalls an den Energieausweis geknüpft. Die Fördersysteme unterscheiden sich in relevanten Punkten wie Förder-Voraussetzungen, Förderhöhen und dem Auszahlungssystem. Sie alle beziehen sich aber auf Kennzahlen aus dem Energieausweis. Nicht allein die energetische Effizienz und die Treibhausgasemissionen sind bei den meisten Wohnbaufördersystemen von Relevanz, sondern auch soziale und ökologische Faktoren.

³ Verordnung der Landesregierung über die technischen Erfordernisse von Bauwerken, LGBl 53/2014 idF 67/2021

So wurde für die meisten Wohnbauförderungen ein Kinder- oder Familienbonus eingeführt und Bundesländer wie Niederösterreich und Burgenland fördern ebenfalls Begrünungsmaßnahmen am Gebäude. Auch der Ökoindex wird in sechs Wohnbaufördersystemen bereits angewendet. Das betrifft die Wohnbauförderung in Kärnten, Niederösterreich, Salzburg, Steiermark, Tirol und Vorarlberg. (Baubook, 2022)

1.2.5 Verbraucherinformation

Der Energieausweis dient nicht nur zur Baueinreichung, sondern auch als Aushängeschild und Informationsquelle für Eigentümer*innen, Bewohner*innen und andere Beteiligte der Immobilienbranche. Gebäude und Wohnungen mit niedrigen Energiebedarfen und somit niedrigen Energiekosten werden erachtet, besser vermarktet werden zu können, als baugleiche Objekte mit höheren Energiebedarfen. (Rapf & Lottes, 2015)

Nichtwohngebäude mit starkem Publikumsverkehr sind nach der OIB-Richtlinie 6 verpflichtet, den Energieausweis auszuhängen. Geregelt wird diese Vorgabe länderspezifisch. Zudem schreibt das Energieausweisvorlagegesetz vor, dass beim Verkauf oder bei der Vermietung eines Gebäudes oder einer Wohnung ebenfalls ein Energieausweis vorzulegen ist.⁴

Beim Immobilienkauf oder auf Wohnungssuche stolpert man regelmäßig auf Angaben zu der Energieeffizienz des Gebäudes oder der Wohneinheit. Eine in 2012 durchgeführte Befragung zum Einfluss des Energieausweises auf dem deutschen Immobilienmarkt durch Hermann Amecke weist aus, dass über drei Viertel der Befragten den Energieausweis bei der Immobiliensuche beachten. Es geht aber auch hervor, dass der Einfluss des Energieausweises gering ist im Vergleich zu anderen Faktoren wie Preis, Lage und Größe einer Immobilie. Zur Vertrauenswürdigkeit des Energieausweises wurde die Erkenntnis gewonnen, dass zwar über 80 % der Befragten den Energieausweis kennen, aber nur 44 % diesen auch für vertrauenswürdig halten.

Der Autor der Studie gibt an, dass diese Vertrauenslücke auf eine generelle Skepsis gegenüber Informationen zur Gebäudeenergieeffizienz zurückzuführen sei könnte. Im Vergleich mit anderen Informationsquellen zur Gebäudeenergieeffizienz gilt der Energieausweis eher als vertrauenswürdig. (Amecke, 2012)

⁴ Energieausweis-Vorlage-Gesetz 2012 – EAVG 2012, BGBl 27/2012

1.3 Qualitätssicherung von Energieausweisen

Die Rolle von Energieausweisen ist vielfältig und zentral für die Dekarbonisierung des Gebäudesektors. Daher ist der Energieausweis in diesem Sektor nicht mehr wegzudenken. Aufgrund dieser Relevanz ist die Qualitätssicherung (QS) von Energieausweisen essentiell um deren Richtigkeit sicherzustellen und kontinuierlich zu verbessern. Dabei gibt es unterschiedliche Aspekte der Qualitätssicherung.

Die QS der Berechnungsmethode ist eine sehr wichtige. Obwohl dem Energieausweis normierte Profile hinterlegt sind, sollte der Verbrauch dieser in ihrer Gesamtheit nicht zu weit von dem tatsächlichen Verbrauch liegen. Bei einzelnen Objekten kann die Abweichung des Energiebedarfs zum tatsächlichen Energieverbrauch durchaus beachtlich sein und zwar in beide Richtungen, insgesamt sollten sich die Abweichungen jedoch ausgleichen. Wenn dem nicht der Fall ist, ist die Festlegung von Mindestanforderungen hinsichtlich des Klimaschutzes nur bedingt wirksam, da der tatsächliche Energieverbrauch durchaus höher sein könnte. Aus diesen Gründen werden Berechnungsmethoden und darauf basierende Normen laufend angepasst.

Die Innenraumtemperaturen von Wohngebäuden wurden neben vielen anderen Faktoren mit der Aktualisierung der 2019-er Version der OIB-Richtlinie 6 beziehungsweise der ÖNORM B 8110-5 abgeändert. Die Innenraumtemperatur wird demnach nicht mehr mit 20 °C, sondern mit 22 °C angenommen. (Austrian Standards International, 2019)

Eine andere Form von QS betrifft die Ausstellung von Energieausweisen in der Praxis. Gemeint ist damit die Überprüfung von Eingaben zur Berechnung von Energieausweisen. Diese Form der QS ermöglicht eine Korrektur von mangelhaften Energieausweisen. Sie zeigt auch auf welche Fehler häufig vorkommen. Über Rückmeldungen von Fehlern und Schulungen für EAEW wird zu einer kontinuierlichen Verbesserung beitragen.

Diese Form der Qualitätssicherung findet seit einigen Jahren bei vielen Wohnbauförderungen statt. Dabei werden neben der Prüfung von Personen-Daten und ökologischen Förderkriterien wie Begrünungsmaßnahmen auch die Eingabe-Daten zur Energieausweisberechnung überprüft. Auch Bauämter überprüfen im Zuge des Bauverfahrens Energieausweise. (Kürnsteiner, 2018)

Sowohl zu der Qualitätssicherung der Wohnbaufördersysteme als auch im Zuge des Bauverfahrens gibt es keine offizielle und abgestimmte Vorgehensweise. Es ist daher nicht ersichtlich, welche Daten genau und in welcher Tiefe diese überprüft werden.

Neben der QS im Zuge der Wohnbaufördersysteme und den Bauämtern gibt es auch rechtliche Vorschriften der EU zur Implementierung eines unabhängigen Kontrollsystems (UKS).

1.3.1 Rechtlicher Hintergrund zum UKS

Mit Inkrafttreten der 2002 beschlossenen EU-Gebäuderichtlinie (2002/91/EG) im Jänner 2003 wurde der Energieausweis eingeführt⁵. Die EU-Gebäuderichtlinie (2002/91/EG) wurde durch eine Neufassung der EU-Gebäuderichtlinie (2010/31/EU) im Jahr 2010 abgelöst und 2021 aktualisiert⁶. Darin ist neben dem Energieausweis auch ein unabhängiges Kontrollsystem in Artikel 18 angeführt:

„Artikel 18

Unabhängiges Kontrollsystem

(1) Die Mitgliedstaaten gewährleisten, dass für die Ausweise über die Gesamtenergieeffizienz und die Inspektionsberichte für Heizungs- und Klimaanlage unabhängige Kontrollsysteme gemäß Anhang II eingerichtet werden. Die Mitgliedstaaten können separate Systeme für die Kontrolle der Ausweise über die Gesamtenergieeffizienz und der Inspektionsberichte für Heizungs- und Klimaanlage einführen.“

Der im Artikel 18 erwähnte „Anhang II“ stellt drei Optionen für die Überprüfung von EAWs vor. Die Optionen unterscheiden sich im Detailgrad bzw. der Genauigkeit der Überprüfung. Bei der ersten Option handelt es sich um eine reine Validitätsprüfung der Eingabe-Gebäudedaten und Ergebnisse. Die zweite Option besteht aus einer Prüfung der Eingabe-Daten und Ergebnisse als auch abgegebener Empfehlungen und die dritte Option aus einer vollständigen Prüfung der Gebäude-Eingabedaten, Ergebnisse und Empfehlungen inklusive einer Inaugenscheinnahme des Gebäudes:

„ANHANG II

Unabhängiges Kontrollsystem für Ausweise über die Gesamtenergieeffizienz und Inspektionsberichte

1. Die zuständigen Behörden oder die Stellen, denen die zuständigen Behörden die Verantwortung für die Anwendung des unabhängigen Kontrollsystems übertragen haben, nehmen eine Stichprobe mindestens eines statistisch signifikanten Prozentanteils aller jährlich ausgestellten Ausweise über die Gesamtenergieeffizienz und unterziehen diese Ausweise einer Überprüfung.

⁵ Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, ABl. 2003 L 1/68

⁶ Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, ABl. 2010 L 153/22, im Folgenden EU-Gebäuderichtlinie

Die Überprüfung erfolgt auf der Grundlage der nachstehend angegebenen Optionen oder gleichwertiger Maßnahmen:

a) Validitätsprüfung der Eingabe-Gebäudedaten, die zur Ausstellung des Ausweises der Gesamtenergieeffizienz verwendet wurden, und der im Ausweis angegebenen Ergebnisse;

b) Prüfung der Eingabe-Daten und Überprüfung der Ergebnisse des Ausweises über die Gesamtenergieeffizienz, einschließlich der abgegebenen Empfehlungen;

c) vollständige Prüfung der Eingabe-Gebäudedaten, die zur Ausstellung des Ausweises über die Gesamtenergieeffizienz verwendet wurden, vollständige Überprüfung der im Ausweis angegebenen Ergebnisse, einschließlich der abgegebenen Empfehlungen, und — falls möglich — Inaugenscheinnahme des Gebäudes zur Prüfung der Übereinstimmung zwischen den im Ausweis über die Gesamtenergieeffizienz angegebenen Spezifikationen mit dem Gebäude, für das der Ausweis erstellt wurde.

2. Die zuständigen Behörden oder die Stellen, denen die zuständigen Behörden die Verantwortung für die Anwendung des unabhängigen Kontrollsystems übertragen haben, nehmen eine Stichprobe mindestens eines statistisch signifikanten Prozentanteils aller jährlich ausgestellten Inspektionsberichte und unterziehen diese Berichte einer Überprüfung.“

1.3.2 Implementierung eines UKS in der EU und Österreich

Mitgliedstaaten sind nach der EU-Gebäuderichtlinie verpflichtet, ein UKS bis zum 9. Jänner 2013 einzurichten und ab diesem Tag handzuhaben. Das Building Performance Institute Europe (BPIE), eine unabhängige Denkfabrik in Brüssel und ein Zentrum für Expertise im Bereich der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, hat 2014 eine Studie zum Umsetzungsstand der Gebäuderichtlinie in den 28 EU-Mitgliedstaaten und in Norwegen durchgeführt.

Zu dieser Studie wurde ein Artikel veröffentlicht im Jahrbuch „Energieeffizienz in Gebäuden 2015“, welches vom VME Verlag und Medienservice Energie herausgegeben wird. Den Autoren des Artikels, Oliver Rapf und Ralf Lottes, zufolge, wurde dabei erhoben, dass alle 28 EU-Mitgliedstaaten und Norwegen bis 2014 ein UKS formal eingeführt hatten. Dabei wird nicht näher auf die Bedeutung von einer „formalen“ Einführung eingegangen. Abbildung 6 zeigt allerdings ein Ergebnis dieser Studie, wobei mit der ersten Zeile „Unabhängige Qualitätskontrolle der EA“ die Umsetzung des UKS gemeint ist. Es ist zu erkennen, dass ein UKS in drei Ländern noch in der Entwicklung ist und 4 Länder keine Angaben gemacht haben.

Die Mehrheit, nämlich 21 Länder, hatten ein UKS bereits umgesetzt. Aus der Studie geht auch hervor, dass Italien, Spanien, Großbritannien und Österreich einen regionalen Ansatz bei der Qualitätskontrolle gewählt haben. (Rapf & Lottes, 2015)

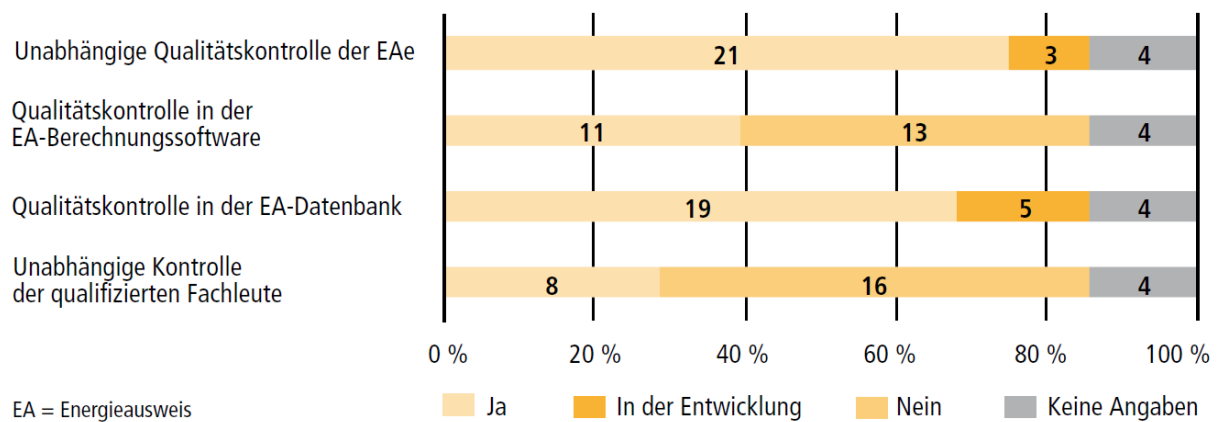


Abbildung 6: Ergebnisdarstellung aus einer Studie zum Umsetzungsstand des Energieausweis-Konzeptes, durchgeführt durch das Building Performance Institute Europe (BPIE) im Jahr 2014. (Rapf & Lottes, 2015)

Da in Österreich die Implementierung eines UKS den Ländern obliegt, wurde mit der Einführung zu unterschiedlichen Zeitpunkten begonnen. Die gesetzliche Verankerung eines UKS im Landesrecht fand in Tirol bereits 2013 statt, während Oberösterreich 2016 und das Burgenland erst 2017 nachzog. Niederösterreich, Vorarlberg und Wien haben das Landesrecht 2014 abgeändert und Kärnten, Salzburg und die Steiermark im Jahr 2015. Die Bundesländer nehmen dabei Bezug auf den Anhang II der EU-Gebäuderichtlinie und der stichprobenartigen Überprüfung von Energieausweisen, halten die Methode zur Überprüfung aber nicht genauer fest. (Kürnsteiner, 2018)

Einige Bundesländer führten zeitgleich zu einem UKS die rechtliche Verankerung von Energieausweisdatenbanken ein. Die Bundesländer Burgenland, Kärnten, Salzburg und Steiermark haben in gemeinsamer Kooperation eine Online-Datenbank namens Zeus zur Verwaltung von Energieausweisen eingerichtet. Die Prüfroutinen des UKS basieren bei allen auf der Zeus Datenbank. Auf der Webseite der Zeus Datenbank wird festgehalten, dass die Prüfroutinen in Burgenland noch in Entwicklung sind, Stand August 2022.

Für Kärnten wird ein dreistufiges System zur Überprüfung von Energieausweisen angegeben, welches den ersten Absatz von Anhang II der EU-Gebäuderichtlinie wiedergibt. Salzburg prüft die Einhaltung der Anforderungen der Bauordnung und der Wohnbauförderung. Die Steiermark prüft der Webseite zufolge die rechnerische Richtigkeit der Energieausweise. Das Jahr der rechtlichen Verankerung eines UKS ist nicht mit der Umsetzung und Ausführung dessen gleichzusetzen, wie am Beispiel von Burgenland sichtbar ist. Dort wurde ein UKS als erstes verankert, die Entwicklung ist jedoch noch nicht abgeschlossen. (ZEUS, 2022)

In einer Masterarbeit von Markus Kürnsteiner wird die Errichtung eines UKS in Oberösterreich näher beleuchtet. Im Fokus stehen dabei die rechtlichen Grundlagen und die legislative und praktische Umsetzung. In dem Bericht wird die zu prüfende Stichprobe für Oberösterreich ermittelt und eine Methode zur Bestimmung von Prüfkriterien wird beschrieben. Die Ausarbeitung von konkreten Prüfkriterien und Überprüfungen von Energieausweisen sind nicht Teil der Masterarbeit (Kürnsteiner, 2018).

Auch zu anderen Bundesländern gibt es keine genaueren offiziell verfügbaren Daten zum konkreten Prüfvorgehen oder diversen Auswertungen von geprüften Energieausweisen.

1.3.3 Entwicklung eines UKS in Vorarlberg

In Vorarlberg ist die Ausarbeitung eines unabhängigen Kontrollsystems, ebenso wie im Burgenland, noch nicht abgeschlossen. Die Energieausweis Zentrale (EAWZ) ist mit der Entwicklung eines solchen Kontrollsystems beauftragt. Die behördliche Abteilung verwaltet alle in Vorarlberg ausgestellten Energieausweise und ist daher die Energieausweisdatenbank für Vorarlberg.

Eine Kontrolle von EAWs findet dennoch bereits seit 2009 über die Qualitätssicherung der Wohnbauförderung Vorarlberg statt. Für relevante Daten wird mitunter auf die Datenbank der EAWZ zugegriffen. Die WBF arbeitet seit Jahren eng zusammen mit dem Energieinstitut Vorarlberg. Das EIV kontrolliert im Auftrag der Wohnbauförderung Energieausweise seit deren gesetzlicher Einführung. Rund 10 % der förderrelevanten EAWs werden auf die Einhaltung der Förderrichtlinie geprüft. Das inkludiert im Neubau die vollständige Überprüfung des Energieausweises aber bei einer Sanierung mitunter nur die Prüfung von Einzelmaßnahmen wie einem Fenstertausch. Die QS umfasst eine Plausibilitätsüberprüfung des Energieausweises und mitunter eine Inaugenscheinnahme des Gebäudes zur Bestätigung der Richtigkeit des Energieausweises und sonstigen ausgeführten Fördermaßnahmen. (EIV, 2022)

Die dabei festgelegten Prüfroutinen sind stark an die jeweilig gültige Wohnbauförderrichtlinie und den konkreten Fördermaßnahmen angelehnt. Es findet daher eine Kontrolle von förderrelevanten Maßnahmen statt und keine vereinheitlichte Überprüfung von Energieausweisen. Gerade bei der Kontrolle von Einzelmaßnahmen kann keine Aussage zur Richtigkeit des gesamten Energieausweises gemacht werden. Aufgrund der Erfahrung bzw. der aufgebauten Kompetenzen hat sich die Energieausweis Zentrale mit der Erstellung eines Kontrollsystems an das Energieinstitut Vorarlberg gewendet. In einer gemeinsamen Kooperation werden Grundlagen für das Kontrollsystem erarbeitet. Zur Entwicklung dieses UKS sind relevante Prüfkriterien zu definieren und einem Bewertungsschema zu unterziehen.

2 Forschungsfrage und Methodik

Ausgehend von der Relevanz von Energieausweisen und deren korrekten Ausstellung, wird nachkommend die Forschungsfrage und die zugrundeliegende Methodik der vorliegenden Masterarbeit erläutert.

2.1 Forschungsfrage

Die Erfassung von energetischen Prüfkriterien anhand realer Überprüfungen von Energieausweisen ist ein zentraler Ausgangspunkt für die vorliegende Arbeit. Zur Ermittlung von Prüfkriterien für die Kontrolle von Energieausweisen ist es unabdingbar, Eingabe-Daten mit hohem Fehlerpotential zu identifizieren. Unter Fehlerpotential wird zum einen die Häufigkeit von Fehlern bei der Eingabe und zum anderen die Schwere des Fehlers, also dessen Auswirkungen auf energetisch relevante Kennzahlen, verstanden.

Folgende Forschungsfrage beziehungsweise deren Ausarbeitung soll dabei helfen, die Datenlücke zu verkleinern und Fehlerpotentiale in der Energieausweiserstellung zur Erstellung eines UKS in Vorarlberg hervorzuheben.:

Wie hoch ist das Fehlerpotential energetisch relevanter Eingabe-Daten in der EAW-Erstellung nach der BTV und wie wirken sich diese Fehler auf die Kennzahlen HWB, PEB, CO₂ und OI3 aus?

Aus der Forschungsfrage ergeben sich drei untergestellte Fragen:

- Welche Eingabe-Daten sind energetisch relevant?
- Wie hoch ist die Fehlerquote bei energetisch relevanten Eingaben?
- Wie wirken sich Fehler auf die energetische Kennzahlen $HWB_{Ref,SK}$, PEB_{SK} , $CO_{2,SK}$, und OI3 aus?

2.2 Methodik

Die Beantwortung der Forschungsfrage findet mittels der Ausarbeitung eines Prüfrasters und der Durchführung von Fallprüfungen statt. Anhand des Prüfrasters werden Energieausweise auf energetisch relevante Eingaben geprüft. Bei fehlerhaften Eingaben ist die Auswirkung auf die Kennzahlen $HWB_{Ref,SK}$, PEB_{SK} , $CO_{2,SK}$, und OI3 festgehalten. Einzelne Eingaben werden bei einer größeren Anzahl von Energieausweisen geprüft. Hierdurch erhöht sich die Aussagekraft zum Fehlerpotential des Prüfkriteriums.

2.2.1 Grundlage

Der in Kapitel 1 angeführte Anhang II der Gebäuderichtlinie schlägt drei Optionen als Grundlage zur Überprüfung von Energieausweisen vor. Die Optionen unterscheiden sich im Detailgrad bzw. der Genauigkeit der Überprüfung, wobei die dritte Option die umfangreichste darstellt. Darin wird die vollständige Prüfung der energetisch relevanten Eingabe-Daten, die vollständige Überprüfung der Ergebnisse und die Inaugenscheinnahme des Gebäudes angeführt.

Diese Option dient als Ausgangslage zur Ausarbeitung der Forschungsfrage. Der vollständigen Prüfung der energetisch relevanten Eingabe-Daten und der Inaugenscheinnahme des Gebäudes zur Validierung der Eingabe-Daten wird nachgekommen. Es werden alle Eingabe-Daten aus Rechenprogrammen zur Energieausweiserstellung auf deren Relevanz überprüft, anhand übermittelter Unterlagen abgeglichen und bei einer Inaugenscheinnahme des Gebäudes validiert.

Die vollständige Überprüfung der Ergebnisse wird bedingt vorgenommen. Bei fehlerhaften Eingaben wird deren Auswirkung auf HWB, PEB, CO₂ und OI3 festgehalten. Die Überprüfung der Berechnung von Kennzahlen nach vorgeschriebenen Normen durch Rechenprogramme ist nicht Teil der Arbeit. Es wird davon ausgegangen, dass die in den Programmen hinterlegten Rechenvorgänge nach Rechtsvorschrift ausgeführt werden.

2.2.2 Datenverfügbarkeit

Die Mitarbeit bei der Entwicklung eines UKS in Vorarlberg ermöglicht den Zugriff auf die benötigten Unterlagen zur Kontrolle von Energieausweisen. Die Berechnungsgrundlagen zu Energieausweisen sind in der Regel beschränkt verfügbar. Zu Energieausweisen, die zur Wohnbauförderung eingereicht werden, stehen mehr Daten zur Verfügung als zu anderen. Das liegt an der festgehaltenen Verpflichtung in den Förderrichtlinien zur Übermittlung von relevanten Unterlagen und Nachweisen. Diese Daten enthalten unter anderem die detaillierte Berechnung von Energieausweisen, Planunterlagen, Baubeschreibungen und diverse Förderunterlagen. (Amt der Voarlberger Landesregierung, 2020)

Aufgrund der Datenverfügbarkeit werden zur Beantwortung der Forschungsfrage Energieausweise überprüft, die dem EIV für die Qualitätssicherung der WBF übermittelt wurden. Benötigte Unterlagen enthalten diverse sensible Personendaten und sind nur in anonymisierter Weise angeführt. Innerhalb der QS für die WBF wird nur ein begrenzter Anteil an Energieausweisen kontrolliert. Nicht-Wohngebäude können beispielsweise keine Wohnbauförderung beantragen und unterliegen daher auch keiner QS. Die Überprüfung von Energieausweisen umschließt daher neu errichtete und sanierte Wohngebäude.

2.2.3 Methodik Prüfraster

Die Erstellung des Prüfrasters wird mittels einer Excel-Tabelle realisiert. Diese Tabelle enthält die vollständige Auflistung von energetisch relevanten Eingabe-Daten zur Energieausweiserstellung in Vorarlberg, welche die Prüfkriterien darstellen. Diese Prüfkriterien werden durch eine Beschreibung ergänzt.

Zur Nachvollziehbarkeit werden eingereichte Eingaben im Prüfraster festgehalten. Bei festgestellten Abweichungen wird jeweils die korrigierte Eingabe und deren Begründung dokumentiert. Die Auswirkung der Korrektur auf den $HWB_{Ref,SK}$, PEB_{SK} , $CO_{2,SK}$, und $OI3$ werden, bezogen auf das Standort-Klima, festgehalten.

Der f_{GEE} wird dabei nicht berücksichtigt. Zum einen bezieht sich diese Kennzahl auf den Endenergiebedarf, welcher im Primärenergiebedarf enthalten ist, zum anderen findet der f_{GEE} weder in der BTV noch in der WBF Anwendung.

2.2.4 Methodik Fallprüfungen

Für eine statische Aussagekraft zu fehlerhaften Eingaben ist die Prüfung vieler Energieausweise nötig. Der benötigte Zeitaufwand wäre enorm und sprengt den zeitlichen Rahmen zur Erarbeitung der Forschungsfrage. Deshalb wird auf einzelne Fallprüfungen zurückgegriffen. Häufig vorkommende Fehler mit großen Auswirkungen auf die beschriebenen Kennzahlen, werden anhand einer größeren Stichprobe analysiert.

Die Fallprüfungen umfassen vier Energieausweise, die mittels des Prüfrasters auf alle Prüfkriterien kontrolliert werden. Der Abgleich der Eingaben findet anhand den übermittelten Unterlagen und einer Inaugenscheinnahme der Gebäude statt. Die gewählten Energieausweise betreffen zwei Einfamilienhäuser (EFH) und zwei Mehrwohnhäuser (MWH). Diese wurden jeweils im Zuge eines Neubaus oder einer Sanierung durch vier unterschiedliche Energieausweisersteller*innen ausgestellt. Berechnet wurden diese Energieausweise mittels des Berechnungsprogramms GEQ, herausgegeben von Zehentmayer Software GmbH. Dieses Rechenprogramm kommt, nach Erfahrung aus der QS für die Wohnbauförderung, in Vorarlberg weitaus am häufigsten zum Einsatz.

2.2.5 Methodik Kontrolle zu ausgewählten Prüfkriterien

Ausgewählte Eingabe-Daten, die bei den Fallprüfungen mehrmalig falsch eingegeben wurden und große Auswirkung auf die festgelegten Kennzahlen haben, werden bei einer größeren Stückzahl an Energieausweisen überprüft. Hierdurch kann eine gehaltvollere Aussage zum Fehlerpotential des Prüfkriteriums abgegeben werden.

Die Verfügbarkeit von relevanten Unterlagen zur Überprüfung von Energieausweisen sind aufgrund des Datenschutzes zeitlich begrenzt. Das schränkt die Anzahl verfügbarer Energieausweise ein. Daher wird auf eine statistische Ermittlung einer Stichprobe verzichtet. Zudem schließen Anforderungen an die Wohnbauförderung und das Wissen über eine mögliche Kontrolle eine repräsentative Stichprobe, bezogen auf die Gesamtmenge aller ausgestellter Energieausweise, aus.

Aus genannten Gründen wird die Eingabe bei ausgewählten Prüfkriterien an der Stückzahl von 100 Energieausweisen kontrolliert. Diese Anzahl wird als ausreichend erachtet, um Tendenzen zur Häufigkeit und Auswirkung von Fehlern aufzuzeigen. Bei der Auswahl der Stichprobe wurde auf die Datenverfügbarkeit als auch auf ein möglichst ausgewogenes Verhältnis zwischen EFH und MWH, sowie Neubau und Sanierung, geachtet.

Die festgelegte Stichprobe von 100 Energieausweisen umfasst, wie in Tabelle 5 abgebildet, jeweils 36 EFH in der Kategorie Neubau und Sanierung. Da bei Mehrwohnhäuser deutlich weniger Förderanträge für Sanierungsmaßnahmen gestellt werden, ist das Verhältnis zwischen den MWH nicht ausgeglichen. Selbiges gilt für das Verhältnis zwischen EFH und MWH.

Tabelle 5: Aufteilung der Stichprobe von 100 EAW nach Gebäudetyp und Bauvorhaben

	EFH	MWH
Neubau	36	20
Sanierung	36	8

3 Durchführung des Forschungsvorhabens

Im Folgenden sind die Ausarbeitung des Prüfrasters, die Fallprüfungen zu vier Energieausweisen und die Kontrolle zu ausgewählten Prüfkriterien beschrieben. Die Ergebnisse der Durchführung finden sich am Ende des jeweiligen untergeordneten Kapitels.

3.1 Prüfraster

Die Erstellung des Prüfrasters bedingt die Identifikation von energetisch relevanten Eingabe-Daten. Eine systematische Erfassung und Kategorisierung sowie eine dazugehörige Beschreibung zur korrekten Eingabe führten zu einem Prüfraster mit definierten Prüfkriterien.

3.1.1 Energetisch relevante Eingaben

Zur Beantwortung der untergeordneten Forschungsfrage zur energetischen Relevanz von Eingabe-Daten ist die Gesamtsumme von Eingabe-Daten zu erfassen. Die Grundlage dafür bildet das Berechnungsprogramm GEQ. Alle in dem Berechnungsprogramm zu machenden Eingaben wurden systematisch dokumentiert und aufgrund der Vielzahl kategorisiert. Es ergaben sich die folgenden acht Kategorien.

- Adressdaten: Darunter fallen personenbezogene Adressdaten, wie zum Beispiel die der Energieausweiserstellenden. Die Adressdaten zum betreffenden Gebäude fallen unter die Kategorie Klima, da für die Berechnung im Prinzip nicht die Adresse, sondern das zugeteilte Klimaprofil von Relevanz ist. Dieses Klimaprofil ergibt sich aus der Eingabe der Adressdaten des Gebäudes.
- Gebäude: Alle Eingaben zu Gebäudeeigenschaften wie dem Baujahr, zur Geometrie und zu Bauteilen, sind als Gebäude kategorisiert. Auch die Eingabe der Berechnungsoptionen fällt in diese Kategorie. Berechnungsoptionen sind vorgegebene Möglichkeiten zur pauschalisierten Berechnung von Wärmebrücken, Verschattungsfaktoren für Fenster und Türen, sowie für erdberührte Bauteile und Bauteile gegen unbeheizten Raum. Diese können auch detailliert erfasst und demnach manuell eingegeben werden.
- Haustechnik: Diese Kategorie umfasst alle Eingaben zur Raumheizung, Warmwasserbereitstellung, Lüftungssystem, thermischen Solaranlage und Photovoltaik-Anlage.
- Klima: Diese Kategorie beinhaltet die Gebäude-Adressdaten und die Seehöhe des Gebäudes. Über diese Adressdaten ordnet das Berechnungsprogramm den hinterlegten Klimadatensatz zu.

- Nutzung: Darunter fallen die Innenraumtemperatur und das Nutzungsprofil.
- Projektdaten: Die Projektdaten bestehen aus Eingaben zum Bauvorhaben, welche keine direkte Auswirkung auf die Energieausweisberechnung haben. Darunter fallen beispielsweise die Projektbeschreibung und Baukosten.
- Unterlagen: Angaben zu Berechnungsgrundlagen werden als Kategorie Unterlagen zusammengefasst. Bei der Erstellung von Energieausweisen können der zugrundeliegende Planstand sowie die Grundlage zur Eingabe der Bauphysik und Haustechnik festgehalten werden.
- Recht: Diese Kategorie umfasst rechtlich relevante Eingaben wie zum Beispiel die zugrundeliegende Version der BTV aus.

Da die Kategorien Adressdaten und Projektdaten nicht von energetischer Relevanz sind, kam es zum Ausschluss dieser Eingabe-Daten. Eingaben in der Kategorie Unterlagen sind zwar ebenfalls nicht energetisch relevant, sie dienen jedoch der Nachvollziehbarkeit. Beispielsweise zum Abgleich des übermittelten Planstandes mit dem Planstand, welcher zur Berechnung herangezogen wurde.

Nach Ausschluss nicht relevanter Eingabe-Daten bleiben zur Überprüfung die Kategorien Gebäude, Haustechnik, Klima, Nutzung und Recht. Diese Kategorien umfassen hunderte Eingaben, die genaue Anzahl hängt stark vom jeweiligen Gebäude und Detailgrad der Berechnung ab. Dafür gibt es mehrere Gründe:

- Die Eingaben zur Abbildung der Gebäudegeometrie nimmt mit der Komplexität der Geometrie zu.
- Da bei Bauteilen jede Schicht einzeln einzugeben ist, hängt die Anzahl Eingaben sehr stark von der Anzahl Bauteile und Bauteilschichten ab.
- Einige Eingaben schließen einander aus, speziell im Bereich der Haustechnik. Die Raumwärme kann demzufolge nicht durch eine Stückholzheizung in Kombination mit einer Wärmepumpe bereitgestellt werden.
- Außerdem sind im Bereich der Haustechnik nicht alle Eingabe zwingend notwendig für die funktionale Berechnung eines Energieausweises. Das gilt für die Eingabe einer thermischen Solaranlage, PV-Anlage oder Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung.
- Im Berechnungsprogramm sind Default-Werte hinterlegt, welche durch eigene Angaben überschrieben werden können. Auch kann eine pauschale Berechnung von Wärmebrücken, erdberührten Bauteilen, unkonditionierten Gebäudebauteilen und Verschattung der Fenster ausgewählt werden. Wird auf diese Default-Werte und pauschale Berechnungen zurückgegriffen, reduziert sich die Anzahl Eingaben.

3.1.2 Definieren von Prüfkriterien

Die Überprüfung der Eingabe-Daten bedingt einer Begriffsdefinition und einer Beschreibung der korrekten Vorgehensweise zur Befüllung. Die Gebäudeadresse ist in der Begrifflichkeit und Eingabe wohl selbsterklären. Eingaben zur Ermittlung der Geometrie, wie die Reduktion der Bruttogeschossfläche, sind dies mitunter nicht. Eine Ergänzung der Eingabe-Daten im Prüfraster, um die entsprechende Beschreibung der korrekten Eingabe nach Rechtsvorschrift, wurde vorgenommen. Alle Eingabe-Daten sind zwar individuell zu prüfen, viele davon sind in ihrer Definition und Beschreibung zur korrekten Eingabe jedoch ident. Ein Beispiel dafür betrifft die korrekte Zuordnung von Bauteiltypen. Die Zuordnung unterscheidet sich bei angelegten Bauteilen. Es gibt hinterlüftete und nicht hinterlüftete Außenwände, erdberührte Wände, Zwischenwände und viele weitere. Die Grundlage zur korrekten Eingabe bezieht sich auf Temperaturkorrekturfaktoren und ist damit dieselbe.

Die ermittelten energetisch relevanten Eingabe-Daten sind im weiteren Verlauf als Prüfkriterien definiert. Das dient der klaren Differenzierung zwischen den ermittelten energetisch relevanten Eingabe-Daten und der Befüllung dieser, also der Eingabe von Werten. Dabei wurden Eingaben-Daten mit identer Beschreibung, wie die beschriebenen Zuordnung von Bauteilen, zu einem Prüfkriterium zusammengefasst.

3.1.3 Ergebnisse zum Prüfraster

Das erarbeitete Prüfraster umfasst insgesamt 152 Prüfkriterien. Davon entfallen 64 auf die Kategorie Gebäude und 80 auf die Kategorie Haustechnik. Die übrigen 10 Kriterien teilen sich auf die Kategorien Klima, Nutzung und Recht auf. Ein Auszug aus dem Prüfraster, zu sehen in Tabelle 6, zeigt exemplarisch den Aufbau des Prüfrasters anhand von jeweils zwei Prüfkriterien der Kategorie Gebäude und Haustechnik.

Die Kontrolle eines Energieausweises erfordert in der Regel nicht die Überprüfung aller 152 Kriterien. Prüfkriterien zu detaillierten Berechnung von Wärmebrücken kommen beispielsweise nur zur Anwendung, wenn auf die pauschalisierte Berechnung verzichtet wird. Ein anderes Beispiel zeigt sich in Tabelle 6 an dem Prüfkriterium Obergeschoss konditioniert, welches nur beim Vorhandensein eines Obergeschosses einzugeben ist. Selbiges gilt für die Kontrolle von Prüfkriterien von Haustechniksystemen wie PV-Anlagen, thermische Solaranlagen oder Lüftungssystemen. Da mitunter mehrere Eingaben zu einzelnen Prüfkriterien erfolgen können, entspricht die Anzahl Prüfkriterien nicht der Anzahl zu überprüfenden Eingaben.

Tabelle 6: Exemplarischer Auszug aus dem erstellten Prüfraster⁷

Prüfkriterium	Kategorie	Beschreibung
Obergeschoss konditioniert	Gebäude	Nur wenn ein Obergeschoss eingegeben wurde: Ist das eingegebene Obergeschoss konditioniert? Bei einer Mitbeheizung über einen Raumverbund muss sichergestellt sein, dass die Temperaturdifferenz zu den unmittelbar konditionierten Räumen nicht größer als 4 K ist. (ÖNORM B 8110-6)
Wärmeleitfähigkeit	Gebäude	Eingabe der Wärmeleitfähigkeit von Baustoffen nach dem österreichischen Bemessungswert (ÖNORM B 6015-2)
Dämmung der Leitungen	Haustechnik	Wie hoch ist das Verhältnis der Dämmstoffdicke zum Rohrdurchmesser? Bei Unterputzverlegung ist die Dämmdicke gleich 2/3 des Rohrdurchmessers. (ÖNORM H 5056)
Nennvolumen Speicher	Haustechnik	Ausgegebenes Fassungsvermögen des Speichers. Der vorgeschlagene Standardwert kann optional überschrieben werden. (ÖNORM EN 12897)

3.2 Fallprüfungen

Der Ausarbeitung von Prüfkriterien folgte eine Kontrolle von vier Energieausweisen, welche auf die Prüfkriterien kontrolliert wurden. Die Kontrolle fand zum einen anhand der übermittelten Daten statt und zum anderen über eine Inaugenscheinnahme der Gebäude. Die festgestellten Fehler und deren Auswirkungen werden pro Gebäude separat festgehalten und anschließend zusammenfassend dargestellt.

3.2.1 EFH Neubau

Die erste Fallprüfung betrifft die Kontrolle des Energieausweises zu einem neu errichteten Einfamilienhaus.

Gebäudebeschreibung

Das Gebäude grenzt, wie in Abbildung 7 gerade noch zu erkennen ist, an einer Außenseite an ein bestehendes Wohngebäude und an der gegenüberliegenden Außenseite an einen unbeheizten Schuppen. Das nicht konditionierte Erdgeschoss umfasst eine Garage, den

⁷ Link zum vollständigen Prüfraster:

<https://wolke.energieinstitut.at/index.php/apps/files/?dir=/Masterarbeit%20Engstler&fileid=975084>

Eingangsbereich mit Treppenaufgang, Lagerräume und den Technikraum. Der Wohnbereich befindet sich in dem Obergeschoss und dem Dachgeschoss.



Abbildung 7: Foto von der Inaugenscheinnahme des Gebäudes. Das KFZ-Nummernschild und ein Firmenschild wurden unkenntlich gemacht. (EFH Neubau)

Die relevanten Kennwerte des eingereichten Energieausweises sind in Tabelle 7 ausgewiesen. Erwähnenswert ist der sehr niedrige CO₂-Ausstoß des Gebäudes von 3,4 kg pro Quadratmeter und Jahr. Zurückzuführen ist dies, zu einem großen Teil, auf den Scheitholzessel beziehungsweise den emissionsarmen Energieträger Holz, der zur Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser dient.

Tabelle 7: Kennzahlen zum Gebäude aus der eingereichten Energieausweisberechnung (EFH Neubau)

HWB _{Ref,SK}	36,0	kWh/(m ² a)
PEB _{SK}	103,1	kWh/(m ² a)
CO _{2,SK}	3,4	kg/(m ² a)
OI3	35,1	Punkte

Prüfung der Eingaben

Die Erstellung des Energieausweises erfolgte über 483 energetisch relevante Eingaben, die es zu prüfen galt. Von den 152 möglichen Prüfkriterien, kamen dabei 123 zur Anwendung. Bei 7 Prüfkriterien konnten anhand übermittelter Unterlagen und der Inaugenscheinnahme des Gebäudes fehlerhafte Eingaben festgestellt werden.

- Die berechnete PV-Anlage mit einer Leistung von 4 kWp ist nicht vorhanden.
- Stattdessen ist eine Anbindung an die Solaranlage des bestehenden Nachbargebäudes gegeben. Diese wurde in der Energieausweisberechnung nicht eingegeben.
- Die Zuteilung der Bauteilschichten, hinsichtlich ihrer Berücksichtigung bei der OI3-Berechnung (OI3-Relevanz), stimmen nicht mit dem OI3-Leitfaden überein.
- Die eingegebenen Fensterrahmen entsprechen nicht den Angaben aus der übermittelten Rechnung.
- Die Eingabe, dass der Warmwasserspeicher (WW-Speicher) im konditionierten Bereich steht, ist nicht korrekt. Der Speicher steht im unkonditionierten Erdgeschoss.
- Ein Teil des Obergeschosses grenzt an den unbeheizten Schuppen, was bei der Bauteilzuordnung nicht berücksichtigt wurde.
- Aus dem übermittelten Planstand ergibt sich eine Abweichung zu der eingegebenen Ausrichtung der Fenster.

Eine Korrektur der beschriebenen fehlerhaften Eingaben führte bei einigen Prüfkriterien zu auffallenden Änderungen der Kennzahlen. Diese Änderungen sind in Tabelle 8 festgehalten. Die Zeilen zu der thermischen Solaranlage und PV-Anlage bestehen aus mehreren Prüfkriterien, wurden aber zusammengefasst, da sie in ihrer Gesamtheit nicht oder falsch eingegeben wurden. Auch die Eingaben zu den Fensterrahmen bestehen aus zwei Prüfkriterien, der Materialität und des U-Wertes der Fensterrahmen.

Tabelle 8: Festgestellte Abweichungen bei fehlerhaften Eingaben. (EFH Neubau)

	HWB_{Ref,SK}	PEB_{SK}	CO_{2,SK}	OI3
	kWh/(m²a)	kWh/(m²a)	kg/(m²a)	Punkte
Thermische Solaranlage	0	- 20,1	- 1,9	0
PV-Anlage	0	+ 11,1	+ 1,6	0
OI3-Relevanz	0	0	0	- 17,4
Fensterrahmen	+ 0,6	+ 0,8	0	+ 10,5
Standort WW-Speicher	0	+ 2,7	0	0
Bauteilzuordnung	- 0,4	- 0,6	0	- 0,8
Ausrichtung der Fenster	+ 0,7	+ 0,7	0	0

Die Ergebnisse aus Tabelle 8 zeigen, dass die Korrektur zur Eingabe der thermischen Solaranlage den PEB um 20,1 kWh/(m²a) senkt und die Emissionen um 1,9 kg/(m²a) reduziert. Umgekehrt führt das Weglassen der PV-Anlage zu einer Erhöhung des PEB um 11,1 kWh/(m²a) und CO₂ um 1,6 kg/(m²a). Die Verbesserung des OI3 um 17,4 Punkte, aufgrund der Korrektur zur OI3 Relevanz, wird durch die Anpassung der Fensterrahmen zum Teil aufgehoben. Aufgrund der Änderung der eingegebenen Holzfenster durch Alu-Kunststofffenster, laut Rechnung, verschlechtert sich der OI3 um 10,5 Punkte. Die Fensterrahmen wirken sich auch geringfügig auf den HWB und PEB aus. Ebenso die Bauteilzuordnung, Ausrichtung der Fenster und der Standort des WW-Speichers, wobei sich letzterer nur auf den PEB auswirkt.

Die vorgenommenen Korrekturen aller Prüfkriterien führen in ihrer Gesamtheit zu einer Verschlechterung des HWB, PEB und CO₂, wie sich aus dem Abgleich der Tabelle 9 ergibt. Der festgestellte CO₂ ist in etwa doppelt so hoch als er eingereicht wurde. Nur auf den OI3 wirken sie sich positiv aus.

Tabelle 9: Abgleich der eingereichten und festgestellten Kennzahlen (EFH Neubau)

Kennzahlen		Eingereicht	Festgestellt	Δ	Δ in %
HWB _{Ref,SK}	kWh/(m ² a)	36,0	36,9	+ 0,9	+ 2,5
PEB _{SK}	kWh/(m ² a)	103,1	104,5	+ 1,4	+ 1,4
CO _{2,SK}	kg/(m ² a)	3,4	6,9	+ 3,5	+ 102,9
OI3	Punkte	35,1	32,4	- 2,7	- 7,7

3.2.2 EFH Sanierung

Der zweite Energieausweis gehört zu einem bestehenden Einfamilienhaus. Der Anlass für die Ausstellung ist eine Dachsanierung des Gebäudes.

Gebäudebeschreibung

Das Gebäude, zu sehen in Abbildung 8, stammt aus den 1980er Jahren und umfasst drei konditionierte Geschosse, die sich in ein Erdgeschoss, Obergeschoss und Dachgeschoss aufteilen. Der Technikraum befindet sich im Erdgeschoss. Das Gebäude ist für ein EFH recht groß, die Wohnnutzfläche beträgt 420 m². Die letzten baulichen Veränderungen haben 2006 stattgefunden und umfassten dabei einen Fenstertausch.



Abbildung: 8 Foto von der Inaugenscheinnahme des Gebäudes. (EFH Sanierung)

Die relevanten Kennzahlen zu diesem Gebäude sind in Tabelle 10 dargestellt. Auch bei diesem Gebäude ist der niedrige CO₂ auf die Wärmebereitstellung über Biomasse zurückzuführen. Der außerdem sehr niedrige OI3 ergibt sich aus der sogenannten ökologischen Abschreibung von bestehenden Bauteilen. Diese werden gemäß ihrem Alter in abgeschwächter Form berücksichtigt. Der OI3 eines Gebäudes beträgt nach 80 Jahren nur noch ein Viertel des Ausgangswertes.

Tabelle 10: Kennzahlen zum Gebäude aus der eingereichten Energieausweisberechnung (EFH Sanierung)

HWB _{Ref,SK}	73,6	kWh/(m ² a)
PEB _{SK}	203,8	kWh/(m ² a)
CO _{2,SK}	5,5	kg/(m ² a)
OI3	7,2	Punkte

Prüfung der Eingaben

Bei dieser Fallprüfung wurden 634 Eingaben kontrolliert. Wobei die größere Anzahl an Eingaben, im Vergleich zur Fallprüfung des EFH Neubau, nicht zwangsläufig zu mehr Prüfkriterien führt. Das zeigt sich an den ermittelten 111 Prüfkriterien. Im Bereich der Haustechnik fielen einige Kriterien weg, wie die technischen Spezifikationen von PV-Anlagen. Bei dieser Fallprüfung wurde keine PV-Anlage eingegeben oder bei der Inaugenscheinnahme festgestellt. Allerdings ist die eingegeben thermische Solaranlage nicht vorhanden.

Insgesamt wurden 3 fehlerhafte Prüfkriterien ermittelt werden. Die geringere Anzahl festgestellter Fehler könnte zum Teil an einer detaillierten und sorgfältigen Eingabe der Berechnung liegen, wofür die hohe Anzahl von 637 Eingabe-Daten spricht. Sie könnte aber auch auf die Datenqualität zurückzuführen sein. Die Qualität zu Unterlagen, wie den übermittelten Plänen, ist bei Sanierungsvorhaben zumeist deutlich schlechter als bei Neubauten.

Diese fehlerhaften Eingaben wurden festgestellt:

- Das erwähnte Nichtvorhandensein der 20 m² großen thermischen Solaranlage.
- Der zur Dachdämmung verwendete Dämmstoff entspricht nicht den übermittelten Rechnungsunterlagen. Das gilt für die Materialität und für die Wärmeleitfähigkeit.
- In der Geometrieingabe weichen die Maßeingaben von Zusatzflächen ein wenig vom Planmaß ab. Diese Zusatzflächen beschreiben den Rücksprung, der sich über den Südbalkon des Gebäudes ergibt.

Eine Korrektur fehlerhafter Eingaben führt zu den Änderungen der Kennzahlen, wiedergegeben in Tabelle 11. Die Zeile zu der thermischen Solaranlage besteht wiederum aus mehreren zusammengefassten Prüfkriterien, da sie in ihrer Gesamtheit falsch eingegeben wurden. Auch die Eingaben zu den Baustoffen besteht aus zwei Prüfkriterien, der Materialität und der Wärmeleitfähigkeit.

Tabelle 11: Festgestellte Abweichungen bei fehlerhaften Eingaben. (EFH Sanierung)

	HWB_{Ref,SK}	PEB_{SK}	CO_{2,SK}	OI3
	kWh/(m²a)	kWh/(m²a)	kg/(m²a)	Punkte
Thermische Solaranlage	0	+ 16,1	+ 0,3	0
Baustoffe	+ 0,2	- 1,3	0	+ 1,0
Maßeingaben bei Zusatzflächen	+ 0,3	+ 0,4	0	0

Die Ergebnisse aus Tabelle 11 zeigen, dass sich der PEB beim Wegfall der thermischen Solaranlage um 16,1 kWh/(m²a) und die Emissionen um 0,3 kg/(m²a) erhöhen. Die Korrektur des Baustoffes zur Dachsanierung ist für den HWB mit einem Anstieg von 0,2 kWh/(m²a) nur geringfügig von Einfluss. Auch die Anpassung der Maßeingaben beim Rücksprung des Balkons führen zu einer geringfügigen Verschlechterung von HWB und PEB.

Die vorgenommenen Korrekturen führen in ihrer Gesamtheit zu einer Verschlechterung aller Kennzahlen. Der Abgleich aus Tabelle 12 zeigt, dass sich der PEB effektiv um 15,2 kWh/(m²a) erhöht. Bei den Kennzahlen CO₂ und OI3 führen in diesem Fall bereits geringe nominale Abweichungen zu großen prozentuellen Änderungen des CO₂ und OI3.

Tabelle 12: Abgleich der eingereichten und festgestellten Kennzahlen (EFH Sanierung)

Kennzahlen		Eingereicht	Festgestellt	Δ	Δ in %
HWB _{Ref,SK}	kWh/(m ² a)	73,6	74,1	+ 0,5	+ 0,7
PEB _{SK}	kWh/(m ² a)	203,8	219,0	+ 15,2	+ 7,5
CO _{2,SK}	kg/(m ² a)	5,5	5,8	+ 0,3	+ 5,5
OI3	Punkte	7,2	8,2	+ 1,0	+ 13,9

3.2.3 MWH Neubau

Die dritte Fallprüfung bezieht sich auf den Energieausweis zu einem Mehrwohnhause, welches im Zuge eines Ersatzneubaus errichtet wurde.

Gebäudebeschreibung

Das bestehende Einfamilienhaus wurde zum Großteil abgerissen um dem Ersatzneubau Platz zu machen, welcher in Abbildung 9 zu sehen ist. Ein kleiner Teil des Bestandes blieb dabei jedoch erhalten und wurde einer umfassenden Sanierung unterzogen. Das MWH umfasst drei Wohneinheiten auf vier beheizte Geschosse verteilt. Das zusätzliche Kellergeschoss ist unconditioniert und umfasst den Technikraum.



Abbildung 9: Foto von der Inaugenscheinnahme des Gebäudes. (MWH Neubau)

Die relevanten Kennzahlen zu diesem Gebäude sind in Tabelle 13 dargestellt. Die Wärmebereitstellung erfolgt über eine Grundwasser-Wärmepumpe. Aufgrund der Nutzung von Umgebungswärme durch die Wärmepumpe, wird ein niedriger PEB von 69,2 kWh/(m²a) erzielt.

Tabelle 13: Kennzahlen zum Gebäude aus der eingereichten Energieausweisberechnung (MWH Neubau)

HWB _{Ref,SK}	39,0	kWh/(m²a)
PEB _{SK}	69,2	kWh/(m²a)
CO _{2,SK}	10,0	kg/(m²a)
OI3	69,1	Punkte

Prüfung der Eingaben

Die Anzahl Eingabe-Daten ist bei MWH naturgemäß deutlich höher. Bei dieser Fallprüfung kam es zur Kontrolle von 1.504 Eingaben. Zur Anwendung kamen dabei 114 Prüfkriterien. Davon konnten bei vier Prüfkriterien fehlerhafte Eingaben ausgemacht werden.

- Der Armierungsanteil des Stahlbetons entspricht nicht der im OI3-Leitfaden festgehaltenen Empfehlung für den Neubau von Mehrwohnhäusern. Auch die bestehenden Bauteile wurden mit einem hohen Armierungsanteil eingegeben.
- Bei der Eingabe eines Bauteils wurde eine Vakuumdämmplatte in einer Stärke von 10 cm eingegeben. Vakuumdämmplatten kommen nur selten bei Bauvorhaben zum Einsatz und sind in einer Stärke von bis zu 5 cm verfügbar. Bei der Inaugenscheinnahme wurde festgestellt, dass anstelle der Vakuumdämmplatte der Dämmstoff Polyisocyanurat (PIR) mit ähnlich guter Wärmeleitfähigkeit zum Einsatz kam.
- Die gewählten Richtwerte zu den Abstandhaltern der Fenster stimmen nicht mit den gewählten U-Werten der Verglasung und des Rahmens überein.
- Die Sticleitungen zur Warmwasserverteilungen sind nicht aus Stahl, sondern Kuper, wie sich bei der Inaugenscheinnahme ergab.

Die Korrektur der fehlerhaften Eingaben ist in Tabelle 14 festgehalten. Die fehlerhafte Eingabe zu den Baustoffen betrifft wiederum die zwei Prüfkriterien Materialität und Wärmeleitfähigkeit.

Tabelle 14: Festgestellte Abweichungen bei fehlerhaften Eingaben. (MWH Neubau)

	HWB_{Ref,SK}	PEB_{SK}	CO_{2,SK}	OI3
	kWh/(m²a)	kWh/(m²a)	kg/(m²a)	Punkte
Armierungsanteil	0	0	0	- 13,4
Baustoffe	+ 0,1	0	0	- 17,2
Abstandhalter Fenster	+ 0,5	+ 0,1	0	- 9,0
Stichleitungen Material	0	- 1,1	- 0,2	0

Bei dieser Fallprüfung wirken sich die Korrekturen sehr stark auf den OI3 aus. Sowohl durch die Anpassung der Armierungsanteile, der Verwendung von PIR anstelle der Vakuumdämmplatte und der Korrektur der Abstandhalter führen zu deutlichen Verbesserungen des OI3. Auf die anderen Kennzahlen wirken sie sich nur bedingt aus. Erwähnenswert ist noch die Korrektur der Materialität der Stichleitungen, welche zu einer Verbesserung des PEB um 1,1 kWh/(m²a) führt.

Die vorgenommenen Korrekturen aller Prüfkriterien führen in ihrer Gesamtheit zu einer deutlichen Verbesserung des OI3, welcher um beinahe 40 Punkte abnimmt, also mehr als die Hälfte. Auf die anderen Kennzahlen wirken sich die Korrekturen nur geringfügig aus, siehe Tabelle 15.

Tabelle 15: Abgleich der eingereichten und festgestellten Kennzahlen (MWH Neubau)

Kennzahlen		Eingereicht	Festgestellt	Δ	Δ in %
HWB _{Ref,SK}	kWh/(m ² a)	39,0	39,6	+ 0,6	+ 1,5
PEB _{SK}	kWh/(m ² a)	69,2	68,2	- 1,0	- 1,4
CO _{2,SK}	kg/(m ² a)	10,0	8,8	- 0,2	- 12,0
OI3	Punkte	69,1	29,5	- 39,6	- 57,3

3.2.4 MWH Sanierung

Die vierte und letzte Fallprüfung betrifft den Energieausweis zu einem MWH, welches einer Fassadensanierung inklusive Fenstertausch unterzogen wurde.

Gebäudebeschreibung

Das sanierte Gebäude aus den Ende 70er Jahre grenzt auch in diesem Fall an ein neu errichtetes Nachbargebäude an, wie in Abbildung 10 zu sehen ist. Wie bei dem anderen MWH umfasst auch dieses drei Wohneinheiten verteilt auf drei Geschosse. In diesem Fall ist das Kellergeschoss jedoch konditioniert. Es umfasst neben dem Technikraum auch einen Hobbyraum und eine Werkstatt.



Abbildung 10: Foto von der Inaugenscheinnahme des sanierten Gebäudes (rechts). Hausnummern wurden unkenntlich gemacht. (MWH Sanierung)

Die relevanten Kennwerte des eingereichten Energieausweises sind in Tabelle 16 ausgewiesen. Der CO₂ ist mit 70,9 kg/(m²a) sehr hoch aufgrund des Einsatzes von Heizöl zur Wärmebereitstellung. Selbiges gilt für den PEB von beinahe 300 kWh/(m²/a).

Tabelle 16: Kennzahlen zum Gebäude aus der eingereichten Energieausweisberechnung (MWH Sanierung)

HWB _{Ref,SK}	79,4	kWh/(m ² a)
PEB _{SK}	297,9	kWh/(m ² a)
CO _{2,SK}	70,9	kg/(m ² a)
OI3	44,8	Punkte

Prüfung der Eingaben

Bei dieser Fallprüfung wurden 604 Eingaben kontrolliert. Bei der Kontrolle des MWH Neubaus waren es mehr als das Doppelte. Bei dem vorliegenden Gebäude ist der Aufbau jedoch deutlich homogener was zum Beispiel die Bauteilaufbauten betrifft.

Für die Kontrolle der Eingaben kamen 96 Prüfkriterien zur Anwendung. Da weder eine PV- noch eine Solaranlage eingegeben oder vorhanden ist, fallen im Vergleich zu den vorigen Fallprüfungen einige Prüfkriterien weg. Insgesamt wurden 5 fehlerhafte Prüfkriterien ermittelt.

- Bei der Maßeingabe zur Grundform des Gebäudes kam es zu größeren Fehlern. Die zwei angrenzenden Gebäude sind in einer ineinandergreifenden Struktur aufgebaut. Daher gibt es sowohl eine Einsprung des Bestandsgebäudes, als auch eine Zwischenwand, welche die Gebäude abgrenzt. Beides wurde nicht berücksichtigt.
- Die Systemtemperatur der Heizkörper wurde auf höchster Stufe eingegeben. Diese besagt eine Vorlauftemperatur von 90 °C. Bei einer Nachfrage bei der Inaugenscheinnahme wurde dies durch die Bewohner*innen verneint. Die Vorlauftemperatur läge eher bei 55 °C. Das entspricht einer durchaus üblichen Vorlauftemperatur bei einer Wärmeabgabe über Heizkörper.
- Das eingegebene Mauerwerk des Bestandsgebäudes entspricht in seinen Eigenschaften nicht den damaligen zur Verfügung stehenden Baustoffen.
- Die gewählten Richtwerte zu den Abstandhaltern der Fenster stimmen nicht mit den gewählten U-Werten der Verglasung und des Rahmens überein.
- Die Zuteilung der Baustoffe hinsichtlich ihrer OI3-Relevanz entspricht nicht dem OI3-Leitfaden. Bauteilschichten die aus der Berechnung herausgenommen werden dürfen wurden überwiegend nicht ausgeschlossen. Im Gegenzug wurde bei einem Bauteil fälschlicherweise die Dämmschicht aus der Berechnung rausgenommen.
- Die Maßeingaben zu Zusatzflächen weichen ein wenig von dem entsprechen Planmaß ab.

Die Ergebnisse aus Tabelle 17 zeigen, dass sich die Korrekturen bei dieser Fallprüfung deutlich auf die Kennzahlen auswirkten. Die Korrektur zu den Maßen der Grundform machte es notwendig, zusätzliche Eingaben zu machen. Es wurde der beschriebene Einsprung berücksichtigt, als auch die Zwischenwand zu dem Bestandsgebäude. Diese umfassenden Änderungen der Geometrie wirkt sich deutlich auf alle Kennzahlen aus. Die Zunahme des HWB um 6,8 kWh/(m²a) ist beachtlich. Eine Anpassung der Vorlauftemperatur auf 60 °C, hat enorme Auswirkungen auf den PEB, der sich um 56,5 kWh/(m²a) verbessert. Auch die Emissionen sinken um 14,3 kg/(m²a). Die Anpassung des Mauerwerks greift auf Richtwerte zurück. Diese repräsentieren Baustoffe die zur Erbauung des Gebäudes verfügbar waren. Sie wirken sich vor allem negativ auf den OI3 aus. Ebenso die Korrektur der Abstandhalter. Die Korrektur der OI3 Relevanz führt zu jedoch zu einer beachtlichen Abnahme von 37,9 Punkten.

Tabelle 17: Festgestellte Abweichungen bei fehlerhaften Eingaben. (MWH Sanierung)

	HWB_{Ref,SK}	PEB_{SK}	CO_{2,SK}	OI3
	kWh/(m²a)	kWh/(m²a)	kg/(m²a)	Punkte
Maßeingaben der Grundform	+ 6,8	+ 11,2	+ 2,8	+ 8,1
Systemtemperaturen	0	- 56,5	- 14,1	0
Baustoffe	+ 0,6	+ 0,8	+ 0,2	+ 7,1
Abstandhalter Fenster	+ 0,2	+ 0,3	+ 0,1	+ 6,0
OI3-Relevanz	0	0	0	- 37,9
Maßeingaben bei Zusatzflächen	+ 0,3	+ 0,4	0	0

Die vorgenommenen Korrekturen aller Prüfkriterien führen in ihrer Gesamtheit zu einer deutlichen Änderung der Kennzahlen, wie aus dem Abgleich der Tabelle 18 erkenntlich wird. Der HWB erhöht sich um 7,6 kWh/(m²a), während der PEB um 44,2 kWh/(m²a) und der CO₂ um 11 kg/(m²a) sinken. Auch der OI3 nimmt in seiner Gesamtheit um 16,7 Punkte ab.

Tabelle 18: Abgleich der eingereichten und festgestellten Kennzahlen (MWH Sanierung)

Kennzahlen		Eingereicht	Festgestellt	Δ	Δ in %
HWB _{Ref,SK}	kWh/(m ² a)	79,4	87,0	+ 7,6	+ 9,6
PEB _{SK}	kWh/(m ² a)	297,9	253,7	- 44,2	- 14,8
CO _{2,SK}	kg/(m ² a)	70,9	59,9	- 11,0	- 15,5
OI3	Punkte	44,8	28,1	- 16,7	- 37,3

3.2.5 Ergebnisse zu Fallprüfungen

Bei allen vier untersuchten Energieausweisen wurden fehlerhafte Eingaben festgestellt, die sich auf die Kennzahlen in unterschiedlichster Weise auswirken. Das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von PV- und thermischen Solaranlagen wirkt sich bei beiden EFH deutlich auf die Kennzahlen aus.

Wobei sich beim EFH Neubau die Änderungen durch die nicht vorhandene PV-Anlage zu einem Großteil über die festgestellte thermische Solaranlage kompensieren. Aus dem Vergleich der Fallprüfungen in der Tabelle 19, ist auszulesen, dass sich dadurch die Änderung beim PEB nicht so stark auswirkt wie beim EFH Sanierung. Bei zweitem steigt der PEB um ca. 15 kWh/(m²a). Jedoch wirkt sich das Weglassen der PV-Anlage beim EFH Neubau stark auf den CO₂ aus, welcher um 3,5 kg/(m²a) zunimmt und sich dadurch mehr als verdoppelt.

Bei beiden Mehrwohnhäusern zeigt sich eine deutliche Abnahme des OI3. Während dieser Rückgang beim MWH Neubau vor allem auf den gewählten Armierungsanteil und die Änderung eines Dämmstoffs zurückgeht, ist es bei der Sanierung die OI3-Relevanz, die ins Gewicht fällt. Die Korrektur der OI3-Relevanz führte beim MWH Sanierung zu einer Verbesserung von beinahe 38 Punkten. Aufgrund anderer Korrekturen beträgt die gesamte Differenz zum eingereichten Wert rund 17 Punkte. Eine Änderung der OI3-Relevanz führt auch beim EFH Neubau zu einer Verbesserung des OI3 um 17 Punkte. Aufgrund andere Korrekturen schlägt sich dies wiederum nicht zur Gänze auf das Gesamtergebnis aus.

Tabelle 19: Vergleich zu den festgestellten Abweichungen bei den vier Fallprüfungen

Kennzahl	Einheit	EFH Neubau	EFH Sanierung	MWH Neubau	MWH Sanierung
HWB _{Ref,SK}	kWh/(m ² a)	+ 0,9	+ 0,5	+ 0,6	+ 7,6
PEB _{SK}	kWh/(m ² a)	+ 1,4	+ 15,2	- 1,0	- 44,2
CO _{2,SK}	kg/(m ² a)	+ 3,5	+ 0,3	- 0,2	- 11,0
OI3	Punkte	- 2,7	+ 1,0	- 39,6	- 16,7

Bei der Eingabe von Fenster-Abstandhalter kam es ebenfalls bei zwei Gebäuden zu Abweichungen, welche sich im Vergleich zu den genannten Korrekturen aber nur bedingt auswirken. Die größte Änderung betrifft auch hier den OI3.

Eine Korrektur zu den Baustoffen wurde bei allen Gebäuden außer dem EFH Neubau vorgenommen. Sie wirken sich ebenfalls kaum auf die Kennzahlen aus, außer auf den OI3.

3.3 Kontrolle zu ausgewählten Prüfkriterien

Die Auswahl der Prüfkriterien basiert auf den Ergebnissen der Fallprüfungen. Auffallend waren bei der Inaugenscheinnahme die Kontrolle von Solarsystemen, also PV- und thermische Solaranlagen. Bei einem Gebäude war das eingegebene System gar nicht vorhanden und bei dem anderen wurde das falsche System gewählt.

Eine weitere Auffälligkeit mit deutlichen Auswirkungen betreffen die OI3-Relevanz. Bauteilschichten wurden bei zwei Energieausweisen mehrfach falsch in der Berechnung des OI3 berücksichtigt. Basierend auf diesen Erkenntnissen wurden Eingaben zu diesen Prüfkriterien an der Stückzahl von 100 Energieausweisen kontrolliert.

3.3.1 PV- und thermische Solaranlagen

Die Solarsysteme umfassen eine Vielzahl von Prüfkriterien, wie Verlustfaktoren oder Wirkungsgrade. Die Kontrolle dieser technischen Spezifikationen erfordert entsprechend detaillierte Unterlagen, welche nur selten zur Verfügung stehen. Zudem wurde bei den Fallprüfungen festgestellt, dass die Gesamtheit der Prüfkriterien von den festgestellten Werten abweichen. Die eingegebene Anlage war entweder nicht vorhanden oder die vorhandene Anlage wurde nicht eingegeben. Die Feststellung zum Vorhandensein erfolgt über die Sichtung der Anlage. Daher steht zum einen die Überprüfung zum Vorhandensein der eingegebenen Anlage und zum anderen die festgestellte Anlagengröße im Mittelpunkt.

Bei PV-Anlagen wurde die Anlagengröße auf die Leistung in kWp umgerechnet, um die Dateneingaben zu vergleichen, welche ebenfalls in kWp erfolgen. Selbiges erfolgte für thermischen Solaranlagen, deren Größe in m² Aperturfläche eingegeben wird. Die Aperturfläche entspricht der tatsächlichen Kollektorfläche und umfasst daher keine Rahmenelemente. Für die Umrechnungen wurden folgende Annahmen getroffen.

- PV: 1 kWp entspricht einer Anlagengröße von 8 m²
- Solarthermie: Die Aperturfläche beträgt 85 % der Anlagengröße

Die Annahme zu PV ergibt sich aus den Kennwerten von PV-Modulen. Diese liegen in der Regel zwischen 300 und 350 Wp, bei neuen und sehr effizienten Modulen können es auch noch mehr sein. Die meisten Module umfassen eine Fläche von rund 1,6 bis 1,7 m². Somit ergibt sich eine Leistung von rund 200 Wp pro m². Das macht 1 kWp pro 5 m². Unter Berücksichtigung von Abständen zwischen den Modulen, ergibt sich, laut dem Bundesverband Photovoltaik Austria, ein Wert von rund 120 Wp pro m². Somit macht ein kWp eine Gesamtfläche von rund 8 m² aus. (Photovoltaik Austria, 2022)

Das Verhältnis der Aperturfläche von thermischen Solaranlagen zur Anlagengröße ergibt sich ebenfalls aus den Spezifikationen der Module. Hierfür wurde auf die bundesweite GET-Produkt Datenbank zugegriffen, welche durch die Salzburger Landesregierung verwaltet wird. Bei einem Vergleich der darin enthaltenen Solarkollektoren zeigt sich, dass die Brutto-Kollektorfläche zwischen 85 bis 95 % der Aperturfläche beträgt. (Amt der Salzburger Landesregierung, 2022)

Die Sichtung der Anlagen entspricht keiner Inaugenscheinnahme aller Gebäude. Bei einigen kam es im Zuge der Qualitätssicherung der Wohnbauförderung tatsächlich zu einer Inaugenscheinnahme durch Mitarbeiter*innen des EIV. Dadurch konnte mitunter auf Fotos der Inaugenscheinnahme zurückgegriffen werden. Auch diverse Rechnungen standen teilweise zur Verfügung.

Der überwiegende Teil der Anlagen wurde jedoch mittels Satellitenbilder gesichtet. Hierzu wurde auf den Vorarlberg Atlas (VOGIS) und auf Google Maps zurückgegriffen. Aufgrund der Ungenauigkeit durch das Ablesen von Flächen über Satellitenbilder und der Anwendung von beschriebenen Umrechnungsfaktoren, ist eine Abweichung der festgestellten Werte um 10 %, als korrekt zu bewerten.

Aus der Abbildung 11 lässt sich erkennen, wie viele PV- und thermische Solaranlagen die Stichprobe umfasst beziehungsweise eingegeben wurden. Da die Wohnbauförderung eine Kombinationspflicht beim Neubau vorschreibt, ist die große Anzahl an Anlagen nicht verwunderlich. Es gibt auch Ausnahmen zu dieser Kombinationspflicht, daher sind nicht alle Neubauten mit einer Anlage realisiert worden.

Bei Sanierungen besteht diese Kombinationspflicht nicht. Das wird der Grund sein, weshalb es dort weniger PV- und thermische Solaranlagen gibt. Insgesamt wurden 39 PV-Anlagen und 31 thermische Solaranlagen eingegeben. Bei zwei Gebäuden kamen sowohl eine PV-Anlage als auch eine thermische Solaranlage vor.

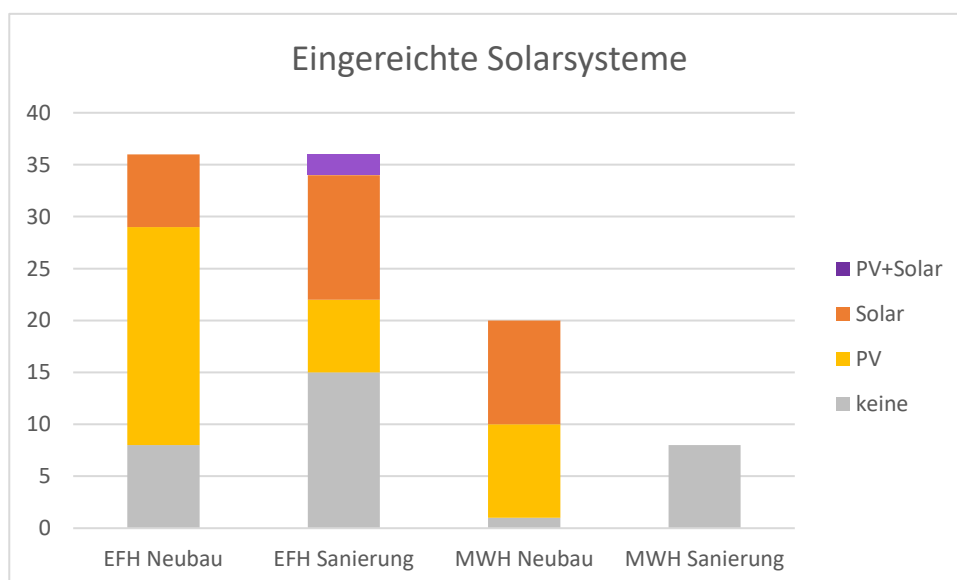


Abbildung 11: Anzahl eingereichter PV- und Solaranlagen

Von den insgesamt 70 eingereichten Anlagen stellte sich bei exakt der Hälfte, also 35 Anlagen, eine Abweichung ein, sichtbar gemacht in Abbildung 12. Bei neun Gebäuden konnte keine PV-Anlage und bei sechs weiteren keine thermische Solaranlage ausgemacht werden. Hingegen wurde nur bei einem Gebäude eine thermische Solaranlage festgestellt, welche in der Berechnung fehlte. Bei den restlichen Abweichungen wurden die eingegebenen Anlagen festgestellt, die Dimensionen der Anlagen weichen jedoch ab.

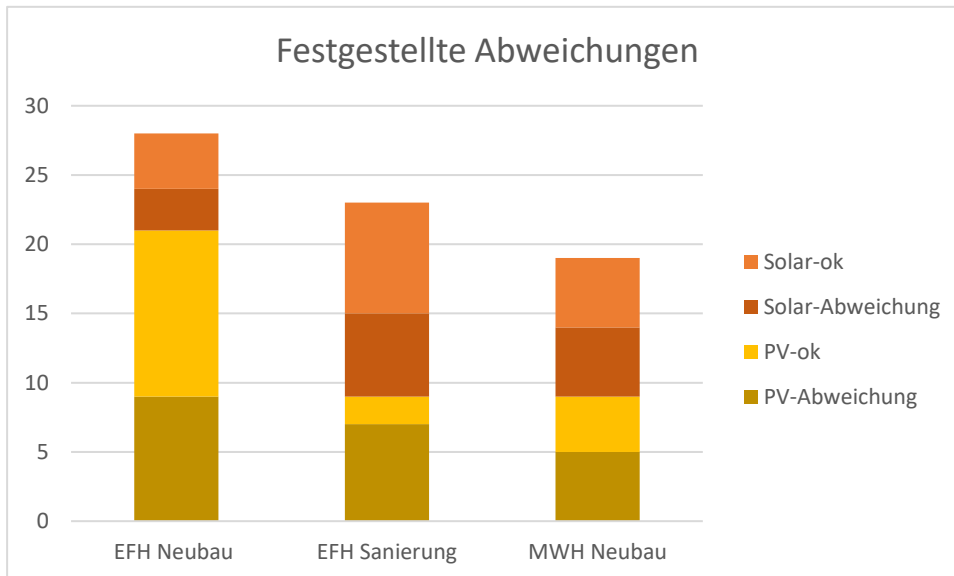


Abbildung 12: Anzahl festgestellter Abweichungen bei der Eingabe von PV- und thermischen Solaranlagen

Bei der Korrektur der festgestellten Abweichungen ändert sich der PEB bei 34 der 100 untersuchten Energieausweisen. Die Änderungen zeigen sich in der Abbildung 13.

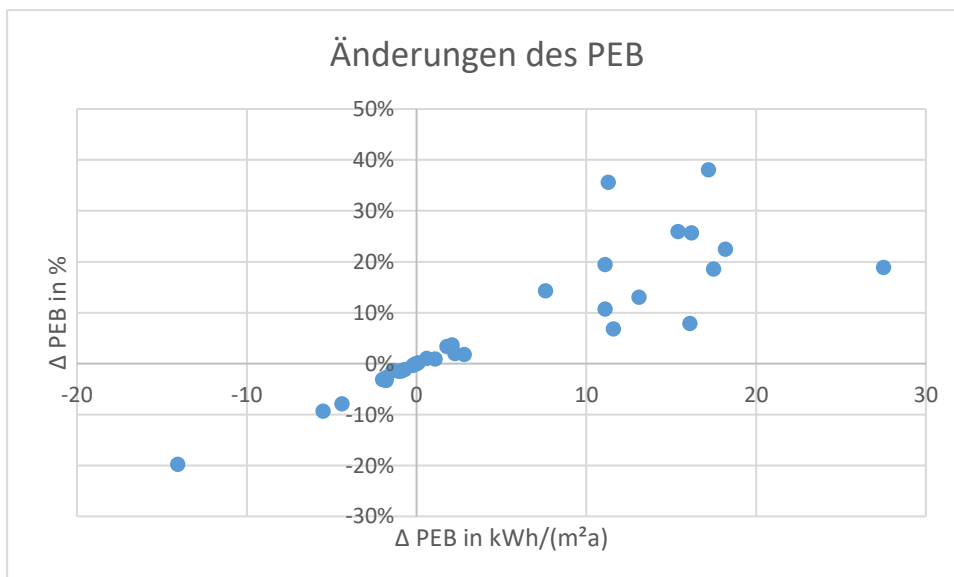


Abbildung 13: Auswirkungen der Korrektur von Solarsystemen auf den PEB

Die Abweichungen sind besonders hoch, wenn die eingegebenen Anlagen nicht vorhanden sind beziehungsweise umgekehrt. Die Punktwolke im rechten oberen Teil der Abbildung 13, als auch der einzelne Datenpunkt im linken unteren Teil, repräsentieren diese Energieausweise. Abweichungen liegen zwischen - 20 % und + 40 %. Bei der untersuchten Stichprobe kommt es vermehrt zu einer Verschlechterung des PEB als zu Verbesserungen. Änderungen der der Leistung der PV-Anlage und Aperturfläche, wirken sich weniger stark aus. Sie liegen eher im Bereich von +/- 5 %.

Der CO₂ ist von den Abweichungen etwas weniger häufig betroffen. Er ändert sich bei 26 Energieausweisen. Ansonsten ergibt sich ein sehr ähnliches Bild, zu sehen in Abbildung 14. Die Korrektur zum Vorhandensein der Anlagen wirkt sich auf den CO₂ in einer prozentuellen Bandbreite von - 20 % bis zu knapp über + 50 % aus.

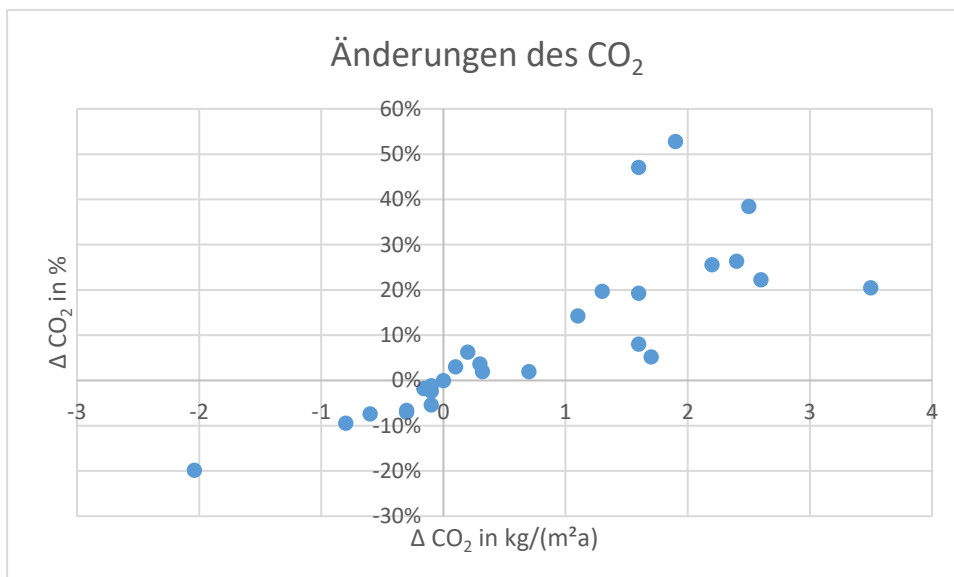


Abbildung 14: Auswirkungen der Korrektur von Solarsystemen auf den CO₂

Zu Interpretation der Ergebnisse ist es wichtig zu beachten, dass bei Neubauten Solarsysteme noch nachträglich installiert werden könnten. Es wäre daher möglich, dass einige der nicht festgestellten Anlagen noch installiert werden oder die aktuellen digitalen Kartenstände die Anlagen noch nicht abbilden. Auch kommt erschwerend die enorme Auftragslage in der Solarbranche zum Tragen. Gerade bei PV-Anlagen kann es zu längeren Wartezeiten kommen bis zur Realisierung der Anlagen.

Sichtbar wird diese Tatsache auch aus der Pressemeldung der Photovoltaic Austria, welche das Rekordjahr 2021 in der PV-Branche beschreibt. Der PV Zubau hat sich im Vergleich zum Vorjahr verdoppelt, demensprechend sind auch die Kapazitäten ausgelastet. (Photovoltaic Austria, 2022)

Andererseits konnten ebenfalls bei sanierten Gebäuden als auch bei der Inaugenscheinnahme im Zuge der Fallprüfungen das Nichtvorhandensein von Anlagen festgestellt werden. Kleinere Abweichungen könnten auf die tatsächlichen technischen Spezifikationen der installierten Anlagen zurückzuführen sein. Die Eingaben dazu sind daher nicht zwangsläufig falsch.

3.3.2 OI3-Relevanz

Der Umgang mit Ressourcen gewinnt aus Gründen der Nachhaltigkeit und Verfügbarkeit immer mehr an Bedeutung. Daher spielt der Ökoindex OI3 eine immer wichtiger werdende Rolle in der Energieausweiserstellung. Die richtige Schichtzuteilung hinsichtlich des Prüfkriterium zur OI3-Relevanz ergibt sich aus dem OI3-Leitdaten des IBO, Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH. Darin steht beschrieben, welche Schichten zur OI3-Berechnung nicht berücksichtigt werden:

- Dacheindeckungen
- Feuchtigkeitsabdichtungen
- Hinterlüftete Fassaden
- Fassadenverkleidungen
- Fußbodenbeläge und Estrichbeschichtungen
- Dübel und Armierungsgewebe in Wärmedämmverbundsystemen
- Mörtel und Verklebungen bei Mauerwerken
- Metallständer
- Befestigungen
- Stahlträger

(IBO, 2018)

Die Berechnung des OI3 ist keine notwendige Voraussetzung für die rechtliche Gültigkeit des Energieausweises. Allerdings können gerade im Neubau deutliche Bonuszahlungen durch einen niedrigen OI3 erzielt werden. Auch in der Sanierungsförderung ist ein Bonus für den OI3 vorgesehen. Dieser ist aber an den Gesamtsanierungsbonus gekoppelt und daher bei Bauteilsanierung nicht relevant.

Daraus ergibt sich die in Abbildung 15 dargestellte Aufteilung der 100 Energieausweise nach deren Beinhaltung einer OI3-Berechnung. In der Summe konnten 13 Energieausweise nicht auf deren OI3 überprüft werden, da keiner berechnet wurde. Diese sind erwartungsgemäß auf Sanierungen verteilt. Bei der Kategorie EFH Sanierung wurden zu 7 von 36 keine OI3-Berechnung vorgenommen und bei und MWH Sanierung waren es 2 von 8.

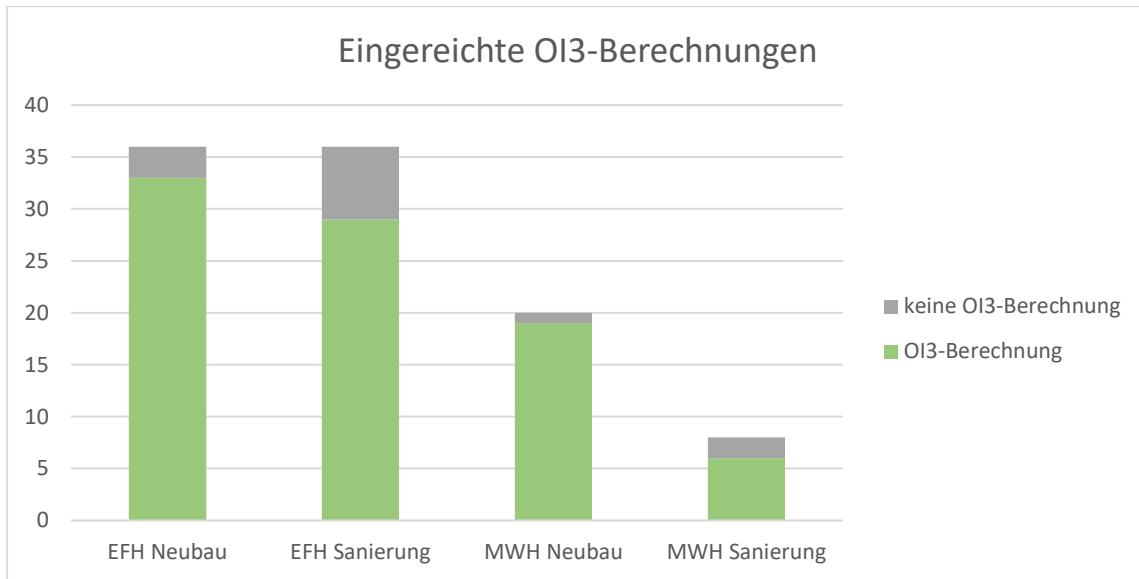


Abbildung 15: Anzahl Eingereichter OI3-Berechnungen

Zur Überprüfung der OI3-Berechnung blieben demnach 87 Energieausweise. Davon weisen 51 Fehler zur OI3-Relevanz aus. Die Aufteilung der Fehler nach Abbildung 16 zeigt ein relativ homogenes Verhältnis. Die Gebäudekategorien EFH Neubau und MWH Neubau weisen etwas weniger als 50 % fehlerhafte Energieausweise hinsichtlich der OI3-Relevanz aus. Bei der Sanierung von EFH sind es etwa 60 % und in der Kategorie MWH Sanierung genau die Hälfte.

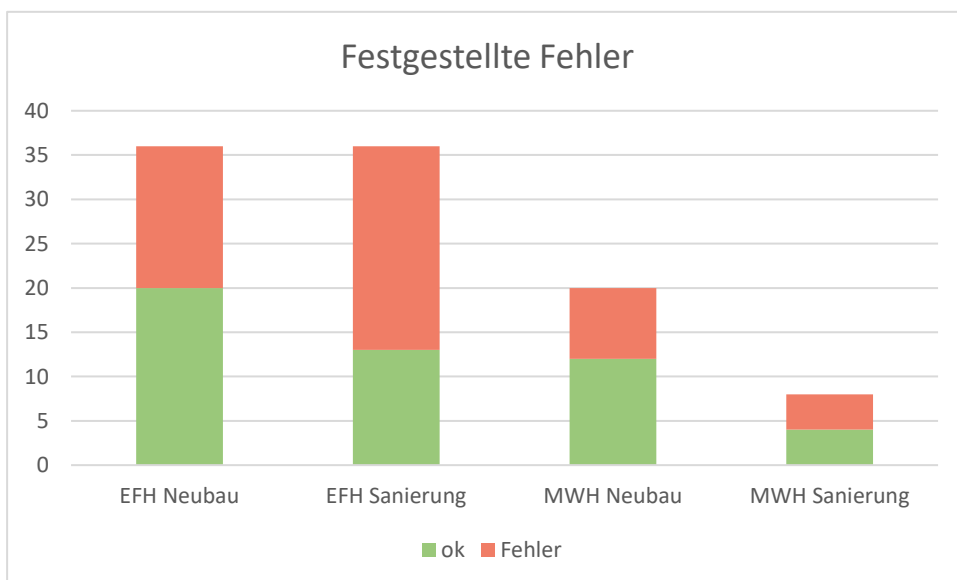


Abbildung 16: Anzahl fehlerhafter Energieausweise zur OI3-Relevanz

Bei den Fallprüfungen wurden mehrmalig die Schichten zu Dacheindeckungen, Feuchtigkeitsabdichtungen, hinterlüftete Fassaden, Fassadenverkleidungen, Fußbodenbeläge und Estrichbeschichtungen fälschlich eingegeben. Dies ist auch für die Stichprobe der 87 Energieausweise der Fall.

Aus der Tabelle 20 zeigt sich, wie viele davon Fehler hinsichtlich den genannten Schichttypen aufweisen. Bei 43 Energieausweisen wurden Feuchtigkeitsabdichtungen wie Bitumenbahnen oder Dampfbremsen nicht aus der OI3-Berechnung ausgeschlossen. Bodenbeläge sind bei 32 Berechnungen inkludiert und bei der Dacheindeckung und Fassaden waren es jeweils 19 und 20 Energieausweise.

Tabelle 20: Anzahl Energieausweise mit fehlerhafte Eingaben zu den kontrollierten Schichttypen

Schichttyp	Fehler
Dacheindeckung	19
Feuchtigkeitsabdichtungen	43
Hinterlüftete Fassaden und Fassadenverkleidung	20
Bodenbeläge	32

Aus Tabelle 20 erschließt sich, dass einzelne Energieausweise Fehler bei mehreren Schichttypen aufweisen. Eine Aufteilung dieser nach deren Anzahl fehlerhaften Schichttypen zeigt sich in Abbildung 17. Rund 40 % der 87 Energieausweise weisen fehlerhafte Angaben zu zwei von vier Schichttypen auf. Bei drei fehlerhaften Schichttypen sind es etwa 30 % und bei ungefähr 25 % kam es zu Fehlern bei nur einem Schichttyp. Darunter waren auch neun Energieausweise, bei denen nur ein Bauteil oder eine Bauteilschicht falsch eingegeben wurde, was für ein Versehen spricht. Nur 8 % haben bei allen vier Schichttypen eine falsche Zuteilung gemacht.

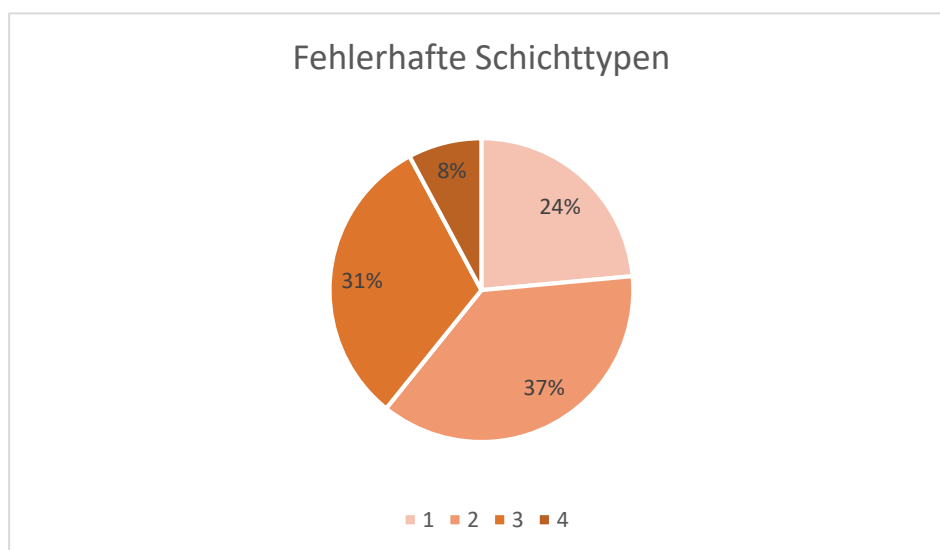


Abbildung 17: Aufteilung der untersuchten Energieausweise nach der Anzahl fehlerhafter Schichttypen

Wie sich bereits aus der Bezeichnung ergibt, wirkt sich die Zuteilung der OI3-Relevanz ausschließlich auf den OI3 aus und das mitunter enorm, wie aus der Abbildung 18 zu entnehmen ist.

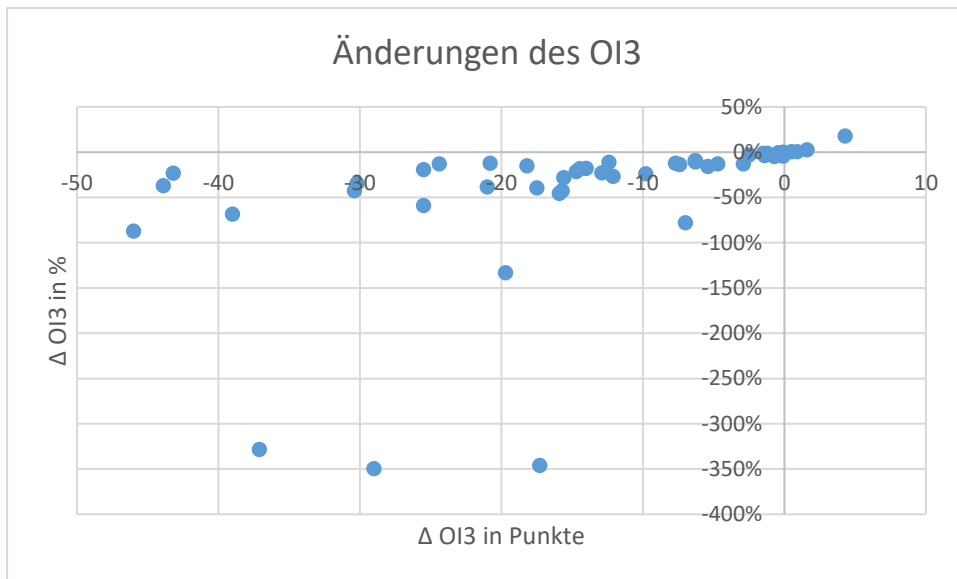


Abbildung 18: Auswirkungen der Korrektur von Solarsystemen auf den OI3

Nur bei vier Energieausweisen führte die Korrektur zu einer Zunahme und damit Verschlechterung des OI3. Bei diesen Energieausweisen wurden Bauteilschichten als irrelevant für den OI3 eingegeben, die nicht aus der Berechnung ausgeschlossen werden dürfen. Diese Schichten enthielten unter andern Mineralwolle, ein Baustoff der sich recht stark auf den OI3 auswirkt. Zumindest, wenn die Auswirkung nicht durch andere fehlerhafte Zuordnungen kompensiert wird. Die höchste Abweichung, die zu einer Verschlechterung führt, beträgt aufgrund der sich kompensierenden Fehler, nur 4,3 Punkte.

Im Gegensatz dazu führt die höchste Abweichung, die zu einer Verbesserung beiträgt, zu einem Minus von 46 Punkten. Die prozentuelle Abweichung beläuft sich von rund + 20 % bis zu - 350 %. Bei vier der 87 Energieausweise führt die Verbesserungen zu einem Minus von über 100 % was zeigt, dass deren OI3 vor der Kontrolle im positiven Bereich lag und nach der Kontrolle in den Minusbereich gerutscht ist.

Nachwachsende Holzbaustoffe werden aufgrund ihrer Speicherfähigkeit von CO₂ mit negativen Kennwerten versehen. Daher ist ein Ergebnis im Minusbereich durchaus möglich, wie sich auch deutlich aus den Ergebnissen der Kontrolle ergibt.

3.3.3 Ergebnisse zu ausgewählten Prüfkriterien

Aus der Kontrolle der Prüfkriterien zur Dimensionierung von PV-Anlagen und thermischen Solaranlagen als auch zur OI3-Relevanz bestätigen sich die Auffälligkeiten, die sich bei den Fallprüfungen dazu ergeben haben. Die Häufigkeit der Fehler bei der Eingabe ist in Tabelle 21 wiedergegeben.

Tabelle 21: Fehlerquote zu den Prüfkriterien

Prüfkriterien	Anzahl EAW	Abweichende EAW	Fehlerquote
PV kWp	39	21	54 %
Solar m ² Aperturfläche	31	14	45 %
OI3-Relevanz	87	51	59 %

Bei den Eingaben zur Leistung der PV-Anlage kam es zu festgestellten Abweichungen bei 54 % der untersuchten Energieausweise. Analog dazu waren es bei der Eingabe zu der Aperturfläche der Solaranlage 45 %, die Abweichungen aufzeigten. Bei beiden Kategorien betrifft es also rund die Hälfte der Anlagen. Die Fehlerquote ist damit sehr hoch. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass die Abweichungen der Eingaben nur zum Teil nachweislich festgehalten wurden. Aufgrund des Zugriffs auf digitale Satellitenbilder, welche neu errichtete Anlagen eventuell nicht anzeigen, den Annahmen zur Umrechnung und der möglichen Verzögerungen von Installationen sind die Ergebnisse mit Vorsicht zu betrachten.

Die Ergebnissicherheit bei der Kontrolle der OI3-Relevanz ist im Vergleich dazu deutlich höher. Eine Inaugenscheinnahme ist für dessen Überprüfung nicht notwendig. Die Eingaben können direkt im jeweiligen Berechnungsprogramm auf deren Ausführung laut OI3-Leitfaden kontrolliert werden. Außerdem ist die Stückzahl von 87 kontrollierten Energieausweisen zu diesem Prüfkriterium deutlich höher. Die Fehlerquote beträgt 59 % und übertrifft damit die der Solarsysteme.

Die Ergebnisse zur Leistung von PV-Anlagen und der Aperturfläche thermischer Solaranlagen als auch zum OI3 sind in der Gegenüberstellung in Abbildung 19 zu sehen. Die Auswirkungen der Prüfkriterien betreffen die Kennzahlen PEB, CO₂ und OI3. Auswirkungen auf den HWB haben weder Solarsysteme noch die OI3-Relevanz. Eine Ergebnisdarstellung anhand von Box Plots zeigt, dass die Korrekturen sowohl zu einer Verbesserung als auch zu einer Verschlechterung führten.

Die Auswirkungen der PV Leistung in kWp und die der Aperturfläche von thermischen Solaranlagen auf den PEB zeigen Ähnlichkeiten. Rund 25 % der korrigierten Anlagen weisen beinahe keine Auswirkungen auf den PEB auf, wie sich jeweils an dem ersten Quartil zeigt. Weitere 25 % weisen einen um bis zu 10 kWh/(m²a) erhöhten PEB auf. Während es bei PV-Anlagen mitunter auch zu Verbesserungen kam, wirkten sich die Korrekturen der thermischen Solaranlagen nur bedingt positiv auf den PEB aus, zu erkennen an dem Minimum von rund - 2 kWh/(m²a). Auch auf den CO₂ ist der Einfluss von der PV-Leistung stärker als die Aperturfläche, wie sich ebenfalls an den Quartilen erkennen lässt. Die Korrekturen zur OI3 Relevanz weisen ein Minimum von rund - 45 Punkten und ein Maximum etwa + 5 Punkten, was eine relativ große Spannweite von 50 Punkten ergibt. Überwiegend führen die Korrekturen zu einer Verbesserung des OI3, bei mehr als 25 % liegt die Verbesserung bei über 10 Punkten.

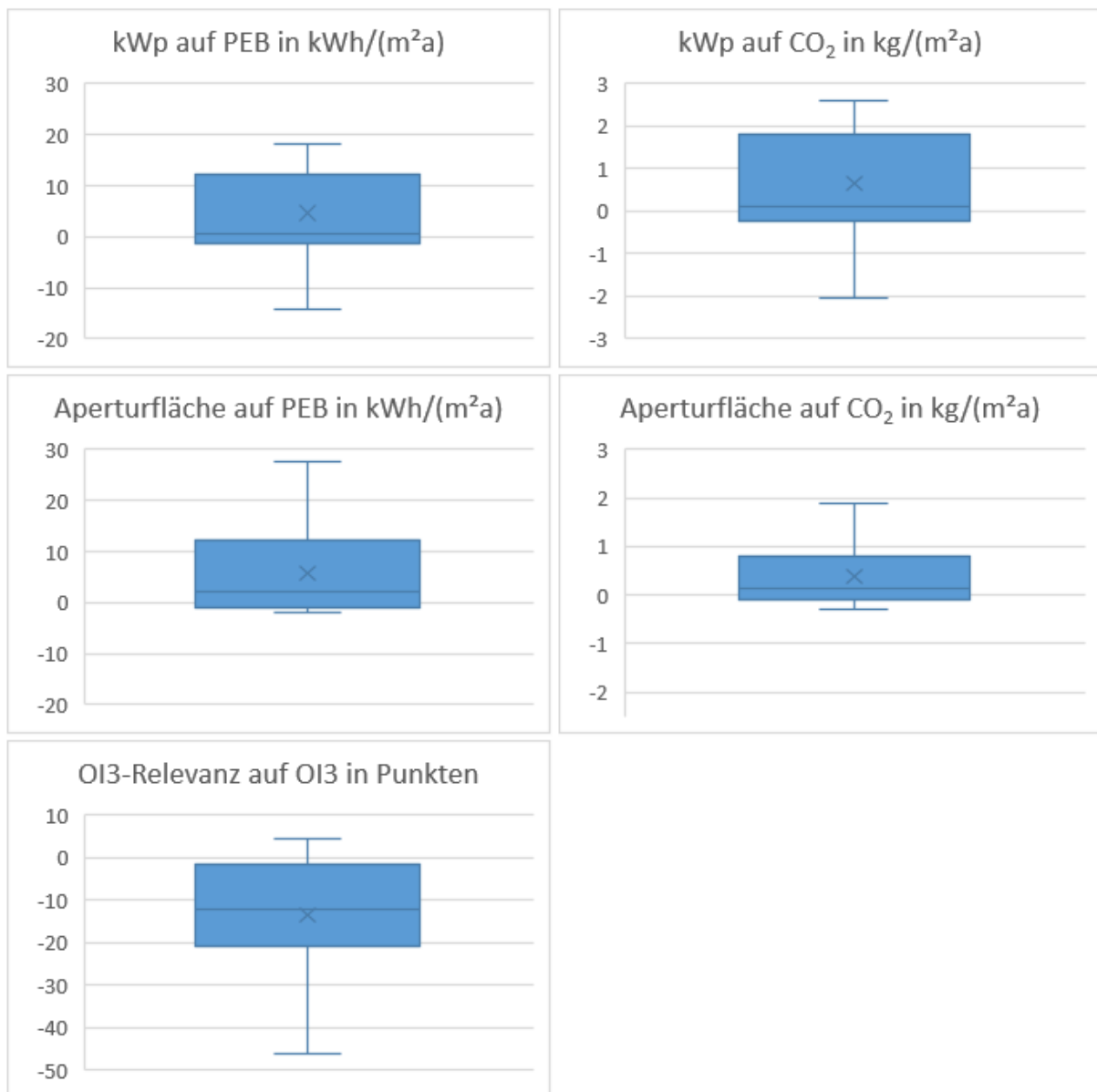


Abbildung 19: Gegenüberstellung der festgestellten Abweichungen von den ursprünglich eingegebenen Kennwerten

4 Konklusion

Basierend auf den Ausführungen zur Erstellung eines Prüfrasters, der Durchführung von Fallprüfungen und der Kontrollen zu ausgewählten Prüfkriterien ergeben sich wichtige Erkenntnisse, die zur Beantwortung der Forschungsfrage führen.

4.1 Wichtigste Erkenntnisse

Die energetisch relevanten Eingabe-Daten sind in einem Prüfraster festgehalten und betreffen Eingaben zum Gebäude im Sinne der Geometrie und Bauteilaufbauten, zu dessen Haustechniksystem, dem vorherrschenden Klima, der Nutzung im Sinne des Nutzprofils, und bedingt auch Eingaben bezüglich den rechtlichen Mindestanforderungen. Die genaue Anzahl an tatsächlichen gemachten Eingaben hängt naturgemäß von dem jeweiligen Gebäude und dem Detailgrad der Berechnungen ab. Eine Zusammenfassung von Eingabe-Daten derselben Art, in Bezug auf die identische Vorgehensweise zur korrekten Eingabe, führt zu 152 unterschiedlichen Eingabe-Daten. Diese 152 Eingabe-Daten repräsentieren zugleich die zu prüfenden Kriterien für die Fallüberprüfungen von Energieausweisen. Die Kontrolle eines Energieausweises erfordert in der Regel jedoch nicht die Überprüfung aller im Prüfraster festgehaltenen Prüfkriterien.

Die Prüfungen aller Kriterien bei den vier untersuchten Gebäudetypen weisen unterschiedliche Abweichungen auf. Fehlerhafte Eingaben konnte bei allen vier untersuchten Energieausweise festgestellt werden. Das festgestellte Nichtvorhandensein von eingegebenen PV- und thermischen Solaranlagen, wirkt sich deutlich negativ auf die Kennzahlen PEB und CO₂ aus. Gerade das Weglassen der PV-Anlage beim EFH Neubau führt zu einer Zunahme des CO₂ um 3,5 kg/(m²a), der sich dadurch mehr als verdoppelt. Bei beiden Mehrwohnhäusern wurde eine deutliche Abnahme und damit Verbesserung des OI3 ermittelt. Die Korrektur der OI3-Relevanz führt beim MWH Sanierung zu einer Verbesserung von beinahe 38 Punkten. Eine Änderung der OI3-Relevanz führt auch beim EFH Neubau zu einer Verbesserung des OI3 um 17 Punkte. Bei jeweils zwei Energieausweisen weichen die Eingaben von Fenster-Abstandhalter, Maßeingaben von Zusatzflächen wie Rücksprünge und die Eingaben zur Materialität und Eigenschaften von Baustoffen von den übermittelten Unterlagen ab. Deren Auswirkungen auf den HWB, PEB, CO₂ sind nur gering aber mitunter von größerer Auswirkung auf den OI3. Eine Korrektur der Systemtemperatur des Wärmeabgabesystems als auch die einmalige Korrektur zu den Maßeingaben der Grundform führten zu massiven Änderungen aller untersuchten Kennzahlen. Weitere Abweichungen wurden vereinzelt festgestellt, sie sind jedoch nur geringfügig von Einfluss auf die Kennzahlen.

Aus der Kontrolle der Prüfkriterien zur Dimensionierung von PV-Anlagen und thermischen Solaranlagen als auch zur OI3-Relevanz bestätigen sich die Auffälligkeiten, die sich bei den Fallprüfungen dazu ergeben haben. Die Häufigkeit der Fehler bei den Solarsystemen beläuft sich auf 54 % bei PV-Anlagen und 45 % bei thermischen Solaranlagen. Bei 15 Gebäuden konnte das Vorhandensein der eingegebenen Anlage mittels Unterlagen und Satellitenbilder nicht bestätigt werden. Unter Umständen bildeten die Satellitenbilder, zum Zeitpunkt der Überprüfung, die Anlagen noch nicht ab oder die Installation derer wurde noch nicht realisiert. Die Auswirkungen der Korrekturen auf den PEB und CO₂ wirken sich bei den 15 Gebäuden ohne Solarsystemen, negativ auf die Kennzahlen aus.

Die Fehlerquote der OI3-Relevanz liegt bei 59 % und die vorgenommenen Korrekturen wirken sich fast immer deutlich positiv auf den OI3 aus.

Bezugnehmend auf die Forschungsfrage beziehungsweise den untergeordneten Fragen sind die folgenden Erkenntnisse zur Identifizierung von Fehlerquellen und deren Auswirkungen in der Energieausweiserstellung festzuhalten:

Die Frage zu den energetisch relevanten Eingabe-Daten lässt sich mittels des erarbeiteten Prüfrasters und den darin enthaltenen 152 Prüfkriterien beantworten. Das Prüfraster kategorisiert diese Kriterien nach Eingaben zum Gebäude, Haustechnik, Klima, Nutzung und Recht. Davon entfallen 74 auf die Kategorie Gebäude und 92 auf die Kategorie Haustechnik. Zu ausgewählten Prüfkriterien konnte eine Fehlerquote als auch Auswirkungen auf die Kennzahlen festgestellt werden. Es lassen sich hohe Fehlerquoten von rund 50 % bei Eingaben zur Leistung PV-Anlagen und Größe von thermischen Solaranlagen feststellen. Diese sind zwar mit Vorsicht zu betrachten, zeigen aber deutliches Fehlerpotential aufgrund deren mitunter schwerwiegenden festgestellten Auswirkungen auf den PEB und CO₂. Das Fehlerpotential zur OI3-Relevanz ist aufgrund der Häufigkeit der Fehler von rund 60 % und deren Auswirkungen auf den OI3 erwiesenermaßen sehr hoch. Fehlerhafte Eingaben führen zu deutlichen Verschlechterungen des OI3.

Die fallweise festgestellten Fehler zu den Eingaben von Baustoffen, Maßeingaben in der Geometrie, Fenster-Abstandhalter, Systemtemperatur lassen auch dort ein gewisses Fehlerpotential vermuten.

Ausgehend von der hohen Fehlerquote, scheint die Vorgehensweise zur Bestimmung der OI3-Relevanz von Bauteilschichten bei der Eingabe von EAW eventuell nicht bekannt oder berücksichtigt zu werden. Wegen der zunehmenden Relevanz von Ressourcen und der demnach steigenden Bedeutung des OI3, scheint eine bessere Sichtbarmachung oder Vermittlung zur Berechnung des OI3 ratsam.

4.2 Diskussion

Die vorliegende Arbeit zur Ermittlung von Fehlerpotentialen bei der Energieausweiserstellung behandelt ein Themenfeld, dessen Theorie mitunter in diversen Rechtstexten oder Berichten festgehalten wurde, zu dessen Praxis jedoch nur wenig bekannt ist. Die Erkenntnisse könnten daher zu einer verbesserten Qualitätssicherung von Energieausweisen beitragen. Das erstellte Prüfraster bietet eine Grundlage für die Festlegung von Prüfroutinen und Prüfkriterien zur Einführung eines UKS.

Die untersuchte Gebäudetypologie ist recht homogen und umfasst ausschließlich Wohngebäude und keine Nicht-Wohngebäude. Die dazugehörigen Energieausweise wurden alle für das Ansuchen einer Förderung an die Wohnbauförderstelle übermittelt. Daher sind keine Energieausweise, die rein für den Verkauf oder die Vermietung ausgestellt wurden, kontrolliert worden. Zudem wissen Energieausweis-Erstellende über die Qualitätssicherung der Wohnbauförderung Bescheid. Es besteht daher die Möglichkeit, dass die Qualität der untersuchten Energieausweise nicht auf die Gesamtmenge an Energieausweisen zutrifft. Die Erkenntnisse sind daher unter Umständen nicht auf andere Energieausweise übertragbar.

Die Fallüberprüfung von Energieausweisen hat klar einzelne Fehlerpotentiale von Eingabedaten aufgezeigt. Allerdings ist die untersuchte Stückmenge von vier Energieausweisen nicht ausreichend, um das Fehlerpotential von allen Prüfkriterien zu ermitteln. Dazu wären deutlich mehr Energieausweise zu prüfen, was jedoch den verfügbaren Zeitrahmen für die Ausarbeitung der vorliegenden Meisterarbeit überschritten hätte.

Die Erkenntnisse zu den Solarsystemen und der OI3-Relevanz zeigen deutliches Verbesserungspotential bei der Energieausweiserstellung. Gerade die Untersuchung zur OI3-Relevanz zeigt eine Wissenslücke oder eine geringe Bedeutungszuschreibung zum OI3 auf. Diverse Maßnahmen zur Verbreitung der Bedeutung und der Berechnung des OI3, könnten eine deutliche Qualitätsverbesserung von Energieausweisen mit sich bringen.

4.3 Ausblick

Die untersuchten Fallprüfungen und die Kontrolle einzelner Prüfkriterien führen zur Identifikation von Fehlerquellen. Um mehr Fehlerquellen aufzuzeigen, ist die Überprüfung an einer deutlich höheren Stückzahl an Energieausweisen unabdingbar. Vorgesehen ist dies bereits im Zuge der Entwicklung eines UKS in Vorarlberg an der Stückzahl von 80 Energieausweisen bis Ende 2022.

Durchgeführt werden die Kontrollen aufgrund des Zeitaufwands durch mehrere Mitarbeiter*innen des Energieinstitut Vorarlberg. Dabei werden die ermittelten Prüfkriterien weiter ausgearbeitet, um zu einer zeitlich abgegrenzten Prüfungsroutine zu kommen.

Da in anderen Staaten und Bundesländern bereits UKS implementiert wurden, kann das Einholen von deren Expertise und Erfahrung weitere Fehlerquellen aufzeigen. Außerdem können dadurch auch die ermittelten Fehlerquoten und Abweichungen abgeglichen werden.

Um die Ergebnissicherheit zu den Fehlerquoten und Abweichungen der Solarsysteme zu stärken, bieten sich mehrere Möglichkeiten an. Diese beinhalten auch eine Inaugenscheinnahme aller untersuchten Gebäude. Zumindest könnte bei einer Inaugenscheinnahme im Zuge der Wohnbauförderung, auch bei Sanierungsvorhaben das Vorhandensein von Solarsystemen ermittelt werden. Dies ist nicht immer der Fall, da Solarsysteme in der Sanierung keinen Einfluss auf die Wohnbauförderung haben.

Literaturverzeichnis

- Amecke, H. (2012). *The impact of energy performance certificates: A survey of German home owners*.
- Amt der Salzburger Landesregierung. (2022). *Produktdatenbank-GET*. Retrieved 2022, from www.produktdatenbank-get.at: <https://www.produktdatenbank-get.at>
- Amt der Voarlberger Landesregierung. (2020). *Wohnhaussanierungsrichtlinie 2020/2021*. Bregenz: Amt der Voarlberger Landesregierung.
- Austrian Standards International. (2019). *Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Teil 1: Berechnung des Gesamtenergieeffizienzfaktors*. Wien: Austrian Standards International.
- Austrian Standards International. (2019). *Wärmeschutz im Hochbau - Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile*. Wien: Austrian Standards International.
- Austrian Standards International. (2019). *Wärmeschutz im Hochbau - Teil 6-1: Grundlagen und Nachweisverfahren - Heizwärmebedarf und Kühlbedarf*. Wien: Austrian Standards International.
- Baubook. (2022). *Oekoindex - Allgemein*. Retrieved 2022, from <https://www.baubook.info/de/oekoprogramme-plattformen/oekoindex/grundlagen/oekoindex-allgemein>
- Baubook. (2022). *Oekoindex – Österreich*. Retrieved 2022, from <https://www.baubook.info/de/oekoprogramme-plattformen/oekoindex/grundlagen/oekoindex-oesterreich>
- EAWZ. (2017). *Erklärungen zum Energieausweis für Wohngebäude*. Retrieved 2022, from www.eawz.at: <https://www.eawz.at/eawerklaerung/anzeige/4/wg/1>
- EIV. (2022). *Qualitätssicherung bei Landesförderungen (Wohnbau & Energieträger)*. Retrieved 2022, from <https://www.energieinstitut.at/ueber-uns/unsere-fachbereiche/fachbereich-energieberatung-und-gebaeudetechnik/qualitaetssicherung-bei-landesfoerderungen-wohnbau-energietraeger/>
- Energie Tirol. (2013). *Energiesparprofi in 12 Schritten*. Innsbruck: Energie Tirol.
- Europäische Kommission. (2020). *BERICHT DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT UND DEN RAT - Bewertung der Fortschritte der Mitgliedstaaten bei*

der Umsetzung der Energieeffizienz-Richtlinie 2012/27/EU und bei der Einführung von Niedrigenergiegebäuden und kostenoptimalen Mindestan. Brüssel.

Europäische Kommission, D. E.-i. (2020). *Energieeffizienz von Gebäuden*. Retrieved 2022, from https://ec.europa.eu/info/news/focus-energy-efficiency-buildings-2020-lut-17_de

Europäische Union. (2021). *Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Zusammenfassung)*. Retrieved 2022, from <https://eur-lex.europa.eu/DE/legal-content/summary/energy-performance-of-buildings.html>

European Commission . (2021). *Simpler EU energy labels for lighting products applicable from 1 September*. Retrieved 2022, from https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_4484

European Commission. (2013). *Energy performance certificates in buildings and their impact on transaction prices and rents in selected EU countries*. European Commission (DG Energy).

IBO. (2018). *Leitfaden zur Berechnung des Oekoindex OI3 für Bauteile und Gebäude (V4.0)*. Wien: Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH.

IWU. (2006). *Vereinfachte Ermittlung von Primärenergiekennwerten zur Bewertung der wärmetechnischen Beschaffenheit in ökologischen Mietspiegeln*. Darmstadt.

Kürnsteiner, M. (2018). *Einrichtung des unabhängigen Kontrollsystems für Energieausweise nach Artikel 18 EU-Gebäuderichtlinie in Oberösterreich*. Linz.

ÖAMTC. (2022). *Normverbrauch - Berechnung des Verbrauchs* . Retrieved 2022, from <https://www.oeamtc.at/thema/autokauf/was-ist-der-normverbrauch-und-wie-wird-er-berechnet-16183646>

OIB. (2019). *OIB Richtlinie 6 - Energieeinsparung und Wärmeschutz*. Wien: Österreichisches Institut für Bautechnik.

Photovoltaic Austria. (2022). *Photovoltaische Zellen und Potenziale der Photovoltaik*. Retrieved 2022, from <https://pv-austria.at/pv-zellen-und-potenziale/>

Photovoltaic Austria. (2022). *Absolutes Photovoltaik-Rekordjahr 2021: Zubau verdoppelt*. Photovoltaic Austria.

Rapf, O., & Lottes, R. (2015). Der Energieausweis – Ein wichtiges Instrument zur Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz in der EU. (J. P. VME Verlag und Medienservice Energie, Ed.) *Energieeffizienz in Gebäuden*, pp. 165-172.

Statistik Austria. (2022). *Nutzenergieanalyse*. Retrieved 2022, from <https://www.statistik.at/statistiken/energie-und-umwelt/energie/nutzenergieanalyse>

Swissinfo. (2018). *Und wenn wir statt 2°C mehr, 2°C weniger hätten?* Retrieved 2022, from https://www.swissinfo.ch/ger/klima-und-energie_und-wenn-wir-statt-2-c-mehr--2-c-weniger-haetten-/43830506

Umweltbundesamt. (2021). *Klimaschutzbericht 2021*. Wien: Umweltbundesamt GmbH.

ZEUS. (2022). *Berechnungsprogramme*. Retrieved 2022, from www.energieausweise.net: <https://www.energieausweise.net/berechnungs-programme>

ZEUS. (2022). *Energieausweis-Prüfung*. Retrieved 2022, from www.energieausweise.net: <https://www.energieausweise.net/energieausweis-pruefung>

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Masterarbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Stellen sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher weder in gleicher noch in ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Dornbirn, am 11.08.2022

Verena Engstler