

Erarbeitung von Leitfäden zur Ermittlung von Einspareffekten an Energie und klimaschädlichen Emissionen bei der Umsetzung von Forschungsvorhaben und deren Skalierung

**Anwendungsziel: Gebäudeprojekte der Forschungsinitiative
Energiewendebauen**

Dezember 2024

verfasst von Heike Erhorn-Kluttig (Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP)



Inhalt

1. Kurzzusammenfassung	3
2. Einleitung	4
3. Wie können die Energie- und Treibhausgas-Einsparpotenziale der Energiewendebauen-Projekte generell ermittelt werden?	6
4. Bereits vorliegende Methoden für die Ermittlung von Einsparpotenzialen und deren Skalierung	7
4.1 Impact Calculation aus EU Horizon 2020-Projekten	7
4.2 Rahmenwerk der Begleitforschung für die Forschungsprojekte innerhalb EnEff.Gebäude.2050 des BMWi	7
5. Gemeinsamer Fragebogen der Wissenschaftlichen Begleitforschung im Herbst 2021	10
6. Auswertung von Projektabschlussberichten	15
7. Erarbeitung von projektspezifischen Leitfäden zur Ermittlung von Einspareffekten an Energie und klimaschädlichen Emissionen und deren Skalierung	18
8. Leitfäden – Beispiel: Leitfaden für den Projekttyp Technologieentwicklung und -einsatz	25
9. Test der Einsparermittlung an Energie und klimaschädlichen Emissionen	47
10. Zusammenfassung und Ausblick	59
11. Literaturverzeichnis	62
12. Anhang	64

1. Kurzzusammenfassung

Im Jahr 2019 stellte das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie dem Begleitforschungsmodul „Gebäude“ der Forschungsinitiative Energiewendebauen (EWB) die Aufgabe, die aus den zugehörigen Forschungsprojekten entstehenden Energie- und Treibhausgas-Einsparungen zusammenzustellen. Die Auswertung eines Fragebogens an die Projektnehmenden und einer Stichprobe von 27 Abschlussberichten ergab wenige, in Bezug auf den Ermittlungsweg stark unterschiedliche und in der Dokumentation der Rahmenbedingungen meist unklare Kenndaten.

In Absprache mit dem Projektträger Jülich (PtJ) wurde deshalb beschlossen, eine möglichst einheitliche Methode für die Ermittlung der Einsparpotenziale an Energie und Treibhausgasemissionen zur Umsetzung durch die Projektnehmenden zu entwickeln. Dabei sollen die Einsparpotenziale als Abschätzung in der Projektskizze und detailliert als Kapitel im Abschlussbericht ermittelt und dokumentiert werden.

Aufgrund der unterschiedlichen Projektarten innerhalb des Gebäudebereichs von EWB wurden insgesamt sechs projekttypabhängige Leitfäden entwickelt. Die darin enthaltenen Schritte sind die Wahl des passenden Leitfadens, die Definition des Referenzfalls, die Ermittlungen der Einsparungen in der Betriebsphase, in den sonstigen betrachteten Lebenszyklen und für digitale Aufwände, die Skalierung auf eine weitere Anwendung in Deutschland und die Dokumentation der Ergebnisse, Hintergründe und Randbedingungen in vorgegebenen Tabellen. Dabei wird als Bewertungsmethode für die Betriebsphase zumeist das Gebäudeenergiegesetz (GEG) und damit die DIN V 18599 vorgegeben, in Einzelfällen kann diese durch eine Simulation mit entsprechend angepassten Randbedingungen ersetzt werden. Die sonstigen Lebenszyklen werden auf Basis des Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNG) und der zugehörigen Ökobilanzdatentabellen ermittelt. Die Ermittlung der Einsparungen aufgrund Messdaten ist aufgrund der Vergleichbarkeit der Rahmenbedingungen nur für wenige Fälle zulässig. Die Methodik wurde an drei Vorhaben getestet und die entstandenen Optimierungsvorschläge in die Leitfäden eingearbeitet.

2. Einleitung

Als das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie im Jahr 2019 den Ideenwettbewerb „Begleitforschung Energiewendebauen“ [1] ausschrieb und dabei die Begleitforschung in insgesamt fünf Module aufteilte, war eine der vorgegebenen Aufgaben für das Modul 2 „Gebäude“ die „Quantifizierung des Potenzials der Einspareffekte an Energie und klimaschädlichen Emissionen bei der Umsetzung der Forschungsvorhaben und deren Skalierung“. Das im Wettbewerb erfolgreiche Konsortium, bestehend aus der RWTH Aachen E.ON ERC EBC, dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP und dem Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI sah in seinem Projektantrag [2] vor, die erforderlichen Kennwerte für die Energie- und Treibhausgasemissions-Einsparung über Fragebögen von den Projektnehmenden der dem BF Modul „Gebäude“ zugeteilten Vorhaben abzufragen und diese mit weiteren Kennwerten und Informationen aus Abschlussberichten und ggf. Projektinterviews zu verdichten. Daraus sollten dann sogenannte „erste Indikatoren“ für die Ermittlung der Einsparpotenziale gewonnen und anschließend, aufgeteilt in die beiden Fokusbereiche des Projektantrags „energetische Gebäudesanierung“ und „Neubau“, Mittelwerte und Spannbreiten für die Einsparpotenziale aus den jeweilig zugeordneten Vorhaben generiert werden. Auch eine Abschätzung der Gesamteinsparungen der Vorhaben im Gebäudebereich der Forschungsinitiative Energiewendebauen, basierend auf den Mittelwerten, sollte zumindest versucht werden.

Leider ergab die Auswertung des Fragebogens der Wissenschaftlichen Begleitforschung im Herbst 2021 [3], dass von 95 Projektnehmenden, die den Fragebogen für ihr Projekt mit Schwerpunkt Gebäude beantwortet haben, nur 14 die Frage „Haben Sie für Ihr Vorhaben Energieeinsparpotenziale im Rahmen des Antrags bzw. in der Projektphase ermittelt?“ mit „ja“ beantwortet haben. Nur zwei bzw. drei Projektnehmende konnten entsprechende Werte für die eingesparte Endenergie in kWh/a bzw. kWh/m²a eintragen. Bei der Frage nach den Treibhausgas-Einsparungen ergab sich ein sehr ähnliches Bild, siehe Kapitel 5. Zusätzlich waren die Eintragungen zur Beschreibung des verwendeten Rechenweges u. a. im Bereich der angewandten Berechnungsmethode und dem verwendeten Referenzfall stark unterschiedlich und Ermittlungen der grauen Energie (Lebenszyklusbilanzierung) sowie eine Skalierung der Einsparungen für gleichartige Gebäude in Deutschland wurden nur sehr selten durchgeführt bzw. geplant. Mit den Projektleitenden der 14 Projekte wurden vom Modul „Gebäude“ der Begleitforschung Interviews durchgeführt, um genauer zu verstehen, warum und wie manche Kennwerte ermittelt werden konnten oder noch im weiteren Verlauf des Vorhabens ermittelt werden sollten und warum andere Kennwerte nicht ermittelt werden können.

Im nächsten Schritt wurden vom Modul 2 der Begleitforschung insgesamt 27 Abschlussberichte aus dem Gebäudebereich ausgewertet, siehe Kapitel 6. Aus den Berichten konnten ebenfalls nur wenige Kennwerte für die Endenergieeinsparung (7 Kennwerte als kWh/m²a), die Primärenergieeinsparung (3 Kennwerte als kWh/m²a) und die Treibhausgasemissionen (1 Kennwert als kg/m²a) entnommen werden. Eine Skalierung auf gleichartige Gebäude und eine Ermittlung der grauen Energien erfolgte in nur zwei Fällen.

Diese Situation wurde mit dem Projektträger besprochen und es wurde gemeinsam beschlossen, statt der Auswertung von nur sehr begrenzt vorhandenen und wenig vergleichbaren Einsparkennwerten, einen Leitfaden zur Ermittlung der Einsparpotenziale für die Projektnehmenden zu entwickeln. Aufgrund der unterschiedlichen Art der Vorhaben (z. B. mit Fokus auf Technologieentwicklungen, Demonstrationsgebäuden, Betriebsoptimierungen oder Herstellungsprozessen), die dem

Gebäudebereich von Energiewendebauen zugeordnet wurden, entstanden projekttypabhängige Leitfäden, in denen die Vorgaben spezifisch angepasst wurden. Bei der Ausarbeitung erfolgte eine mehrmalige Abstimmung mit dem Projektträger, vor allem bezüglich der Referenzfälle, der möglichen Nutzung von gemessenen Werten, der gewünschten Skalierung und der Einbeziehung von digitalen Aufwänden in den Projekten.

Mit Hilfe der Leitfäden sollen die Projektnehmenden zu zwei unterschiedlichen Zeiten im Projektablauf die Einsparpotenziale an Energie und Treibhausgasemissionen der Vorhaben ermitteln:

1. Zum Zeitpunkt der Projektskizze: ggf. vereinfacht aber basierend auf den Vorgaben des zugehörigen Leitfadens
2. Zum Zeitpunkt des Projektabschlussberichts: detailliert, wie im zugehörigen Leitfaden definiert

Dieses Dokument enthält eine Zusammenfassung der Hintergrundinformationen zur Entwicklung der Leitfäden zur Ermittlung von Einsparpotenzialen und die projekttypabhängigen Leitfäden selbst, mit Vorgaben, möglichen Hilfsmitteln, den vorgegebenen Tabellen zum Eintrag der Kennwerte und weiteren Informationen.

Durch die Umsetzung der Leitfäden durch die Projektnehmenden kann durch den Projektträger oder ein Begleitforschungsteam eine Querauswertung von Einspareffekten an Energie und klimaschädlichen Emissionen bei der Umsetzung der Forschungsvorhaben und deren Skalierung erfolgen und damit die vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie vorgegebene Aufgabe erfüllt werden.

3. Wie können die Energie- und Treibhausgas-Einsparpotenziale der Energiewendebauen-Projekte generell ermittelt werden?

Die Vorhaben im Bereich Gebäude der Forschungsinitiative Energiewendebauen haben zumeist die Reduzierung des Gebäudeenergieverbrauchs bzw. der klimaschädlichen Emissionen als Projektziel. Dies kann allerdings in manchen Projekten von einem anderen, primären Projektziel (z. B. Erhöhung des Komforts, Verhinderung von Ausfällen/Störungen, verbesserte Hygiene, Netzstabilität, etc.) überlagert werden. Trotzdem sollen in allen Projekten soweit möglich, die Einsparpotenziale inklusive einer Skalierung auf den dazu passenden deutschen Gebäudebestand ermittelt werden. Darauf basierend soll unter anderem die Bedeutung (der Impact) des Forschungsbereichs Energiewendebauen dargestellt werden.

Diese Aufgabe kann nur gemeinschaftlich bewältigt werden, denn die Projektverantwortlichen und -bearbeiter haben die Kenntnisse über die Projektidee und das umgesetzte Projekt und die Begleitforschung und/oder der Projektträger können die Einsparpotenziale zusammenbringen und ggf. zu hohe Skalierungen der Projekte durch den Gesamtüberblick verhindern.

Einspareffekte sollen im Vergleich zu einer Referenz (Standardtechnologie, Standardkonzept oder gesetzliche Anforderung bzw. Zustand vor dem Projektstart) nachgewiesen werden. Dabei sollen die Leitfäden je nach Projekttyp vorgeben, welche Randbedingungen eingehalten werden müssen, sollen aber z. B. bei Technologieentwicklungen auch Freiraum für die Projektnehmenden lassen, die meist ein höheres Knowhow zu einer spezifischen Technologie und der zugehörigen Standardtechnologie besitzen.

Gemäß Abstimmung mit dem Projektträger sollen folgende Phasen bei der Ermittlung der Einsparpotenziale berücksichtigt werden: die Betriebsphase, die immer noch den Fokus in den meisten Vorhaben darstellt und oftmals zu den höchsten Einsparungen führt, aber auch die Phasen Herstellung, Austausch und Abfallbehandlung/Entsorgung.

Ausgehend von der Betrachtung der Anwendung auf ein einzelnes Gebäude, bzw. in manchen Projekten mehrere Einzelgebäude, soll über eine Skalierung auf die Anzahl gleichartiger Gebäude in Deutschland bestimmt werden, welches Einsparpotenzial insgesamt erreicht werden kann.

4. Bereits vorliegende Methoden für die Ermittlung von Einsparpotenzialen und deren Skalierung

Zu Beginn der Bearbeitung der Projektaufgabe durch die Begleitforschung wurden in einem Projektetreffen [4] bereits vorliegende Methoden für die Ermittlung von Einsparpotenzialen durch Forschungsprojekte vorgestellt und mit den Teilnehmern am Treffen diskutiert. Dabei wurde auf drei Methoden eingegangen:

1. Impact Calculation aus EU Horizon 2020-Projekten
2. Rahmenwerk der Begleitforschung für die Forschungsprojekte innerhalb der Förderlinie EnEff.Gebäude.2050 des BMWi
3. Ermittlung des Einflusses von Effizienzhäusern Plus durch die zugehörige Begleitforschung des Bundesbauministeriums

4.1 Impact Calculation aus EU Horizon 2020-Projekten

Horizon 2020 [5] war ein EU-Forschungs- und Innovationsförderungsprogramm von 2014 bis 2020 mit einem Budget von fast 80 Milliarden Euro. Von den Projektnehmenden wurde dabei gefordert, den Impact (die Auswirkung) des Projekts bereits im Proposal (Antrag) abzuschätzen, beim Grant Agreement (Vertragsabschluss) ggf. upzudaten und in den Zwischenberichten und im Abschlussbericht zu evaluieren. Für Projekte im Bereich energieeffiziente Gebäude wurden folgende Project Performance Indicators in den teilnehmenden Ländern und in der gesamten EU gefordert:

- Angestoßene Primärenergieeinsparung (primary energy savings triggered)
- Angestoßene Investitionen (investments triggered)
- Angestoßene Nutzung von Erneuerbaren Energien (renewable energy production triggered)
- Unterstützung der Politik (enabling policy), erfüllt durch Referenzen auf das EU-Vorhaben durch die Regierung bzw. lokale Politik
- Weiterbildung/Training von Planern oder Handwerkern (building capacities and skills)

Jedes Projektkonsortium konnte selbst bestimmen, wie die Zahlen ermittelt werden, musste aber die Methode (den Weg und die Ausgangskennwerte) erläutern und entsprechende Referenzen für Basisdaten nennen. Bei einer Projektbewilligung musste eine Monitorings- und Überprüfungsstrategie eingesetzt werden. Es sollten nur direkte Einflüsse des Projekts berichtet werden im Vergleich zu „was wäre ohne das Projekt“.

Aufgrund der geforderten Skalierung des Impacts auf die teilnehmenden Länder und die gesamte EU bestand die Gefahr einer Überbewertung der Projekteinflüsse, nicht zuletzt auch durch den Wettbewerb der Projektvorschläge untereinander, die kurzen Laufzeiten der Vorhaben und die Abschätzung des Einflusses auch auf andere Länder.

4.2 Rahmenwerk der Begleitforschung für die Forschungsprojekte innerhalb EnEff.Gebäude.2050 des BMWi

Das Rahmenwerk EnEff.Gebäude.2050 [6] fasst auf 32 Seiten eine Methode zur Ermittlung von Treibhausgas-Minderungspotenzialen in den Projekten der zugehörigen Förderlinie zusammen. Es entstand im Rahmen der Begleitforschung für die Förderlinie EnEff.Gebäude.2050 und wurde 2019 veröffentlicht. Ähnlich wie bei den Projekten, die dem Gebäudebereich aus Energiewendebauen

zugeordnet sind, waren auch die Vorhaben aus EnEff.Gebäude.2050 sehr heterogen. Das Rahmenwerk war daher methoden- und technologienoffen und richtete sich an diverse Projekttypen. Im Mittelpunkt stand ein kombinierter Ansatz. Zum einen erfolgte eine Bottom-Up-Berechnung des Treibhausgas-Minderungspotenzials ausgehend vom Einzelvorhaben und zum anderen eine Top-Down-Einordnung auf Basis sektoraler Endenergiebedarfe. Die Methode gliedert sich in sieben Tasks:

1. Aufstellung der Emissionsbilanz und Eingrenzung der berücksichtigten Stoffströme und Lebenszyklusphasen.
2. Beschreibung der verwendeten Methoden beim Referenzszenario und der Modellbildung mit dem Ziel eines kalibrierten Modells zur Ermittlung der projektspezifischen Endenergieeinsparung.
3. Benennung der verwendeten Treibhausgas-Emissionsfaktoren und Endenergiemengen inklusive der verwendeten Datenquellen, betrachteten Anwendungszeiträume und weiterer Annahmen.
4. Beschreibung und Bewertung der verwendeten Daten zur Skalierung.
5. Bottom-Up-Berechnung mit Angabe und Erläuterung der berücksichtigten Effekte und Angabe der nicht berücksichtigten Effekte und Begründung mit dem Ziel einer Unsicherheitsbewertung.
6. Top-Down-Einordnung zur Eingrenzung der vom Förderprojekt adressierten Treibhausgas-Emissionen auf nationaler Ebene und damit Plausibilisierung des Treibhausgas-Minderungspotenzials aus dem Bottom-Up-Ansatz.

Das Rahmenwerk ist eine ambitionierte Bewertungsmethode für Treibhausgas-Emissionseinsparungen von Forschungsprojekten. So beinhaltet es die Ermittlung der sogenannten grauen Energie und geht damit über die Betrachtung der Betriebsphase hinaus. Auch die Skalierung auf die Ebene Deutschland wird abgefordert. Ein einfaches Beispiel trägt zum Verständnis der Methode bei und es werden einige unterstützende Hilfsmittel, vor allem für die Skalierung, in den Anhängen zur Verfügung gestellt. Auf der anderen Seite werden in der Methode viele Freiheitsgrade geboten, so z. B. bei der verwendeten Rechenmethode, dem Referenzfall und den verwendeten Treibhausgas-Emissionsfaktoren. Ein direkter Vergleich der ermittelten Einsparungen ist deshalb eher schwierig. Da die Durchführung dieser Bewertung nicht bereits zum Start der zugehörigen Vorhaben vorgegeben wurde, gab es nur wenige Projekte, die die Methode umgesetzt haben. Dies waren Vorhaben, die bereits vorab ein Arbeitspaket mit einem entsprechenden Ziel definiert hatten. Der Aufwand für die Durchführung der Bewertung wurde von den Autoren des Rahmenwerks in einem Interview mit der Begleitforschung Energiewendebauen mit ein bis zwei Personenmonaten abgeschätzt.

4.3 Ermittlung des Einflusses von Effizienzhäusern Plus durch die zugehörige Begleitforschung des Bundesbauministerium

Das Effizienzhaus Plus [7] war ein von 2011 bis 2023 laufendes Förderprogramm für Plusenergiehäuser vom Bundesbauministerium innerhalb der Forschungsinitiative Zukunft Bau des BBSR. Effizienzhäuser Plus sind definiert als Wohngebäude oder Bildungsgebäude mit einem bilanzierten jährlichen Endenergiebedarf und einem bilanzierten jährlichen Primärenergiebedarf von jeweils kleiner Null. Dabei werden im Vergleich zur Bewertung nach Gebäudeenergiegesetz GEG [9] sowohl der Nutzerstrom (vordefinierte Bedarfswerte) als auch die gesamten eingespeisten erneuerbaren Energien mitberücksichtigt. Die Berechnungsmethode ist wie beim GEG der Standard DIN V 18599 [10]. Die Begleitforschung zum Förderprogramm Effizienzhaus Plus führte 2017 für den Bereich

Wohngebäude eine Abschätzung [8] zur Höhe des deutschlandweiten Treibhausgas-Einsparpotenzials von Effizienzhäusern Plus durch. Hierbei wurden basierend auf umgesetzten Effizienzhäusern Plus mittlere Einsparungen im Neubau gegenüber der damals gültigen Energieeinsparverordnung von 2016 von $50 \text{ kg}_{\text{CO}_2, \text{äq.}}/\text{m}^2\text{a}$ und bei der Sanierung von $120 \text{ kg}_{\text{CO}_2, \text{äq.}}/\text{m}^2\text{a}$ verwendet. In Verbindung mit damals umgesetzten 34 Effizienzhaus Plus-Neubauten (in Summe 17.717 m^2) und zwei Sanierungen (1.210 m^2) zum Effizienzhaus Plus ergaben sich Einsparungen von ca. $1.000 \text{ t}_{\text{CO}_2, \text{äq.}}/\text{a}$ durch das Gesamtnetzwerk Effizienzhaus Plus. Zusätzlich erfolgte eine Skalierung über den Ansatz einer 15 %-igen Marktdurchdringung bei neugebauten und sanierten Gebäuden auf Basis der damaligen Neubau- und Sanierungsraten bei einer Betrachtung bis 2030 von 6 Mio. $\text{t}_{\text{CO}_2, \text{äq.}}/\text{a}$ bzw. bis 2050 von 14 Mio. $\text{t}_{\text{CO}_2, \text{äq.}}/\text{a}$.

5. Gemeinsamer Fragebogen der Wissenschaftlichen Begleitforschung im Herbst 2021

Der gemeinsame Fragebogen der Wissenschaftlichen Begleitforschung [3] im Herbst 2021 enthielt neben allgemeinen Fragen auch spezifische Fragen zu unterschiedlichen Themenschwerpunkten. Im Themenbereich „Einspareffekte“ wurden insgesamt 13 Fragen gestellt:

1. Haben Sie für Ihr Vorhaben Energieeinsparpotenziale im Rahmen des Antrags bzw. in der Projektphase ermittelt?
2. *Wenn 1. mit ja beantwortet:* Bitte tragen Sie das direkte Endenergieeinsparpotenzial für ihr Projekt ein (kWh/a und kWh/m²_{NRFA}).
3. *Wenn 1. mit ja beantwortet:* Bitte beschreiben Sie den Rechenweg oder anderen Ansatz für die Ermittlung der Endenergieeinsparung (Referenzfall, Berechnungsmethode, etc.)
4. *Wenn 1. mit ja beantwortet:* Haben Sie das direkte Endenergieeinsparpotenzial für Ihr Vorhaben über weitere Anwendungsfälle skaliert?
5. *Wenn 4. mit ja beantwortet:* Falls ja, bitte tragen Sie das skalierte Endenergieeinsparpotenzial in MWh/a für Ihr Projekt ein.
6. *Wenn 4. mit ja beantwortet:* Bitte beschreiben Sie den Rechenweg oder anderen Ansatz für die Ermittlung der skalierten Endenergieeinsparung. Erläutern Sie dabei auch den Skalierungsfaktor (z. B. welche gleichartigen Gebäudetypen, welcher prozentualer Ansatz und warum dieser gewählt wurde).
7. Haben Sie für Ihr Vorhaben die Treibhausgasemissions-Einsparpotenziale im Rahmen des Antrags bzw. in der Projektphase ermittelt?
8. *Wenn 7. mit ja beantwortet:* Bitte tragen Sie das direkte THG-Emissionseinsparpotenzial für Ihr Projekt ein (t_{CO₂,äq.}/a und t_{CO₂,äq.}/m²_{NRFA})
9. *Wenn 7. mit ja beantwortet:* Bitte beschreiben Sie den Rechenweg oder anderen Ansatz für die Ermittlung der THG-Emissionseinsparung.
10. *Wenn 7. mit ja beantwortet:* Haben Sie dabei auch die graue Energie durch die Herstellung/Instandhaltung/Entsorgung der eingesetzten Materialien berücksichtigt?
11. *Wenn 7. mit ja beantwortet:* Haben Sie das direkte THG-Emissionseinsparpotenzial für Ihr Vorhaben über weitere Anwendungsfälle skaliert?
12. *Wenn 11. mit ja beantwortet:* Bitte beschreiben Sie den Rechenweg oder anderen Ansatz für die Ermittlung der skalierten THG-Emissionseinsparung.
13. Welchen Weg zur Ermittlung der Endenergie- und Treibhausgasemissions-Einsparpotenziale durch Ihr Projekt und ggf. skaliert über gleichartige Anwendungen können Sie sich vorstellen?

Einzelne Begrifflichkeiten wurden im Fragebogen erläutert (z. B. direkte Einsparung als direkt über das Vorhaben erzeugt, noch nicht über weitere Anwendungsfälle vervielfacht). Je nach Antworten zu den übergeordneten Fragen 1, 7 und 13 mussten die Projektnehmenden zwischen 3 und 13 Antworten zu den Energie- und Treibhausgas-Einsparpotenzialen eintragen. Insgesamt wurde der Fragebogen für 179 Projekte beantwortet. Die Projektnehmenden ordneten dabei selbst ihr Projekt entweder den Forschungsschwerpunkten „Gebäude“ oder „Quartier“ oder keinem von beiden zu. 95 Projekte wurden dem Forschungsschwerpunkt „Gebäude“ zugeordnet. Bezogen auf diese 95 Projekte ergab die Auswertung des Fragebogens folgendes:

1. Für 14 Projekte (15 %) wurde angegeben, dass Energieeinsparpotenziale (direkt aus der Umsetzung des Projekts) ermittelt wurden (bzw. noch werden).
2. a) Für 2 Projekte (2 %) wurde ein Endenergieeinsparpotenzial (direkt aus der Umsetzung des Projekts) angegeben in kWh/a.
b) Für 3 Projekte (3 %) wurde ein Endenergieeinsparpotenzial (direkt aus der Umsetzung des Projekts) angegeben in kWh/m²_{NRFA}.
3. Für 9 Projekte (9 %) wurden Informationen zur Ermittlung der Endenergieeinsparung (Referenzfall bzw. Methode) eingetragen. Die Informationen sind sehr divergent.
4. Für 2 Projekte (2 %) wurde angegeben, dass die Endenergieeinsparungen für weitere Anwendungsfälle skaliert wurden (bzw. noch werden).
5. Für 1 Projekt (1 %) wurde ein Wert für das skalierte Endenergieeinsparpotenzial angegeben.
6. Für 1 Projekt (1 %) wurde der Rechenweg zum skalierten Endenergieeinsparpotenzial angegeben.
7. Für 14 Projekte (15 %) wurde angegeben, dass Treibhausgas-Einsparpotenziale (direkt aus der Umsetzung des Projekts) ermittelt wurden (bzw. noch werden).
8. a) Für 2 Projekte (2 %) wurde ein Treibhausgas-Einsparpotenzial (direkt aus der Umsetzung des Projekts) angegeben in t_{CO2,äq.}/a.
b) Für 2 Projekte (2 %) wurde ein Endenergieeinsparpotenzial (direkt aus der Umsetzung des Projekts) angegeben in t_{CO2,äq.}/m²_{NRFA}.
9. Für 2 Projekte (2 %) wurde angegeben, dass bei den Treibhausgas-Einsparungen auch der Anteil aus den grauen Energien berücksichtigt wurde (bzw. noch wird).
10. Für 2 Projekte (2 %) wurde angegeben, dass die Treibhausgas-Einsparungen über weitere Anwendungsfälle skaliert wurden (bzw. noch werden).
11. Für kein Projekt (0 %) wurde ein skaliertes Treibhausgas-Einsparpotenzial eingetragen.
12. Für 1 Projekt (1 %) wurde ein Ansatz für die Ermittlung des skalierten Treibhausgas-Einsparpotenzials eingetragen.
13. Für 12 Projekte (13 %) wurde angegeben, dass die Projektnehmenden sich keinen Weg zur Ermittlung der Einsparpotenziale vorstellen können, für 57 Projekte (60 %) wurden mögliche Wege zur Ermittlung des Einsparpotenzials eingetragen. Die möglichen Wege zur Ermittlung des Einsparpotenzials sind sehr divergent.

Abbildung 1 stellt die Auswertung des Fragebogens grafisch dar.

Auswertung des Fragebogens der Wissenschaftlichen Begleitforschung im Herbst 2021

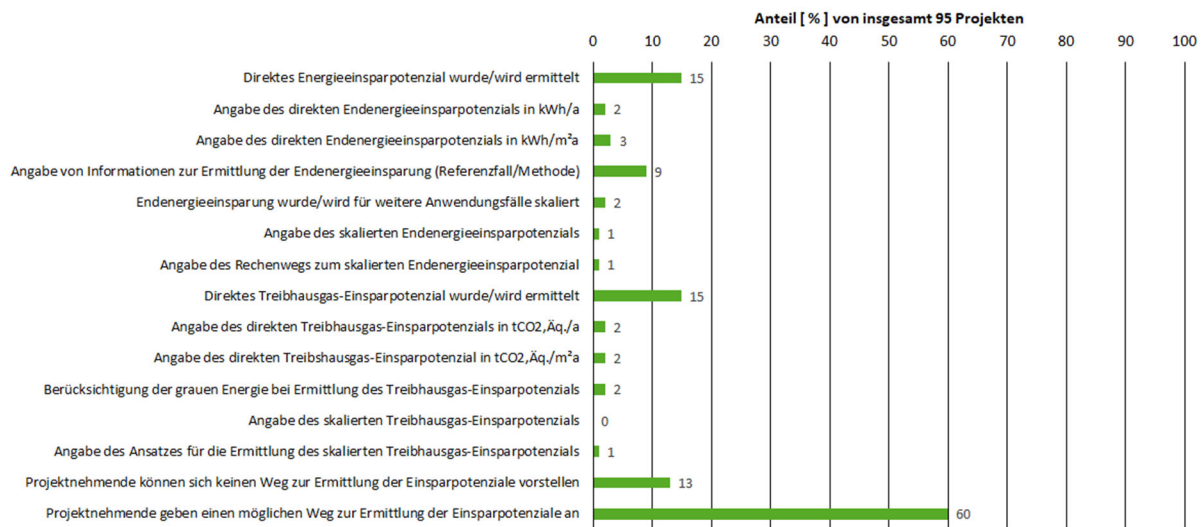


Abbildung 1: Auswertung des Fragebogens der Wissenschaftlichen Begleitforschung im Themenbereich der Einsparpotenziale der Forschungsprojekte.

Aufgrund der sehr geringen Zahl der eingetragenen Kennwerte in den Fragebogen war eine Mittelwertbildung bzw. eine Summenbildung der Einsparpotenziale statistisch nicht sinnvoll. Von den 14 Projekten, für die angegeben wurde, dass Einsparpotenziale ermittelt wurden (bzw. noch werden), waren 13 durch den Projektträger dem Modul „Gebäude“ der BF zugeordnet. Diese Vorhaben wurden angeschrieben und zu einem digitalen Interview eingeladen. Mit insgesamt neun Projekten bzw. Projektnehmenden konnte das Interview auf Basis eines Interviewleitfadens durchgeführt werden. Neben Eingangsfragen (wer hat den Fragebogen ausgefüllt, Beschreibung der Projektart und des Projektziels) wurden folgende Fragen gestellt:

1. In welcher Phase des Projekts haben Sie das Energieeinsparpotenzial ermittelt?
2. Wie haben Sie das Energieeinsparpotenzial ermittelt (Referenzfall, Methode, getroffene Annahmen)?
3. Warum haben Sie das Energieeinsparpotenzial nicht eingetragen? (wo zutreffend)
alternativ:
4. Was genau enthält der eingetragene Wert für das Energieeinsparpotenzial (z. B. Endenergie vs. Primärenergie)? (wo zutreffend)
5. Warum konnten Sie das Energieeinsparpotenzial nicht skalieren? (wo zutreffend)
alternativ:
6. Was haben Sie bei der Skalierung des Energieeinsparpotenzials berücksichtigt? (wo zutreffend)
7. Haben Sie auch die graue Energie (Herstellung, Instandhaltung, Entsorgung) berücksichtigt? (Das wurde im Fragebogen erst bei den Treibhausgasemissionen gefragt). Wenn ja, wie und mit welchem Aufwand? Wenn nein, warum nicht?
8. Wie haben Sie das Treibhausgas-Einsparpotenzial ermittelt? Welcher Aufwand war das? (wo zutreffend)
alternativ:
9. Warum haben Sie das Treibhausgas-Einsparungspotenzial nicht ermittelt? (wo zutreffend)

10. Haben Sie mittlerweile Einsparpotenziale (Endenergie/Treibhausgasemissionen) ermittelt oder planen Sie das? Gegebenenfalls, wie? (wo zutreffend)
11. Welche Art der Einsparermittlung würden Sie für Ihre Projektart empfehlen?
 - a) Endenergieeinsparung im Betrieb
 - b) Endenergieeinsparung in allen Lebensphasen
 - c) Endenergieeinsparung skaliert auf die höchstmögliche Anwendung
 - d) Endenergieeinsparung skaliert auf die wahrscheinliche Anwendung
 - e) Inklusive entsprechender Treibhausgas-Einsparungen
12. Haben Sie das Rahmenwerk zur Ermittlung des Treibhausgas-Minderungspotenzials der BF EnEff.Gebäude.2050 bei Ihren Berechnungen zugrunde gelegt?

Durch die Interviews mit den Projektnehmenden wurde deutlich, dass der Unterschied zwischen der Aussage, Einsparpotenziale wurden ermittelt (14 Projekte), und den danach fehlenden Einträgen für die Kennwerte der Einsparpotenziale (bei 11 bzw. 12 Projekten) daher stammt, dass in diesen Vorhaben die Einsparpotenziale erst noch im Laufe des Vorhabens ermittelt werden sollen. Aus diesem Grund wurde bei den Fragen aus den Fragebögen in diesem Bericht (siehe weiter oben) „(bzw. noch werden)“ ergänzt.

Von den neun interviewten Projekten (bzw. Projektnehmenden) gaben drei an, dass die Energieeinsparpotenziale in der Antragsphase ermittelt wurden, zwei, dass die Energieeinsparpotenziale in der Projektphase ermittelt wurden und sieben, dass sie noch während der Projektphase ermittelt werden sollen. Darunter waren auch Mehrfachnennungen (z. B. Antrag und Projektphase).

Die Arten der Ermittlung waren stark unterschiedlich, sowohl in Bezug auf den Referenzfall (alternative Systeme, Ist-Zustand, ursprüngliche Planung, höhere Systemtemperaturen), auf die Methode (Simulation, Messung und Hochrechnung, Berechnung in MS Excel, DIN V 18599, PHPP, One-Click LCA, Heizlast und Vollbenutzungsstunden, TRNSYS) als auch bei den getroffenen Annahmen/Vereinfachungen.

Eine Skalierung erfolgte über die Anzahl von gleichartigen Anwendungsfällen (meist Gebäudetypen) oder Fassadenflächen. Zumeist wurde eine Reduzierung für die Marktdurchdringung berücksichtigt. Wenn eine Skalierung als nicht möglich angesehen wurde, wurden als Hemmnisse eine zu breite Anwendungsmöglichkeit, fehlende Infos zum Einsatz der spezifischen Anlagentechnik, zu großer Aufwand, unklare Randbedingungen, nicht vorgesehen im Antrag, sehr unterschiedliche Gebäude in einer Gebäudegruppe und Unklarheiten über die Marktsituation angegeben.

Die graue Energie wurde nur in einem Projekt berücksichtigt, über eine Lebenszyklusberechnung mit einem Aufwand von geschätzten sechs Personenmonaten (eigenes Arbeitspaket). Als Gründe für eine Nichtberücksichtigung der grauen Energie wurden von sechs Projektnehmenden (sechs Projekten) der hohe Aufwand für die Ermittlung, die Nichtvorsehung dieser Arbeiten im Projektantrag, der zu geringe Einfluss der grauen Energie, Unklarheiten bei der Ermittlung und fehlende genaue Datensätze für die Lebenszyklusbewertung angegeben.

Das Treibhausgas-Einsparpotenzial wurde bzw. soll in drei Vorhaben mit ermittelt werden, in vier nicht. Dafür wurden als Gründe Unklarheiten über die verwendeten Energieträger und dadurch Schwierigkeiten bei der Skalierung und Unklarheiten bzgl. der Beheizung und Kühlung weiterer gleichartiger Gebäude genannt.

Bei der Frage nach der durch die Projektnehmenden empfohlenen Einsparermittlung ergab sich folgendes Bild jeweils in Bezug auf die neun interviewten Projektnehmenden (Mehrfachnennungen möglich):

- Endenergie im Betrieb: 9 Projekte
- Endenergie (eher Primärenergie) in allen Lebensphasen: 1
- Endenergie skaliert auf höchstmögliche Anwendung: 2
- Endenergie skaliert auf wahrscheinliche Anwendung: 3
- Inklusive Treibhausgas-Einsparung: 7 Projekte

Das Rahmenwerk zur Ermittlung des Treibhausgas-Minderungspotenzials der BF EnEff.Gebäude.2050 wurde für die Ermittlung der Einsparpotenziale in einem Projekt genutzt und war den anderen acht Projektnehmenden unbekannt.

6. Auswertung von Projektabschlussberichten

Als Alternative zur Abfrage von Einsparpotenzialen innerhalb der Fragebögen und der ergänzenden Informationseinholung durch Projektinterviews (siehe Kapitel 5) wurden Abschlussberichte von Vorhaben, die dem Gebäudemodul der Begleitforschung zugeordnet wurden, analysiert. Mitte 2022 bis Anfang 2023 wurde eine Stichprobe von insgesamt 27 Abschlussberichten ausgewertet:

- Im Block A der Arbeiten wurden generelle Informationen ausgewertet. Wurden Einsparpotenziale ermittelt bzw. im Abschlussbericht festgehalten? Wenn ja, wie erfolgte die Ermittlung? Welche Ermittlungsmethode wurde verwendet? Gegenüber welchem Referenzfall wurden die Einsparungen ermittelt?
- Im Block B wurden die identifizierten Einsparkennwerte je Anwendungsgebäude zusammengetragen. Dies betrifft die Endenergieeinsparung [$\text{kWh}/\text{m}^2\text{a}$ oder MWh/a], die Primärenergieeinsparung [$\text{kWh}/\text{m}^2\text{a}$ oder MWh/a] und die Treibhausgas-Einsparung [$\text{kg}_{\text{CO}_2,\text{äq.}}/\text{m}^2\text{a}$ oder $\text{t}_{\text{CO}_2,\text{äq.}}/\text{a}$].
- Im Block C wurde analysiert, ob die Abschlussberichte skalierte Einsparungen enthielten, also Endenergieeinsparungen [MWh/a], Primärenergieeinsparungen [MWh/a] und Treibhausgas-Einsparungen [$\text{t}_{\text{CO}_2,\text{äq.}}/\text{a}$].
- Block D untersuchte, ob in den Projekten auch die graue Energie bei den Einsparpotenzialen berücksichtigt wurde. Dabei wurde unterschieden in die Berücksichtigung für ein Gebäude und in die Berücksichtigung für die skalierten Einsparpotenziale.
- Zusätzlich erfolgte in Block E - auf Basis der Informationen aus den Abschlussberichten - eine Einschätzung der Begleitforschung, ob Einsparberechnungen für das jeweilige Projekt möglich wären bzgl. Endenergie in der Betriebsphase, Primärenergie in der Betriebsphase, Treibhausgasemissionen in der Betriebsphase, Primärenergie innerhalb einer Lebenszyklusanalyse und Treibhausgas-Einsparungen innerhalb einer Lebenszyklusanalyse.

Das Ergebnis der Auswertung der 27 Abschlussberichte ist im Folgenden in die fünf Blöcke A bis E aufgeteilt.

Block A: Generell

In insgesamt 11 der 27 ausgewerteten Abschlussberichten wurden Einsparpotenziale durch die Projekte angegeben. Die angegebene Art der Ermittlung ist stark unterschiedlich und umfasst Berechnungen (3 Projekte), Messungen vor und Berechnungen nach der Projektumsetzung (1 Projekt), Simulation (4 Projekte), Messung (2 Projekte) und Hardware in the Loop-Simulation im Prüfstand (1 Projekt). Als verwendete Rechenmethode wurde dreimal DIN V 18599 angegeben, als verwendete Simulationsmethoden Python, IDA ICE, TRNSYS sowie TRNSYS zusammen mit MATLAB/Simulink. Die angegebenen Referenzfälle sind in Abhängigkeit des Projekthinhalts divergent und werden unterschiedlich detailliert erläutert.

Block B: Einsparpotenzial je Anwendungsgebäude

Es konnten insgesamt 27 Kennwerte zu den sechs definierten Einsparpotenzialen je Anwendungsgebäude identifiziert werden. Teilweise wurden die Kennwerte durch die Begleitforschung verdichtet, so z. B. wenn Gesamteinsparungen in MWh/a angegeben wurden und zusätzlich eine Energiebezugsfläche, aber keine bezogene Einsparung und andersherum. Bei der Endenergieeinsparung konnten sieben auf eine Energiebezugsfläche bezogene Einsparungen identifiziert

werden, sie reichen von 3,6 kWh/m²a bis 177,2 kWh/m²a mit einem arithmetischen Mittel von 49,0 kWh/m²a. Neun Endenergieeinsparungen wurden als Summe über ein Gebäude angegeben (von -0,003 MWh/a¹ bis 6.112 MWh/a, Mittelwert 770,8 MWh/a, Summenwert 6.938 MWh/a). Bei der Primärenergieeinsparung konnten drei flächenbezogene Kennwerte identifiziert werden (von 9,9 kWh/m²a bis 174,2 kWh/m²a, Mittelwert 73,6 kWh/m²a) und vier Kennwerte für das Gesamtgebäude (von 29,2 MWh/a bis 463 MWh/a, Mittelwert 201,6 MWh/a, Summenwert 806 MWh/a). Es konnten eine flächenbezogene Treibhausgas-Einsparung von 41,6 kg_{CO₂,äq.}/m²a und drei Treibhausgas-Einsparungen für das Gesamtgebäude in den Abschlussberichten gefunden werden (von 9,2 t_{CO₂,äq.}/a bis 101,4 t_{CO₂,äq.}/a, Mittelwert 40,7 t_{CO₂,äq.}/a, Summenwert 122,0 t_{CO₂,äq.}/a). Insgesamt ist die Anzahl der gefundenen bzw. durch die Begleitforschung verdichteten Kennwerte aber zu gering, um über die Mittelwerte bzw. Summenwerte eine Hochrechnung auf weitere Projekte in der Forschungsinitiative durchzuführen. Zusätzlich erfolgte die Ermittlung der Einsparpotenziale auf sehr unterschiedlichen und teilweise zu wenig detailliert beschriebenen Wegen, was die Vergleichbarkeit sowie die Verlässlichkeit für die Hochrechnung auf weitere Vorhaben noch weiter eingrenzt.

Block C: Skalierung der Einsparpotenziale

Es konnten insgesamt fünf skalierte Einsparpotenziale in zwei Projektabschlussberichten identifiziert werden. Zwei der skalierten Werte beziehen sich auf das Endenergieeinsparpotenzial (von 110.000 MWh/a bis 11.153.000 MWh/a, Mittelwert 5.631.500 MWh/a), einer auf das Primärenergieeinsparpotenzial (198.000 MWh/a) und zwei auf das Treibhausgas-Einsparpotenzial (von 45.000 t_{CO₂,äq.}/a bis 1.900.000 t_{CO₂,äq.}/a, Mittelwert 972.500 t_{CO₂,äq.}/a, Summenwert 1.945.000 t_{CO₂,äq.}/a). Die Skalierung erfolgte dabei einmal über die Anzahl und einmal die Fläche der gleichartigen Gebäude. Beide Kennwerte können nur mit Einschränkungen verwendet werden, da einmal strenggenommen die CO₂-Einsparung und nicht die CO₂-äquivalenten Einsparungen ermittelt wurden und einmal nicht ein Gebäude (in diesem Fall ein Krankenhaus), sondern ein Operationsraum als Basiswert gewählt wurde. (Beide Anmerkungen gelten auch bereits für den Block B).

Block D: Berücksichtigung der grauen Energie

In zwei Abschlussberichten wurde die graue Energie bei den Einsparpotenzialen berücksichtigt, einmal als Bestandteil des angegeben Kennwerts und einmal als gesonderte zusätzliche Berechnung. Zusätzlich wurde für ein Vorhaben nur das Einsparpotenzial in den Lebenszyklusphasen außerhalb der Betriebsphase ermittelt, allerdings auch hier die CO₂-Einsparung (nicht die CO₂-äquivalente Einsparung).

Block E: Einschätzung durch die Begleitforschung

Basierend auf den Informationen zu den Projekthalten aus den Abschlussberichten erfolgte durch die Begleitforschung eine Einschätzung, ob für die 27 Vorhaben Einsparberechnungen möglich gewesen wären. Damit wurden zusätzlich zu den in den Berichten angegebenen Kennwerten weitere Vorhaben identifiziert, für die aus Sicht der Begleitforschung Einsparpotenziale ermittelbar sind. Für jeweils insgesamt 15 Vorhaben sind gemäß dieser Einschätzung Ermittlungen der Einsparpotenziale für die Betriebsphase im Bereich Endenergie, Primärenergie und Treibhausgasemissionen möglich.

¹ Projekthalt war ein multifunktionales Bauelement. Hier überstieg der Strombedarf des Getters die Einsparungen an der Wärmepumpe.

Für eine etwas geringere Anzahl von acht Projekten erscheinen auch die Ermittlungen von Einsparpotenzialen im Bereich Primärenergie und Treibhausgasemissionen über den Lebenszyklus der Gebäude möglich. Hierbei wurde allerdings berücksichtigt, dass bei vielen Projekten der Aufwand hierfür sehr groß und nicht im Rahmen des Projektantrags vorgesehen war. Würde man davon absehen, ergibt sich eine etwas höhere Anzahl von Projekten, für die Einsparermittlungen über den Lebenszyklus möglich sein sollten. Eine Skalierung der Endenergie-, Primärenergie- und Treibhausgas-Einsparung über weitere gleichartige Gebäude erscheint nach Einschätzung der Begleitforschung für 14 der 27 Vorhaben möglich.

Fazit: Die Analyse der Abschlussberichte durch die Begleitforschung ergab, dass derzeit in zu wenigen Abschlussberichten Einsparpotenziale der Forschungsvorhaben angegeben werden. Dies gilt sowohl für die Anzahl der identifizierten Kennwerte in allen drei Bereichen (Endenergie, Primärenergie und Treibhausgasemissionen) als auch im Vergleich zur Einschätzung der Begleitforschung, ob die Ermittlung der Einsparpotenziale durch die Projektnehmer möglich gewesen wäre. Hier muss allerdings berücksichtigt werden, dass es derzeit keine allgemeine Vorgabe zur Ermittlung der Einsparpotenziale in den Projekten gibt bzw. zu geben scheint. Andererseits bewertet auch die Begleitforschung bei vielen der stark unterschiedlichen Projekttypen und Projektzielen eine Ermittlung der Einsparpotenziale als schwierig oder zumindest aufwändig. Dies trifft noch mehr für die Erweiterung der Ermittlung in Bezug auf die Lebenszyklusanalyse und die Skalierung zu. In einigen der ausgewerteten Projekte war Energieeinsparung nicht das eigentliche Projektziel, sondern z. B. Flexibilisierung, Dauerhaftigkeit, Leitfäden für Einsparcontracting, Fehlervermeidung, Speicherfähigkeit, Entwicklung eines Messsystems, etc.

Ein weiteres Ergebnis der Analyse der Abschlussberichte ist, dass die Kennwerte für Einsparpotenziale in den Berichten meist aufwändig gefunden werden müssen, d. h. an unterschiedlichen Stellen im Bericht festgehalten wurden und die Randbedingungen wie Ermittlungsmethoden, Referenzfälle, Energiebezugsflächen etc. teilweise an anderen Stellen (Kapiteln) enthalten sind oder teilweise nicht oder nicht nachvollziehbar angegeben wurden. Aufgrund der unterschiedlichen Randbedingungen und Unklarheiten ist auch eine Querauswertung, z. B. für die Hochrechnung auf die Gebäudeprojekte der Forschungsinitiative, derzeit nicht möglich.

7. Erarbeitung von projektspezifischen Leitfäden zur Ermittlung von Einspareffekten an Energie und klimaschädlichen Emissionen und deren Skalierung

Aufgrund der begrenzten Erfolge bei der Abfrage von Einsparpotenzialen durch die Projekte mittels des Fragebogens (siehe Kapitel 5) und auch bei der Auswertung von Abschlussberichten (siehe Kapitel 6) suchte die Begleitforschung den Austausch mit dem Projektträger. In einem Modultreffen im Juli 2022 wurde beschlossen, dass aufgrund der nur spärlich verfügbaren und nur bedingt vergleichbaren Kennwerte eine Querauswertung und Verdichtung der Einsparpotenziale an Energie und Treibhausgasemissionen aus den Projekten derzeit nicht möglich ist. Stattdessen sollte nun vom Begleitforschungsmodul „Gebäude“ eine Methode für die Ermittlung der Einsparpotenziale zur allgemeinen und gleichartigen Anwendung durch die Projektantragenden und Projektnehmenden erarbeitet werden.

In der Diskussion wurden folgende Ziele für die Ermittlungsmethode für die Einsparpotenziale erörtert und festgelegt:

1. Ermittelt werden sollen die Einsparungen an Energie- und Treibhausgasemissionen in der Betriebsphase durch die Umsetzung des Projekts.
2. Die Klimabilanz der Baustoffe und der Anlagentechnik soll mitberücksichtigt werden.
3. Die Ergebnisse sollen über die Anzahl von vergleichbaren Gebäuden bzw. die Marktdurchdringung skaliert werden im Sinne der Quantifizierung des Verwertungsplans.
4. Die Methode soll möglichst einheitliche Randbedingungen für die Aufgabe der Projektnehmenden vorgeben und Verweise auf Hilfsmittel enthalten.
5. Die Ermittlung der Einsparpotenziale soll in der Projektskizze und innerhalb der Projektlaufzeit erfolgen und dokumentiert werden.
6. Die Ermittlung der Einsparpotenziale soll für möglichst viele Projekte durchgeführt werden, auch wenn das primäre Ziel der Projekte nicht immer die Energieeinsparung ist.
7. Eine Überskalierung des Einflusses der Projekte soll vermieden werden.

In einer späteren digitalen Besprechung mit dem Projektträger im Juni 2023 wurde folgendes zusätzlich abgestimmt:

8. Der Referenzfall (Vergleichsfall) für Gebäudekonzepte und Demonstrationsgebäude ist im Neubaufall die gültige gesetzliche Anforderung (derzeit definiert im Gebäudeenergiegesetz).
9. Der Referenzfall (Vergleichsfall) für Gebäude und Demonstrationsgebäude ist im Sanierungsfall nicht der Ist-Zustand vor dem Projekt, sondern die gültige gesetzliche Anforderung für umfängliche Sanierungen (derzeit 140 % des GEG-Referenzgebäudes, siehe Gebäudeenergiegesetz).
10. Bei der Ermittlung der Einsparpotenziale sollen auch die digitalen Aufwände für Datenübertragungen und z. B. Messfühler berücksichtigt werden.

Basierend auf diesen Vorüberlegungen und Absprachen entwickelte das Begleitforschungsmodul „Gebäude“ projektypabhängige Leitfäden, die insgesamt die gleiche Methode verfolgen, aber an manchen Stellen, z. B. bei Definition des Referenzfalls, auf den Projekttyp angepasst wurden. Für einzelne Projekttypen erscheint eine Ermittlung des Einsparpotenzials an Energie- und Treibhausgasemissionen (derzeit) als nicht sinnvoll, da der Einfluss zu wenig abschätzbar ist. Um den

Projekten mit anderen primären Zielen als die Energie- und Treibhausgas-Einsparung eine Möglichkeit zu geben, die Ergebnisse in Bezug auf ihr Primärziel darzustellen, wurde in der Methode Raum für einen zusätzlichen und freiwilligen Indikator gelassen. Die Bestandteile der Ermittlungsmethode werden in den nachfolgenden Unterkapiteln zusammengestellt, bevor die projekttypabhängigen Leitfäden in insgesamt sechs angepassten Varianten präsentiert werden. Danach folgt eine beispielhafte Durchführung der Ermittlung der Einsparpotenziale.

7.1 Schritte für die Ermittlung der Einsparpotenziale

Die erarbeitete Methode zur Ermittlung der Einsparpotenziale an Energie und klimaschädlichen Emissionen sieht gemäß Abbildung 2 folgende Schritte vor:

1.	Projekttyp	Zuordnung zu einem der 6 Projekttypen bzw. einem weiteren Projekttyp für den derzeit (noch) keine Ermittlung des Einsparpotenzials vorgesehen ist. Entsprechend Wahl des passenden Leitfadens
2.	Referenzfall	Definition des Referenzfalls. Dieser ist bei einigen Projekttypen abhängig von der Art des Anwendungsgebäudes (Neubau oder Sanierung).
3.	Ermittlung der Endenergie-, Primärenergie- und Treibhausgas-Einsparungen	Durchführung der vorgegebenen Ermittlungsmethode, meist eine Berechnung, in Einzelfällen Simulation oder Messung.
	a. Betriebsphase	Energiebedarf bzw. Treibhausgasemissionen für den Betrieb eines Gebäudes.
	b. Sonstige Lebenszyklusphasen	Durchführung einer Ökobilanz, ggf. vereinfacht.
	c. Digitale Lösungen	Meist eher Mehraufwand.
4.	Skalierung	Skalierung auf die Anwendung innerhalb Deutschlands.
	a. Theoretisch maximal	Verwendung von Gebäudestatistiken.
	b. Realistisch	Einschränkung des Marktpotenzials.
5.	Zusätzlicher Indikator (freiwillig)	Möglichkeit für die Angabe eines zusätzlichen freiwilligen Indikators ebenfalls im Vergleich zu einem Referenzfall.

Abbildung 2: Erforderliche Schritte für die Bestimmung des Einsparpotenzials an Energie und klimaschädlichen Emissionen durch die Projekte im Bereich Gebäude aus der Forschungsinitiative Energiewendebauen.

7.2 Projekttypen

Auf Basis des vom Begleitforschungsmodul „Gebäude“ erstellten Projektclusters mit einer Übersicht über alle dem Modul zugeordneten Vorhaben, den ausgewerteten Projektabschlussberichten (siehe Kapitel 6) und dem Austausch mit den Projekten inklusive den Projektinterviews aus Kapitel 5 wurden von der Begleitforschung folgende Projekttypen identifiziert:

- a) Projekte, die die **Anwendung eines Konzepts oder einer/mehrerer Technologien an einem oder ggf. mehreren Gebäuden in der Realität beinhalten:**
 - **Umsetzungsprojekte wie Demonstrationsgebäude**
 - **Konzept-/Planungsphasen als Vorbereitung zu einem Umsetzungsprojekt**
 - **Technologieentwicklungen mit Gebäudeanwendungen**
 - **Betriebsoptimierungen an Gebäuden**
 - **Konzeptentwicklungen inkl. Feldmessungen**
- b) Projekte, die die **Anwendung eines Konzepts oder einer/mehrerer Technologien an einem oder ggf. mehreren Gebäuden rechnerisch bewerten** können:
 - **Studien**
 - **Konzeptentwicklungen ohne Gebäudeumsetzung**
 - **Technologieentwicklungen ohne Gebäudeumsetzung**
- c) Projekte, die **nicht direkt mit einem Gebäude oder auch einem typischen Gebäude in Zusammenhang gebracht werden können:**
 - Methodenentwicklungen ohne Feldtest, inkl. Bewertungsmethoden
 - Softwareentwicklungen
 - Messsystementwicklungen
 - Datenerhebungen
 - Leitfäden
 - Materialgrundlagenforschung
 - **Herstellungsprozesse**

Für die grün markierten Projekttypen wurden Leitfäden für die Ermittlung von Einsparpotenzialen an Energie und Treibhausgasemissionen erstellt. Teilweise enthält ein Leitfaden mehr als einen Projekttyp, so z. B. bei den Technologieentwicklungen (mit und ohne Gebäudeanwendung). Für Projekte, die den Projekttypen Methodenentwicklungen, Softwareentwicklungen, Messsystementwicklungen, Datenerhebungen, Leitfäden und Materialgrundlagenforschung zuzuordnen sind und keinen Projektteil im Bereich der anderen Projekttypen beinhalten, gibt es derzeit keinen angepassten Leitfaden für die Ermittlung der Einsparpotenziale. Das Begleitforschungsmodul „Gebäude“ empfiehlt, sie aufgrund mangelnder Vergleichbarkeit und nachvollziehbarer Skalierung nicht mit in die Bewertung der Einsparpotenziale der Forschungsinitiative aufzunehmen.

7.3 Definition des Referenzfalls

Da die Forschungsnehmenden für ihre Vorhaben Einsparpotenziale ermitteln sollen, wird für jedes Vorhaben ein Referenzfall benötigt. Aufgrund der Diversität der Forschungsvorhaben kann in den Leitfäden kein allgemein anwendbarer Referenzfall vorgegeben werden. Die Forschungsnehmenden müssen selbst den konkreten Referenzfall auf Basis der Hinweise in den Leitfäden bestimmen und entsprechend den Vorgaben im jeweiligen Anhang „Auszufüllende Tabellen/Bilder/Textinformationen“ dokumentieren.

Bei Projekten, die über die Entwicklung und den Einsatz einer Einzeltechnologie hinausgehen, so z. B. Energiekonzepte für ein Gebäude oder Demonstrationsgebäude, wird das energetische Niveau des Referenzfalls in den Leitfäden in Abstimmung mit dem Projektträger vorgegeben. Dabei wird in Neubau und Sanierung unterschieden. Für Neubauten ist das Referenzniveau die jeweils gültige energetische Anforderung an ein neues Gebäude, die derzeit im Gebäudeenergiegesetz über den zulässigen Primärenergiebedarf der Betriebsphase vorgeschrieben wird. Bei Sanierungen ist das

Referenzniveau der Primärenergiebedarf für ganzheitliche Sanierungen aus dem Gebäudeenergiegesetz, der derzeit 140 % des Primärenergiebedarfs des dort definierten Referenzgebäudes entspricht. Damit muss von Projektnehmenden ein jeweilig baubares zulässiges Neubau- bzw. Sanierungsgebäude auf diesen Niveaus bestimmt werden, um die Endenergieeinsparung und die Treibhausgas-Einsparung in der Betriebsphase, aber auch die Einsparungen oder Mehraufwände in den anderen Lebenszyklusphasen (Ökobilanz) ermitteln zu können. Es besteht damit ein Einfluss der Projektnehmenden auf die Größe dieser Einsparungen, da diese von den eingesetzten, gegenüber den Projektkonzepten geänderten, Technologien abhängig sind. Es wird in den Leitfäden empfohlen, die Änderungen gegenüber dem Projektansatz möglichst gering zu halten, um den Aufwand für die Ermittlung der Einsparpotenziale gering zu halten. Damit ist gemeint, dass nur wenige Technologien (baulich und/oder anlagentechnisch) gegenüber dem Projektansatz geändert werden sollten, um das Referenzniveau abzubilden. Bei anderen Projekttypen wie z. B. Technologieentwicklungen und -demonstrationen soll für den Referenzfall die jeweilig vorherrschende Standardtechnologie eingesetzt werden.

7.4 Bewertungsmethoden

Betriebsphase

Um eine möglichst gute Vergleichbarkeit zwischen den von den Projektnehmenden ermittelten Einsparpotenzialen zu erhalten, wird in den meisten projekttypabhängigen Leitfäden für die Einsparungen in der Betriebsphase die Anwendung der Bewertungsmethode aus dem Gebäudeenergiegesetz [9], also der DIN V 18599 [10], vorgeschrieben. In Kombination mit den Vorgaben für die Referenzfälle ist damit eine Kenntnis des Gebäudeenergiegesetzes und Erfahrungen mit der Anwendung der DIN V 18599 und einer entsprechenden Software förderlich. Die DIN V 18599 ermöglicht eine Bewertung von vielen unterschiedlichen Technologien und basiert auf einem Monatsbilanzverfahren. Für Technologien und Konzepte, die damit nicht ausreichend abgebildet werden können, z. B. da sie auf Einsparungen an (Kosten und) Treibhausgasemissionen durch zeitliche Verschiebe abzielen, sollte die Bewertung mittels einer dynamischen Simulation mit einer wissenschaftlich anerkannten Software durchgeführt werden. Die Software sollte dann in der Dokumentation benannt und beschrieben werden. Die dynamischen Nutzerprofile sollten mit den statischen Nutzerprofilen der DIN V 18599 abgestimmt werden (bzw. diese in stündliche Nutzerprofile übersetzt werden), wenn es nicht stichhaltige Gründe für andere Nutzerprofile gibt. Diese Gründe dann bitte angeben und die Abweichung inhaltlich erläutern. Auch weitere vom GEG/der DIN V 18599 abweichende Randbedingungen sollten angegeben werden. Trotzdem müssen aber die Referenzfälle für Gesamtkonzepte entsprechend den GEG-Anforderungen (baubares GEG-Anforderungsgebäude bzw. baubares 140 %-Gebäude) abgebildet werden. Dies kann jedoch auch innerhalb der dynamischen Simulation erfolgen, ausgehend von der Abbildung der GEG-Referenztechnologien. Messungen sollten nur für sehr wenige Projekttypen zur Ermittlung der Einsparpotenziale genutzt werden. Ein Beispiel dafür sind Betriebsoptimierungsprojekte an Bestandsgebäuden, für die vor und nach der Projektumsetzung eine Messung über eine ausreichende Anzahl von Jahren vorliegt. Genauer, auch zur dann zugehörigen Witterungsbereinigung, ist dem entsprechenden Leitfaden zu entnehmen. Für Demonstrationsvorhaben im Sanierungsfall ist eine Einsparermittlung auf der Basis von Messwerten aufgrund des vorgegebenen Referenzfalls von 140 % Primärenergiebedarf bezogen auf das GEG-Referenzgebäude nicht möglich, da dieser Referenzfall nicht dem Ist-Zustand vor der Sanierung entspricht. Ein weiterer Grund gegen die Einsparermittlung

auf Basis von Messwerten ist das Nutzerverhalten, dass die Messwerte beeinflusst und nicht wie bei Berechnungen und Simulationen mit entsprechend angepassten Randbedingungen standardisiert (und damit vergleichbar) abgebildet werden kann.

Sonstige Lebenszyklusphasen

Die sonstigen Lebenszyklusphasen werden unter den Rahmenbedingungen der DIN EN 15643:2021 [11] und DIN EN 15978-1:2012 [12] bewertet. Dabei wird für Gesamtneubaukonzepte die Methode des Qualitätssiegels Nachhaltiges Gebäude (QNG) empfohlen, die auch die Basis für die seit 2023 angebotene Bundesförderung für effiziente Gebäude – Klimafreundlicher Neubau (KFN) bildet. Alternativ, und vor allem für Sanierungsprojekte und Einzeltechnologien, wird ein direkter Vergleich über Einzelkennwerte für die vom Referenzfall abweichenden Technologien in einem Tabellenkalkulationstool (z. B. MS Excel) empfohlen. Die Kennwerte für den (nicht erneuerbaren) primärenergetischen Aufwand und die Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalent-Emissionen) sollen dabei folgenden Datenquellen entnommen werden: Ökobilanzierung – Rechenwerte (QNG) [13], ÖKOBAUDAT gemäß EN 15804+A2, ÖKOBAUDAT gemäß EN 15804+A1 (beide siehe [14]) und Herstellerdaten. Für diesen Teil der Ermittlung sind entsprechende Grundkenntnisse in der Lebenszyklusbewertung von Gebäuden hilfreich.

Digitale Lösungen

Die Aufwände für digitale Lösungen als Bestandteil der Einsparermittlung sollen auf Basis der Arbeiten des EWB-Begleitforschungsmoduls „Digitalisierung“ ermittelt werden. Die Kolleginnen und Kollegen haben Kennwerte für unterschiedliche digitale Anwendungen, aufgeteilt in Datenverarbeitungsprozesse und Komponenten, zusammengestellt und auf der Energiewendebauen-Wissensplattform wissen-digital-ewb.de [15] veröffentlicht. Auch hier erfolgt der Vergleich mit dem Referenzfall. Wichtig ist, dass nur Aufwände berücksichtigt werden müssen, die bei weiteren entsprechenden Umsetzungen abermals auftreten. Der nur im Forschungsprojekt auftretende Aufwand für z. B. Datenmonitoring (2-jährige Messperiode zur Evaluierung des Konzepts in der Praxis) muss nicht als Mehraufwand bestimmt werden. Aufwände für Steuerungen und Regelungen, die auch bei einer weiteren Umsetzung in diesem Umfang oder entsprechend der Projektgröße angepasst auftreten werden, müssen berücksichtigt und eingetragen werden.

Sollten die angesprochenen Grundkenntnisse bezüglich GEG, DIN V 18599 und Lebenszyklusanalyse bei den Projektnehmenden (noch) nicht vorhanden sein, können diese Aufgaben gemäß Rückmeldung des Projektträgers fremdvergeben werden und sollten im Projektantrag ggf. so vorgesehen werden.

7.5 Skalierung

Die Skalierung für eine Anwendung auf weitere, gleichartige Gebäude soll die mögliche Auswirkung des jeweiligen Forschungsvorhabens deutschlandweit abschätzen. Die Multiplizierbarkeit eines Konzepts bzw. die Einsetzbarkeit einer entwickelten Technologie ist eine Grundlage für die Förderung durch das BMWK. Dabei wird in den Leitfäden in zwei Schritten vorgegangen. Im ersten Schritt wird über statistische Daten ermittelt, wie viele passende weitere Gebäude (z. B. gleicher Gebäudetyp) in Deutschland vorhanden sind. Dabei sollte jedoch bereits auch eine jährliche Umsetzungsrate, z. B. Neubaurate oder Sanierungsrate, berücksichtigt werden. Es wird eine Abschätzung über eine Zeitdauer von fünf Jahren gefordert. Im zweiten Schritt geht es darum, diese zunächst theoretische

maximale Skalierung in eine realistische Skalierung zu reduzieren. Dafür soll der Marktanteil des Konzepts oder der Technologie im Vergleich mit anderen, bereits verfügbaren Konzepten und Technologien eingeschätzt werden. Dieser ist abhängig von vielen Einflussfaktoren, wie Preise, Bekanntheitsgrad und Akzeptanz bei Bauherren und Nutzern, Technologieproduktionsraten, ggf. Förderungen, rechtlichen Rahmenbedingungen oder möglichen Hemmnissen. In den Leitfäden sind Quellen für statistische Daten enthalten. Die Abschätzung des Marktanteils kann am besten durch die Projektnehmenden durchgeführt werden. Bei einer Überschätzung kann es vom Projektträger oder ggf. der Begleitforschung entsprechende Rückmeldungen geben.

7.6 Zusätzlicher quantitativer Indikator

Da viele Projekte nicht eine Energie- oder Treibhausgas-Einsparung als Hauptziel haben, können die Projektnehmenden zusätzlich einen weiteren Indikator angeben, den ihr Vorhaben erreicht hat. Dies könnte z. B. eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit, eine Erhöhung des Komforts oder der Hygiene oder eine Störungsreduktion sein. Auch der zusätzliche Indikator sollte im Vergleich zu einem Referenzfall (als Verbesserung) abgebildet werden.

7.7 Vordefinierte Tabellen für die ermittelten Kennwerte und Daten der Grundlagen

Die ermittelten Einsparungen, ggf. Mehraufwände, und die Hintergründe zu den Ermittlungen wie z. B. das Gebäude, auf Basis dessen die Ermittlungen erfolgten, und der Referenzfall, etc. sollen von den Projektnehmenden in Tabellen eingetragen und als ein Kapitel des Abschlussberichts abgegeben werden. Jeder Leitfaden enthält deshalb am Ende passende, an die jeweilige Methode angepasste Tabellen. Da beim Test der Leitfäden teilweise leicht unterschiedliche Einzelschritte bzw. Zwischenschritte durchgeführt wurden, die jedoch trotzdem im Sinne der Methode korrekt waren, wurde von vorgefertigten MS Excel-Tabellen oder ähnlichen automatisch rechnenden Dateien abgesehen. Die Projektnehmenden können gerne die Tabellen in MS Excel übertragen und darin auch Zwischenschritte und Rechenfunktionen ergänzen. Die Ergebnisdokumentation sollte jedoch mit den zur Verfügung gestellten Tabellen erfolgen. Die wichtigsten Kennwerte (Tabellenfelder) sind darin farbig markiert. Es sollten aber alle Felder ausgefüllt werden. Wenn einzelne Felder nicht ausgefüllt werden können oder gar einzelne Schritte nicht durchgeführt werden können, sollten dafür Gründe angegeben werden.

Das Ziel der Leitfäden ist es, Einsparungen zu ermitteln. Deshalb werden die Einsparkennwerte in jedem Schritt getrennt ermittelt und danach über die zusätzlichen Schritte weitergenutzt und nicht durchgängig jeweils die Projektwerte (Istfall) und die Referenzwerte (Vergleichsfall) weiterverwendet. Das kann ggf. durch die Projektnehmenden in ihrer Ermittlung verdichtet werden. Diese zusätzlichen Kennwerte, ggf. die MS Excel-Tabelle und weitere Informationen, die als wichtig erachtet werden, können ggf. als Anhang mit abgegeben werden.

7.8 Übersicht über die Leitfäden und Vorgaben

In Tabelle 1 ist eine Übersicht über die teilweise unterschiedlichen Vorgaben für die Ermittlung der Einspareffekte an Energie und klimaschädlichen Emissionen zusammengestellt. Weitere Einzelheiten und Erläuterungen sind den Leitfäden im Anhang zu entnehmen.

Tabelle 1: Übersicht über die Vorgaben zur Ermittlung der Einspareffekte an Energie und klimaschädlichen Emissionen bei der Umsetzung der Forschungsvorhaben.

Projekttyp	Demonstrations- bäude bzw. Konzept- /Planungsphasen als Vorbereitung zu einem Umsetzungsprojekt	Studien und Konzept- entwicklung ohne Gebäudeumsetzung	Konzeptentwicklung inkl. Feldmessung	Technologieentwick- lung und -einsatz	Betriebsoptimierung	Herstellungsprozesse	Methodenentwicklung ohne Feldtest	Softwareentwicklung	Messsystem- entwicklung	Datenerhebung	Leitfäden	Materialgrundlagen- forschung
Gebäudeanwendung	Konkrete(s) Gebäude aus Projekt	Typisches Gebäude (real oder theoretisch)	Konkrete(s) Gebäude aus Projekt, ggf. „mittleres“ Gebäude	Mit Gebäude- anwendung: konkretes Gebäu- de aus Projekt Ohne Gebäude- anwendung: typisches Gebäude	An Gebäuden: konkrete(s) Gebäude aus Projekt Ohne Gebäude- umsetzung: ty- pisches Gebäude	Keine. Bewertung auf Basis des Herstellungs- prozesses.	Derzeit keine Ermittlung der Einspareffekte vorgesehen.					
Referenzfall	Neubau: aktuelle GEG-Anforderung Sanierung: 140 % des Referenzgebäudes aus GEG - Rein baulich: GEG Anlage 7			Ähnliche Technologie, vorwiegend eingesetzt für die Erfüllung der gleichen Aufgabe	Neubau: Stand der Technik Bestand: vorhan- dene Regelung im Ist-Zustand, ggf. typische Regelung	Bisher einge- setzte Produk- tionsmethode für das gleiche Material/ Bauteil/ Technologie						
Bewertungsmethode Betriebsphase	DIN V 18599, ggf. Simulation mit Randbedingungen aus GEG/ DIN V 18599				Neubau: Simula- tion Bestand: Mes- sung möglich	-						
Sonstige Lebenszyklusphasen	Vergleich der Technologien auf Basis von Ökobilanzdaten bzw. QNG-Verfahren			Vergleich der Technologien auf Basis von Ökobilanzdaten	-	Vergleich des Herstellungs- prozesses mit Ökobilanz- daten						
Aufwände für digitale Lösungen	Datenprozesse und Komponenten auf Basis wissen-digital-ewb					-						
Skalierung	Theoretisch maximal und realistisch											
Zusätzlicher quantita- tiver Indikator	Freiwillig möglich											

8. Leitfäden – Beispiel: Leitfaden für den Projekttyp Technologieentwicklung und -einsatz

Im Folgenden wird der Leitfaden für den Projekttyp Technologieentwicklung und -einsatz abgebildet. Er steht als Beispiel für die insgesamt sechs entwickelten Leitfäden zu den nachfolgenden Projekttypen:

- Demonstrationsgebäude bzw. Konzept-/Planungsphasen als Vorbereitung zu einem Umsetzungsprojekt
- Studien und Konzeptentwicklung ohne Gebäudeumsetzung
- Konzeptentwicklung inkl. Feldmessung
- Technologieentwicklung und -einsatz
- Betriebsoptimierung
- Herstellungsprozesse

Es wird empfohlen, den passenden Leitfaden den Projektnehmenden bereits für die Erarbeitung einer Vorhabenskizze und dann auch bei Projektbeginn zur Verfügung zu stellen. Die einzelnen Leitfäden werden deshalb dem Projektträger auch als Einzel-PDFs übergeben.

In den Leitfäden sind neben Links zu Referenzen und Hilfestellungen auch Hyperlinks in den Ergebnistabellen zu den jeweiligen Beschreibungen der Ermittlungsschritte enthalten. Diese funktionieren in der nachfolgend eingefügten Version des Leitfadens für den Projekttyp Technologieentwicklung und -einsatz leider nicht, jedoch in den sechs Leitfäden im Anhang zu diesem Bericht.

Wie bereits beschrieben, sind die Leitfäden in vielen Bereichen ähnlich, jedoch insbesondere bei den Vorgaben für den Referenzfall und den zulässigen Bewertungsmethoden (Berechnung/Simulation/Messung) unterschiedlich.

Leitfaden

Ermittlung von Einspareffekten an Energie und klimaschädlichen Emissionen bei der Umsetzung der Forschungsvorhaben und deren Skalierung

Projekttyp: Technologieentwicklung und -einsatz

Hintergrund

Die Projekte aus der Forschungsinitiative Energiewendebauen (EWB) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz leisten einen wichtigen Beitrag zur Energiewende und zur angestrebten Klimaneutralität im deutschen Gebäudesektor. Sie entwickeln, demonstrieren und validieren Technologien und Konzepte zur Effizienzsteigerung, zur Integration von erneuerbaren Energien und zur Versorgungssicherheit. Dabei wird ein schneller Transfer der erzielten Forschungsergebnisse in den Markt angestrebt.

Um den Beitrag der geförderten Projekte für die Erreichung der genannten Ziele zu bemessen, sollen die Vorhaben die erreichte Einsparung an Energie und Treibhausgasemissionen gegenüber einem adäquaten Referenzfall ermitteln und für eine Querauswertung zur Verfügung stellen. Dabei sollen vor allem die Einsparpotenziale im Bereich der Endenergie und Treibhausgasemissionen bewertet werden, wo möglich und sinnvoll auch die grauen Energien und Emissionen aus der Herstellung, Instandhaltung, Rückbau und Recycling (Ökobilanzierung) berücksichtigt werden und auch eine Skalierung auf der Basis der möglichen Anwendung der Technologien und Konzepte in weiteren Gebäuden innerhalb Deutschlands.

Viele Projekte aus dem Forschungsbereich besitzen jedoch neben dem Ziel der Energie- und Treibhausgas-Einsparung weitere Ziele, so z. B. die Erhöhung des Komforts oder der Hygiene, eine Störungsreduktion, eine Akzeptanzsteigerung, eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit, eine Optimierung der Planung, etc. Für diese Vorhaben soll abgesehen von den energetischen und Emissionseinsparungen ein zusätzlicher, vom Projekt identifizierter quantitativer Indikator zugelassen werden, der aufzeigt, wie groß die erreichte Verbesserung durch das Vorhaben ist. Auch hier soll der Indikator im Vergleich zu einer Referenz gebildet werden.

Da die Projektansätze im Gebäudebereich der Forschungsinitiative EWB sehr unterschiedlich sind und von Gebäudekonzepten über Monitoring, Technologieentwicklungen und Software-Development bis zu Herstellungsprozesse reichen, muss auch die Ermittlung der Einsparpotenziale an den jeweiligen Projekttyp angepasst werden. Trotzdem soll eine grundsätzlich gleichartige Herangehensweise durch projekttypabhängige Leitfäden gewährleistet werden.

Aufgabe der Projekte

Die Projekte sollen (soweit möglich und sinnvoll) eine Ermittlung der Einsparpotenziale an Endenergie und Treibhausgasemissionen durchführen. Bei davon abweichenden oder wichtigen zusätzlichen Projektzielen kann ein weiterer quantitativer Indikator durch das Projekt hinzugefügt werden. Dieser ersetzt im Normalfall jedoch nicht die beiden grundsätzlich geforderten Einsparpotenziale. Der Zeitpunkt der Ermittlung ist wie folgt definiert:

November 2024

1. **In der Skizzenphase:** Sofern nicht bereits in der Skizze enthalten, wird der Skizzeneinreicher vom PtJ aufgefordert, das Einsparpotenzial des geplanten Vorhabens abzuschätzen. Die dafür angestrebten Kennwerte (Endenergie, nicht erneuerbare Primärenergie und Treibhausgasemissionen) sowie die zu berücksichtigenden Phasen (Betriebsphase, ggf. auch Herstellung, Rückbau und Entsorgung) sowie die gewünschte Art der Skalierung sind aus dem projekttypabhängigen Leitfaden zu entnehmen. Die genaue Bewertungsmethode kann allerdings vom Skizzeneinreicher bestimmt werden und einfacher sein (fundierte Schätzung statt detaillierter Berechnung, ggf. nicht alle Lebenszyklusphasen eines Gebäudes).
2. **In der Projektphase:** Vor Ende des Projekts muss der Projektnehmer die Ermittlung des Einsparpotenzials an Endenergie, nicht erneuerbarer Primärenergie und Treibhausgasemissionen im Rahmen des Projekts vornehmen. Im Abschlussbericht des Vorhabens muss ein Kapitel enthalten sein, das die erforderlichen Kennwerte und weitere Informationen zum Ermittlungsweg (Referenzfall, Gebäude aufgrund dem die Kennwerte ermittelt werden, verwendete CO₂-Äquivalente, etc.) explizit zusammenstellt. Die Vorgaben dazu sind dem projekttypabhängigen Leitfaden zu entnehmen.

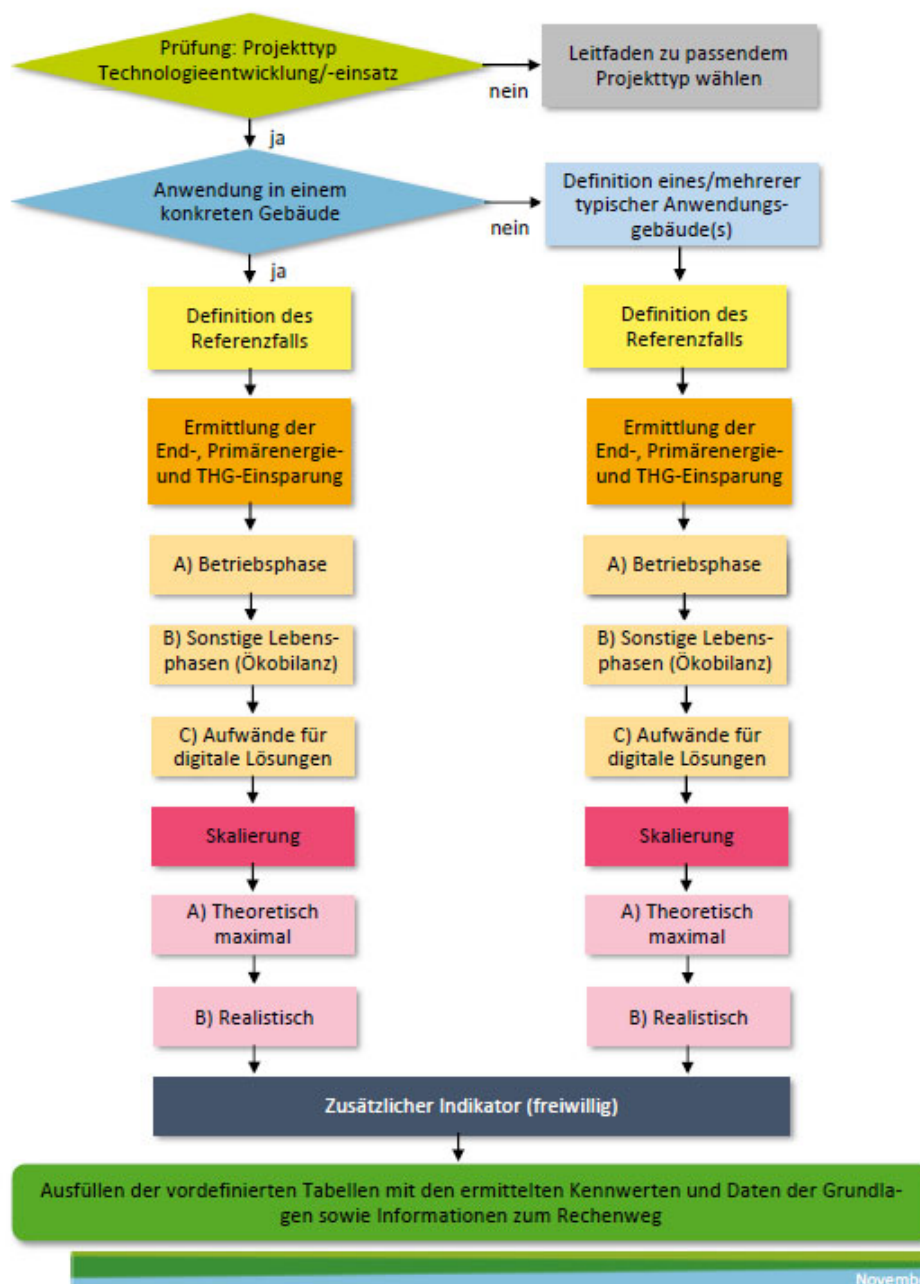
Damit ist eine „einfache“ Abschätzung in der Skizzenphase und eine genaue Ermittlung im Rahmen des Projekts vorgegeben. Es macht Sinn, die Abschätzung in der Skizzenphase soweit wie möglich an die geforderte genaue Ermittlung in der Projektphase anzupassen, denn die Kennwerte aus den beiden Phasen werden ggf. durch den PtJ miteinander verglichen. Der Antragsteller erhält auch spätestens bei der Vorbereitung des Antrags bereits die Definition seiner Aufgabe während der Projektphase und kann entsprechend den benötigten Aufwand oder ggf. ein betreffendes Arbeitspaket einplanen.

Können einzelne, eigentlich geforderte Schritte aus der Bewertung (z. B. Ökobilanz oder Skalierung) nicht durchgeführt werden, müssen sinnvolle Begründungen dazu erbracht werden oder dargestellt werden, dass hierdurch kein Mehrwert entstanden wäre.

Von den Projekten bzw. Projektnehmern werden dabei vor allem Kenntnisse im Bereich energetische Gebäudebewertung gemäß Gebäudeenergiegesetz (GEG)/DIN V 18599, Lebenszyklusbewertung in Anlehnung an BEG/QNG und eine Einschätzung des Marktpotenzials ihrer Technologien bzw. Gebäudekonzepte vorausgesetzt. Da die Ermittlung der Einsparpotenziale meist auf Basis von DIN V 18599-Berechnungen und oft im Vergleich zu den Anforderungen des GEG erfolgt, sollte auch eine entsprechende Software verfügbar und Kenntnisse zur Anwendung der Software vorliegen. Dies ist allerdings nicht der Fall bei Projekten für optimierte Herstellungsprozesse. Hier liegt der Fokus auf den Lebenszyklusphasen Herstellung und Abfallbehandlung/Entsorgung. Damit sind vor allem Kenntnisse im Bereich der ÖKOBAUDAT und BEG/QNG/DGNB hilfreich.

Abfolge der Ermittlung

Das folgende Flussdiagramm zeigt die durchzuführenden Schritte für die Ermittlung der Einsparpotenziale beim Projekttyp Technologieentwicklung bzw. Technologieeinsatz (Technologiedemonstration):



November 2024

Einzelne Schritte

1. Prüfung Projekttyp Technologieentwicklung oder Technologieeinsatz

Die geförderten Projekte im Bereich der Forschungsinitiative Energiewendebauen decken eine große Bandbreite an Projekttypen in Abhängigkeit ihrer Projekthinhalte und -ziele ab. Grundsätzlich ist zunächst zu trennen in:

- a) Projekte, die die **Anwendung eines Konzepts oder einer/mehrerer Technologien an einem oder ggf. mehreren Gebäuden in der Realität beinhalten**:
 - Umsetzungsprojekte wie Demonstrationsgebäude
 - Konzept-/Planungsphasen als Vorbereitung zu einem Umsetzungsprojekt
 - **Technologieentwicklungen mit Gebäudeanwendungen**
 - Betriebsoptimierungen an Gebäuden
 - Konzeptentwicklungen inkl. Feldmessungen.
- b) Projekte, die die **Anwendung eines Konzepts oder einer/mehrerer Technologien an einem oder ggf. mehreren Gebäuden rechnerisch bewerten** können:
 - Studien
 - Konzeptentwicklungen ohne Gebäudeumsetzung
 - **Technologieentwicklungen ohne Gebäudeumsetzung**
 - Betriebsoptimierungen ohne Gebäudeumsetzung
- c) Projekte, die **nicht direkt mit einem Gebäude oder auch einem typischen Gebäude in Zusammenhang gebracht werden können**:
 - Methodenentwicklungen ohne Feldtest, inkl. Bewertungsmethoden
 - Softwareentwicklungen
 - Messsystementwicklungen
 - Datenerhebungen
 - Leitfäden
 - Materialgrundlagenforschung
 - Herstellungsprozesse

Während die Projekte aus der Projektgruppe a) reale Einsparungen gegenüber dem Ausgangszustand oder zumindest dem Referenzfall erreichen, können für die Projekte aus der Projektgruppe b) zumindest theoretische Einsparungen anhand von passenden Beispielgebäuden ermittelt werden.

Die Projekte aus der Projektgruppe c) sind mit Ausnahme der Herstellungsprozesse nur sehr schwer bezüglich ihres Einsparpotenzials zu bewerten. Entwicklungen von Methoden, Software, Messsystemen und Leitfäden können zwar durch ihre Anwendung in weiteren, dann praktischen Projekten, Einsparungen unterstützen oder erleichtern. Wie groß der Einfluss aber wirklich ist, d. h. was wäre ohne die Nutzung der Methode in den praktischen Projekten passiert, lässt sich nicht fundiert abschätzen. Versuche, dies zu tun, führen meist zu einer großen Überschätzung des Einflusses. Trotzdem sind solche Vorhaben wichtig, um den Fortschritt im Bereich Energieeffizienz und Klimaneutralität im Gebäudebereich voranzutreiben. Die Forschung an Materialgrundlagen ist von einer konkreten anwendbaren Technologieanwendung noch so weit entfernt, dass auch dies nicht mit einer Energieeinsparung im Gebäudesektor bewertet werden kann.

Eine Ausnahme bieten die Projekte, die sich mit **Herstellungsprozessen** beschäftigen. Sind diese eine Alternative zu bisher genutzten Herstellungsprozessen einer Gebäudetechnologie, so sollten die Einsparungen an Energie und Treibhausgasemissionen im Ökobilanzbereich „Herstellungsphase“ ermittelt werden, ggf. unter Berücksichtigung der Phasen Abfallbehandlung und Entsorgung ermittelt werden.

Die Forschungsnehmer müssen ihr Vorhaben zunächst der passenden Projektgruppe zuordnen. Dabei sind folgende Fragen zu beantworten:

1. **Sind ein oder mehrere konkrete Gebäude Bestandteil des Projekts?** -> Das Projekt ist dann Projektgruppe a) zuzuordnen. Das Einsparpotenzial wird anhand des konkreten/der konkreten Gebäude ermittelt.
2. **Ist der Projektinhalt eine Studie, ein Konzept oder eine Technologie, die für eine Gebäudeanwendung durchgeführt oder entwickelt wird, ohne dass dafür ein konkretes Gebäude vorgesehen ist?** -> Dann ist das Projekt der Projektgruppe b) zuzuordnen. Wenn noch keine theoretische Anwendung an einem konkreten Gebäude im Projekt vorgesehen ist, muss für die Ermittlung der Einsparpotenziale ein typisches Gebäude (real oder theoretisch) ausgewählt werden, anhand dem die geforderte Bewertung durchgeführt wird. Das gilt auch für Projekte, in denen im Vorhaben selbst die Umsetzung nur am Versuchsstand durchgeführt wird.
3. **Handelt es sich um eine Entwicklung oder Optimierung eines Herstellungsprozesses?** -> Für das Projekt muss die Einsparung in der Phase „Herstellung“, ggf. auch bei Auswirkungen darauf für die Phasen Abfallbehandlung und Entsorgung, mittels einer Ökobilanzierung durchgeführt werden.
4. **Handelt es sich um ein Vorhaben, dass zum Bereich der anderen Projekttypen aus der Projektgruppe c) zugeordnet werden kann?** -> Dann ist eine Ermittlung des Einsparpotenzials nicht verpflichtend.

Deckt ein Vorhaben mehrere Projektgruppen ab, so ist es jeweils dem höhergeordneten Typ zuzuordnen (also z. B. a) bei einem Vorhaben, das a) und b) beinhaltet).

Dieser Leitfaden ist konkret für Technologieentwicklungsprojekte mit konkreter Anwendung in einem Gebäude aus der Projektgruppe a) und Technologieentwicklungsprojekte ohne konkrete Gebäudeanwendung aus der Projektgruppe b) gedacht. Für andere Projekttypen müssen die jeweils passenden Leitfäden angewendet werden, die aus gleichen, teilweise aber auch abweichenden Informationen bestehen.

2. Bestimmung des Anwendungsgebäudes

a) Technologieentwicklungsprojekte mit konkreter Anwendung in einem Gebäude

Bei Technologieentwicklungsprojekten mit konkreter Anwendung in einem Gebäude wird die **Bewertung des Einsparpotenzials auf der Grundlage des im Vorhaben genutzten Gebäudes** durchgeführt. Sind mehrere Gebäude beteiligt, sollte die Bewertung auch alle Gebäude umfassen. In begründeten Einzelfällen, z. B. bei sehr ähnlichen Gebäuden kann die Bewertung vereinfacht an einem „mittleren“ Gebäude durchgeführt werden. Das bzw. die Gebäude werden innerhalb der auszufüllenden Tabellen definiert, siehe Anhang „Auszufüllende Tabellen/Bilder/Textinformationen“.

b) Technologieentwicklungsprojekte ohne konkrete Gebäudeanwendung

Bei Technologieentwicklungsprojekten ohne konkrete Gebäudeanwendung wird die **Bewertung des Einsparpotenzials auf der Grundlage eines typischen Gebäudes** durchgeführt. Dieses kann entweder ein reales oder ein theoretisches Gebäude sein. Ein typisches Gebäude kann u.a. mithilfe einer Gebäudetypologie (siehe z. B. [IWU, 2023-1] und [IWU, 2023-2]) bestimmt werden. Alternativ kann basierend auf den Kenntnissen der Projektnehmer ein reales Gebäude bestimmt werden, auf Basis dessen der Einfluss der Technologie im Vergleich zur Referenztechnologie berechnet werden kann.

Auch wenn die Technologienwendung nur für einen bestimmten Teilbereich eines Gebäudes geeignet ist (z. B. eine Zone oder ein spezifischer Raum (bspw. einen OP-Saal in einem Krankenhaus), **muss ein gesamtes typisches Gebäude bei der Bewertung herangezogen werden**, damit die auf die Energiebezugsfläche bezogenen Kennwerte sinnvolle Werte ergeben.

3. Definition des Referenzfalls: Referenztechnologie

Da die Forschungsnehmenden für ihre Vorhaben Einsparpotenziale ermitteln sollen, wird für jedes Vorhaben ein Referenzfall benötigt. Aufgrund der Diversität der Forschungsvorhaben und insbesondere der Technologien an denen geforscht wird, kann in diesem Leitfaden kein allgemein anwendbarer Referenzfall vorgegeben werden. **Die Forschungsnehmenden müssen selbst die konkrete Referenztechnologie auf Basis der Hinweise in diesem Leitfaden bestimmen und entsprechend den Vorgaben im Anhang „Auszufüllende Tabellen/Bilder/Textinformationen“ dokumentieren.**

Die meisten Technologieentwicklungen sind Weiterentwicklungen, Verbesserungen oder Ersatz einer bereits bestehenden Technologie. **Die Referenztechnologie sollte deshalb eine entsprechende, also ähnliche, Technologie sein, die in Abhängigkeit der Anwendung auf Neubauten oder Bestandsbauten vorwiegend für die Erfüllung der gleichen Aufgabe eingesetzt wird.** Nur bei gänzlich neuen Entwicklungen (Erfindungen) kann der Referenzzustand ein Zustand ohne eine gleichartige Technologie sein. Meist muss aber auch hier eine alternative Methode zur Erfüllung der gleichen Aufgabe abgebildet werden. So sollte z. B. ein neuer Dämmstoff mit einem marktüblichen Dämmstoff verglichen werden, nicht mit einer ungedämmten Gebäudehüllflächenqualität. Ebenso sollte eine neue Lüftungsanlage oder ein Regelsystem mit einer derzeit eingesetzten Lüftungsanlage oder einem derzeit eingesetzten Regelsystem verglichen werden. Sollten mehrere Alternativen für eine gleichartige Technologie zur Auswahl stehen, so sollte der Vergleich möglichst mit der am meisten angewendeten Technologie durchgeführt werden.

Bei **Technologieanwendungen im Neubaubereich** sollte die Referenztechnologie dem **aktuellen Stand der Technik** entsprechen und bei mehreren verfügbaren Technologien die meisteingesetzte Technologie gewählt werden.

Bei **Technologieanwendungen in Bestandsgebäuden** sollte die entsprechende Referenztechnologie der **zugehörigen (evtl. mittleren) Bauzeit** entsprechen und damit dem damaligen Stand der Technik. Je nach Lebensdauer der Technologie könnte diese jedoch durch einen Austausch bereits meist modernisiert worden sein. Das sollte dann ebenfalls in der Referenztechnologie berücksichtigt werden.

Da die energetische Gebäudeeffizienz Auswirkungen auf die Einsparungen einer Einzeltechnologie hat, kann es Sinn machen, die **Einsparung einmal für einen Neubau** mit einer aktuellen Referenztechnologie (Stand der Technik) **und einmal für einen mittleren Bestandsbau** mit einer der zugehörigen Bauzeit entsprechenden Referenztechnologie (damaliger Stand der Technik, ggf. bereits durch einen Austausch modernisiert) durchzurechnen. Dies sollte auf jeden Fall geschehen, wenn bei der Skalierung (siehe Schritt 7) beide Fälle berücksichtigt werden sollen.

4. Betriebsphase

Der Endenergiebedarf und die entstehenden Treibhausgasemissionen in der Betriebsphase sind derzeit in den meisten Projekten im Fokus. Die Endenergie je eingesetztem Energieträger und darauf basierend die Treibhausgasemissionen (CO₂-äquivalente Emissionen) des Gebäudes mit Technologieanwendung und des Referenzfalls sollen möglichst **auf Basis der zum Zeitpunkt des Projektantrags (Ermittlung für den Projektantrag) gültigen gesetzlichen Gebäudeeffizienzbewertung** durchgeführt werden. Derzeit ist das das Gebäudeenergiegesetz (GEG) 2023 [GEG, 2023]. Dieses verweist auf die deutsche Norm DIN V 18599 [DIN V 18599, 2018] als Berechnungsmethode. Das dabei verwendete Monatsbilanzverfahren ist ausreichend für die meisten Anwendungsfälle.

Sollte das Forschungsvorhaben jedoch z. B. auf Einsparungen an (Kosten und) Treibhausgasemissionen durch **zeitliche Verschiebe** abzielen, sollte die Bewertung mittels einer **dynamischen Simulation** mit einer wissenschaftlich aner-

kannten Software durchgeführt werden. Generell kann freiwillig eine dynamische Simulation zur Ermittlung der Endenergieeinsparung und darauf basierend der Primärenergie- und Treibhausgas-Einsparung verwendet werden. Die Software sollte dann in der Dokumentation benannt und beschrieben werden. Die dynamischen Nutzerprofile sollten mit den statischen Nutzerprofilen der DIN V 18599 abgestimmt werden (bzw. diese in stündliche Nutzerprofile übersetzt werden), wenn es nicht stichhaltige Gründe für andere Nutzerprofile gibt. Diese Gründe dann bitte angeben und die Abweichung inhaltlich erläutern. Auch weitere vom GEG/der DIN V 18599 abweichende Randbedingungen sollten angegeben werden.

Als **Projektstandort** kann entweder Potsdam (wie im GEG-Nachweis) gewählt werden oder der reale Projektstandort. Letzteres kann z. B. zu Veränderungen bei den Transmissionswärmeverlusten, den solaren Gewinnen und den Energiegewinnen von solaren Systemen führen. Die Wahl steht dem Projektnehmer frei, der gewählte Standort sollte jedoch angegeben werden.

Für die Betriebsphase sollen die **Primärenergiefaktoren** und **CO₂-Äquivalente der Energieträger aus dem GEG** eingesetzt werden. Bei einer dynamischen Simulation mit dem Fokus auf zeitliche Verschiebe im Strombereich sollten entsprechend dynamische Primärenergiefaktoren und CO₂-Äquivalente für den deutschen Strommix angesetzt werden. Siehe dazu z. B. folgende Quellen in den Referenzen: [Agora Energiewende, 2023], [ENTSO-E Transparency Platform, 2023]. Eine Umrechnung von CO₂-Faktoren auf CO₂-äquivalente Faktoren kann vereinfachend mit einem mittleren statischen Faktor aus den letzten Jahren für den deutschen Strommix durchgeführt werden, der z. B. mithilfe von [Umweltbundesamt, 2023] bzw. aktualisierten Veröffentlichungen dieser Reihe ermittelt werden kann¹.

5. Sonstige bzw. alle Lebenszyklusphasen

Ähnlich wie die Bewertung der Betriebsphase soll die Bewertung der weiteren Lebensphasen eines Gebäudes auf Basis derzeit verfügbarer und mehrheitlich angewendeter Bewertungsmethoden erfolgen. Hierfür wird die **Methode des Qualitätssiegels Nachhaltiges Gebäude** (QNG, [QNG 203]) empfohlen, die auch die Basis für die seit 2023 angebotene Bundesförderung für effiziente Gebäude – **Klimafreundlicher Neubau** (KFN) bildet. Alternativ können jedoch auch andere Bewertungsmethoden herangezogen werden, solange sie die gleichen Rahmenbedingungen (Grundlage der Ökobilanz DIN EN 15643:2021 [DIN EN 15643, 2021] und DIN EN 15978-1 [DIN EN 15978-1, 2012], in die Bilanz eingehende Module und Lebenszyklusphasen) einhalten.

Die zu bewerteten Lebenszyklusphasen sind:

- **Herstellung:** Module A1 Rohstoffbeschaffung, A2 Transport, A3 Produktion
- **Betrieb und Nutzung:** Modul B4 Austausch. Das Modul B6 Energieverbrauch im Betrieb kann vereinfachend aus der GEG-Bewertung, siehe Einzelne Schritte, Kapitel 4. Betriebsphase, entnommen werden oder alternativ einmal gemäß GEG und zusätzlich gemäß QNG berechnet werden².
- **Rückbau, Abfallbehandlung und Entsorgung:** C3 Abfallbehandlung, C4 Entsorgung. Die Phase D1 Recyclingpotenzial wird wie im QNG nicht in die Summe über die Lebenszyklusphasen mitaufgenommen.

¹ Das GEG verwendet rückblickende Daten für den Strommix. Die dynamischen Daten sind aktuell. Der Unterschied ist klar, jedoch wird die Datenverfügbarkeit und bei nichtdynamischen Abbildungen die Datenvergleichbarkeit untereinander und mit der gesetzlich vorgeschriebenen Gebäudebewertung als wichtig erachtet.

² Bei der GEG-Bewertung und der QNG-Bewertung werden voneinander abweichende THG-Emissionsfaktoren und nicht erneuerbare Primärenergiefaktoren verwendet. Zusätzlich ist die Anrechnung des PV-Stroms unterschiedlich. Da für die meisten Vorhaben die Betriebsphase entscheidend ist, soll hier bis zu einem Abgleich der Bewertungsmethoden in der Betriebsphase die gesetzlich geforderte Systematik gemäß GEG verwendet werden. In der Bewertung über alle Lebenszyklusphasen müssen aufgrund der Datenverfügbarkeit zumindest die restlichen Phasen die Kennwerte aus den QNG-Rechenwerten bzw. der ÖKOBAU-DAT verwendet werden.

Die Kennwerte für den (nicht erneuerbaren) primärenergetischen Aufwand und die Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalent-Emissionen) in den obigen Lebenszyklusphasen sollen dabei folgenden Datenquellen entnommen werden, wobei auch auf die Reihenfolge geachtet werden sollte. D.h. zunächst sollte in der ersten Datenquelle gesucht werden, danach in der zweiten, etc.:

1. Ökobilanzierung – Rechenwerte 2023 [QNG, 2023]
2. ÖKOBAUDAT gemäß EN 15804+A2 [ÖKOBAUDAT, 2023], basierend auf der neuen Norm DIN EN 15804+A2
3. ÖKOBAUDAT gemäß EN 15804+A1 [ÖKOBAUDAT, 2023], basierend auf der Norm DIN EN 15804+A1
4. Herstellerdaten

Anmerkung: Die zu verwendenden Kennwerte können in den Datenquellen anders bezeichnet sein, so z. B.:

- nicht erneuerbarer primärenergetischer Aufwand: PENRT (Total nicht-erneuerbare Primärenergie)
- Treibhausgasemissionen: GWP (Globales Erwärmungspotenzial)

Der Vergleich der eingesetzten Technologiekombinationen (Ist (gemäß Forschungsvorhaben) vs. Referenz) soll für die Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, C3 und C4 in einer „Handrechnung“ (z. B. mit MS Excel) unter Nutzung der Ökobilanzdaten aus den obigen Datenquellen erfolgen. Dabei müssen eigentlich nur die voneinander abweichenden Technologien bewertet werden. Für die Betriebsphase B6 soll dabei auf die GEG-Bewertung (oder dynamische Simulation) aus Einzelne Schritte, Kapitel 4 zurückgegriffen werden, die gegenüber der QNG-Bilanzierung leicht andere nicht erneuerbare Primärenergiefaktoren und CO₂-Äquivalente für Energieträger nutzt.

Die dabei berechneten Einsparungen sollen in den Ergebnistabellen dokumentiert werden.

Weitere Informationen zur Durchführung einer Lebenszyklusbewertung, wie z. B. die Betrachtungsdauer von 50 Jahren, die danach auf ein Jahr heruntergerechnet wird (d. h. durch 50 a geteilt wird) und die zu wählenden Lebensdauern von unterschiedlichen Technologien für die Phase Austausch (Modul B4) können [QNG, 2003] entnommen werden, insbesondere den Anhängen mit den Bilanzierungsregeln. Bei der Phase Austausch (Modul B4) muss sowohl die Herstellung (A1-A3) als auch die Abfallbehandlung und die Entsorgung (C3, C4) betrachtet werden. Die Daten für den nicht-erneuerbaren primärenergetischen Aufwand müssen zusätzlich von der Einheit MJ in kWh umgerechnet werden (durch 3,6 kWh/MJ geteilt werden).

6. Aufwände für digitale Lösungen

Der materielle und energetische Aufwand und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen für die Nutzung digitaler Technologien soll ebenfalls ermittelt werden. Dieser setzt sich zum einen aus den **Aufwänden für die Herstellung der Komponenten** selbst zusammen, die für digitale Anwendung im Forschungsprojekt zusätzlich installiert wurden. Zum anderen müssen aber auch die **materiellen und energetischen Aufwände für die Datenerhebung und -verarbeitung** bilanziert werden. Von den Projektnehmern muss zusätzlich die „Referenzausführung“ bestimmt werden, also die Ausführung, mit der verglichen wird. Das kann bei Bestandsprojekten der Zustand vor dem Projekt sein und bei Neubauten eine standardmäßige Ausführung. Dadurch kann der Mehraufwand an Energie bzw. die erhöhten Emissionen für zusätzliche Komponenten und die Datenerhebung und -verarbeitung bestimmt werden, welcher dann entsprechend von den berechneten Einsparungen aus den anderen Bewertungsschritten abgezogen wird. Im Folgenden wird zuerst auf die Bilanzierung der Datenverarbeitungsprozesse eingegangen und anschließend werden die zusätzlichen Komponenten für die digitale Anwendung betrachtet.

Wichtig ist, dass **nur Aufwände berücksichtigt** werden müssen, die **bei weiteren entsprechenden Umsetzungen abermals auftreten**. Der nur im Forschungsprojekt auftretende Aufwand für z. B. Datenmonitoring (2-jährige Messperiode zur Evaluierung des Konzepts in der Praxis) muss nicht als Mehraufwand bestimmt werden. Aufwände für Steuerungen und Regelungen, die auch bei einer weiteren Umsetzung in diesem Umfang oder entsprechend der Projektgröße angepasst auftreten werden müssen berücksichtigt und eingetragen werden.

Teil 1: Datenverarbeitungsprozesse

Bei der Nutzung digitaler Technologien für den Einsatz in Gebäuden und Quartieren werden unterschiedliche Datenverarbeitungsprozesse durchlaufen. Hinter jedem Datenverarbeitungsprozessschritt steht eine programmierte Anweisung, die oftmals in Schleifen ausgeführt wird. Dadurch kommt es fortwährend zur Generierung von Daten, welche auch mit einem entsprechenden Energieverbrauch verbunden ist. Bei der Bilanzierung, der durch die digitale Anwendung verursachten Umweltlasten, muss also zu allererst das Datenaufkommen bzw. der Datenaufwand (z. B. in GB/Jahr) bekannt sein. Dabei kann es helfen, die einzelnen Prozessschritte getrennt voneinander zu betrachten, denn zur Bestimmung der Emissionen sind zudem die Datenübertragungswege (z. B. Drahtloskommunikation vs. kabelgebunden) und die Standorte der Datenaufbereitung und Speicherung von Relevanz (z. B. Cloud-Dienst vs. lokaler Messrechner). Das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung hat für einzelne Prozessschrittbereiche die damit verbundenen kumulierten Energieaufwände (KEA) und Treibhausgasemissionen auf der Wissensplattform zusammengestellt ([Aufwände für Datenverarbeitungsprozesse \(wissen-digital-ewb.de\)](https://www.wissen-digital-ewb.de)), [Wissenschaftliche Begleitforschung EWB, 2024]. Für die Bilanzierung der Treibhausgasemissionen durch die Daten werden die **Prozessschrittbereiche Datenerfassung, Datenkuration, Datenmanagement, Datenverarbeitung an möglicherweise unterschiedlichen Standorten und Datennutzung** betrachtet und die **verwendeten Datenübertragungswege** berücksichtigt.

Teil 2: Komponenten

Darüber hinaus ist die Durchführung der Datenverarbeitungsprozesse auch immer mit materiellem Einsatz für die Herstellung der Komponenten verbunden. Dabei sind **alle Komponenten zu erfassen, die einen zweckmäßigen Betrieb der digitalen Anwendung sicherstellen**. Je nachdem, welche dieser Komponenten **zusätzlich** für die digitale Anwendung verbaut werden mussten, müssen die entsprechenden Umweltlasten mit in die Bilanz einfließen. Dabei sollen alle Lebenszyklusphasen mit betrachtet werden. Wichtig ist auch die Erfassung der **Energieverbräuche für den Betrieb der Komponenten selbst, wie z. B. Batterien in Sensoren**.

Für die genaue Bilanzierung der jeweiligen Komponenten ist zudem die Kenntnis über die technische Ausführung notwendig. Am Beispiel eines Temperatursensors: je nach Einsatzgebiet werden beispielsweise Thermistoren, digitale Temperatursensoren oder Thermopiles eingesetzt, bei denen dementsprechend auch unterschiedliche Materialien verbaut sind und damit unterschiedliche Umweltlasten entstehen.

Für die häufig eingesetzten Komponenten hat das IÖW eine Übersicht über die Energieverbräuche und THG-Emissionen auf der Wissensplattform unter [Aufwände für verwendete Komponenten \(wissen-digital-ewb.de\)](https://www.wissen-digital-ewb.de), [Wissenschaftliche Begleitforschung EWB, 2024] zusammengetragen. Es finden sich dort Komponenten aus den Kategorien **Sensoren, Infrastruktur, Signalverarbeitung, IT-Komponenten, Aktuatoren und Komponenten der Datennutzung**. Ziel dieser Übersicht ist es, wichtige Komponenten, die in den Forschungsprojekten verwendet werden, aufzulisten. Durch die hohe Anzahl unterschiedlicher Technologien und damit verbundenen Komponenten kann aber kein Anspruch auf Vollständigkeit bestehen. Wenn das konkrete Bauteil in der Liste nicht aufgeführt ist, kann jedoch der Wert für ein generisches Bauteil verwendet werden, mit dem die Emissionen abgeschätzt werden können.

Zur vereinfachten Anwendung der Komponentenbilanzierung ist auf der Wissensplattform eine MS Excel-Datei zum Download verfügbar (https://wissen-digital-ewb.de/static/static/downloads/EWB_Digi_Komponenten.xlsx), [Wissenschaftliche Begleitforschung EWB, 2024]:

Hinweise									
Bitte geben Sie die Anzahl/Meter der jeweiligen genutzten Komponenten in die gelb markierten Zellen. Im ersten Teil wird automatisch das Treibhausgaspotential über den Lebenszyklus (basierend für alle Phasen Daten vorhanden - in Tabellenblatt "Daten" gelistet), der jährliche Energieverbrauch (Strom), sowie die kritische Lebensdauer des Systems, gemessen an der Komponente mit der geringsten Lebensdauer, angegeben. Möhre Informationen zu den Komponenten sind im Blatt "Daten" zu finden.									
Eingaben									
Sensortechnik	Anzahl	Aktuatorik	Anzahl	Signalverarbeitung	Anzahl	Infrastruktur	Anzahl / Meter	IT	Anzahl / Meter
CO2-Sensor		Ventilator klein		Kommunikationszentrale		Verkabelung		LAN Kabel	
Temperatursensor		Ventilator mittel		Anbindungskabel		Wasserleitung		Router	
Kabelloser Temperatursensor		Ventilator groß		Analog/Digitalwandler		Luftleitung		PC	
Feuchtesensor		Volumenstromregler		Leiterplatte		Stromzähler		Laptop	
Prägenormmeter		Umwälzpumpe		Datenlogger		Smart Meter		Monitor	
Lichtsensor		Elektr. Ventil-Stellantrieb klein		BUS-System: KNX BACnet Schnittstelle		BUS-System: KNX Spannungsversorgung			
Wasserszähler		Elektr. Ventil-Stellantrieb groß		BUS-System: KNX DALI Schnittstelle		BUS-System: KNX Zusatzspannungsversorgung			
Wärmeszähler		BUS-System: KNX Sonnenschutzaktor		BUS-System: KNX IP Router-Schnittstelle					
Durchflussmesser		BUS-System: KNX Schalt-Ölarmaktor		BUS-System: KNX IP Control Center					
		BUS-System: KNX Thermoantriebsaktor		BUS-System: KNX Web-Server					
				BUS-System: KNX Repeater					
				BUS-System: KNX Eingabegerät					
				BUS-System: KNX Ausgabegerät					
Ausgaben		Anmerkungen zur Berechnung							
Treibhausgaspotential Gesamt (in kg CO2-e)		Hier wird die Summe der THG-Emissionen (alle Lebenszyklusphasen) der Einzelkomponenten über deren angegebene Lebensdauer gebildet.							
Spezifisches Treibhausgaspotential Gesamt (in kg CO2-e/Jahr)		Hier wird die Summe der THG-Emissionen (alle Lebenszyklusphasen) der Einzelkomponenten für jeweils ein Jahr gebildet.							
Energieverbrauch (in kWh/Jahr)		Hier wird die Summe der Stromverbräuche (nur Nutzungsphase) der Einzelkomponenten für jeweils ein Jahr gebildet.							
Kritische Lebensdauer (in Jahren)		Hier wird die Komponentenlebensdauer der digitalen Anwendung angegeben, die am geringsten von allen verwendeten Komponenten ist.							

Leider war es nicht möglich, für die Komponenten den nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf über die Lebenszyklusphasen zusammenzutragen, Kennwerte liegen nur für den Endenergiebedarf für die Nutzungsphase und für die Treibhausgasemissionen über die Lebenszyklusphasen vor.

Wenn die betrachtete Technologieentwicklung **keine zusätzlichen Aufwendungen für digitale Lösungen** (Datenverarbeitungsprozesse bzw. entsprechend eingesetzte Komponente) im Vergleich zum Referenzfall enthält, kann auf diesen Schritt verzichtet werden. Bitte dann dies in den Ergebnistabellen dokumentieren und kurz begründen.

7. Skalierung

Mit der Skalierung sollen die Auswirkungen des Forschungsvorhabens nicht nur auf die direkte Anwendung in einem Vorhaben (bei Technologieentwicklungsprojekte mit konkreter Anwendung auf die beinhalteten Gebäude) ermittelt werden, sondern erweitert werden auf gleichartige Gebäude oder andere Gebäude, auf die die Technologie anwendbar ist. Die Multiplizierbarkeit der Technologieanwendung ist eine wichtige Grundlage für eine Förderung durch das BMWK.

Bei der Ermittlung der skalierten Einsparung eines Forschungsprojekts ist in **zwei Schritten** vorzugehen.

Schritt 1: Zunächst wird über die Anzahl oder (Nettoraum-)Fläche oder andere geeignete Kenngröße von gleichartigen Gebäuden eine **theoretisch maximale Skalierung** ermittelt, eigentlich der „Markt“ für die Anwendung der Technologie in Deutschland. Sollten auch stark abweichende Gebäudetypen bei der Übertragung einberechnet werden, müssen ggf. die ermittelten Einsparungen (aus Einzelne Schritte, Kapitel 4 bis 6) angepasst werden. Bei der theoretisch maximalen Skalierung berücksichtigt werden sollten bereits:

- Jährliche Umsetzungsraten (z. B. Neubau- oder Sanierungsraten)

- Wirkdauern: wie lange wird die Technologie eingesetzt, wann wird sie durch eine andere Technologie ersetzt (vom Markt verdrängt)? Beim vorgegebenen Betrachtungszeitraum von 5 Jahren ist das vermutlich für wenige Vorhaben eine Einschränkung.

Für die Berechnung der theoretisch maximalen Skalierung wird eine Zeitdauer von 5 Jahren nach Projektende angesetzt. **Die skalierten Einsparungen werden entsprechend über die 5 Jahre kumuliert.** Durch die 5 Jahre soll der Zeitrahmen überschaubar sein und auch die Änderungen bei Primärenergiefaktoren und CO₂-Äquivalente begrenzt werden. Es wird nicht erwartet, die Änderungen der Faktoren in der Skalierung zu berücksichtigen, um den Berechnungsaufwand zu begrenzen. Bei der Berechnung der Ökobilanz ist dies auf Grundlage der verfügbaren Daten auch nicht möglich. Sollte es Anwendungen geben, die auf weniger als 5 Jahre ausgerichtet sind, kommen in den letzten Jahren keine weiteren Einsparungen hinzu, es werden nur die Einsparungen der Umsetzungen in den Jahren zuvor fortgeschrieben.

Schritt 2: Danach muss die theoretisch maximale Skalierung durch die Anwendung von Reduktionsfaktoren auf eine **realistische Skalierung** verringert werden. Über die Reduktionsfaktoren muss der **Marktanteil abgeschätzt** werden. Damit erfolgt ein Vergleich mit alternativen, bereits vorhandenen Technologien unter Berücksichtigung von:

- den jeweiligen Preisen bzw. der Wirtschaftlichkeit
- dem Bekanntheitsgrad
- der Akzeptanz bei Bauherren und Nutzern
- den Technologieproduktionsraten (maximale Produktionskapazität beachten)
- der Förderungen und rechtlichen Rahmenbedingungen
- den möglichen Hemmnissen für die Umsetzung

Die skalierten Einsparungen in den Jahren 1 bis 5 und die kumulierten Einsparungen nach dem fünften Jahr sowie Informationen zum ermittelten Markt und Marktanteil sind zu dokumentieren. Siehe dazu Einzelne Schritte, Kapitel 9 und Auszufüllende Tabellen/Bilder/Textinformationen.

Bei der Ermittlung der gleichartigen Gebäude in Deutschland bzw. möglichen weiteren Anwendungen kann auf unterschiedliche Quellen zurückgegriffen werden. Neben der Nutzung der Daten des Statistischen Bundesamts ([Statistisches Bundesamt, 2023] und [Statistisches Bundesamt, 2024]) wird die Anwendung der TABULA-Datenbank [IWU, 2023-1] für Wohngebäude und der ENOB:dataNWG-Datenbank [IWU, 2023-2] für Nichtwohngebäude empfohlen. Dabei kann für die Nutzung der ENOB.dataNWG ein finanzieller Aufwand für die Recherche entstehen, der ggf. beim Projektantrag eingeplant werden kann³. Daten zu Modernisierungsraten von Bauteilen und der Gebäudetechnik können z. B. [Cischinsky, 2018] oder [BuVEG, 2024] entnommen werden. Zusätzlich kann auf Daten aus dem thematischen Umfeld der Förderprojekte zurückgegriffen werden.

8. Ermittlung eines zusätzlichen quantitativen Indikators

Viele Projekte aus dem Forschungsbereich besitzen neben dem Ziel der Energie- und Treibhausgas-Einsparung weitere Ziele, so z. B. die Erhöhung des Komforts oder der Hygiene, eine Störungsreduktion, eine Akzeptanzsteigerung, eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit, eine Optimierung der Planung, etc. Für diese Vorhaben soll abgesehen von

³ Gemäß Auskunft des IWU entstehen für eine beantragte Recherche über den IWU-Tabellenkonfigurator Kosten von 40 € plus einmalig 25 € Bearbeitungspauschale (Zeitpunkt der Abfrage: Juli 2023). Ggf. sind für unterschiedliche Gebäudetypen mehrere Recherchen notwendig.

den energetischen und Emissionseinsparungen ein zusätzlicher, vom Projekt identifizierter Indikator zugelassen werden, der aufzeigt, wie groß die erreichte Verbesserung durch das Vorhaben ist. Auch hier soll der Indikator im Vergleich zu einer Referenz gebildet werden.

Der Indikator soll dafür vom Forschungsnehmer definiert, die passende Referenz angegeben und die Verbesserung ermittelt werden. Dafür sollte, wenn möglich, eine Messung, sonst eine Berechnung oder Simulation herangezogen werden. Die zugehörigen Informationen sollen ebenso wie die Einsparungen aus den vorigen Kapiteln in die vordefinierten Tabellen in den Schlussbericht eingetragen werden.

9. Ausfüllen der vordefinierten Tabellen mit den ermittelten Kennwerten und Daten der Grundlagen

Nachdem die Einsparungen für das oder die Anwendungsgebäude oder typische(n) Gebäude ermittelt wurden und die realistische Skalierung durchgeführt wurde, sollen die Daten in vordefinierte Tabellen eingetragen werden. Zusätzlich sollen die Rahmenbedingungen der Ermittlungen verständlich dokumentiert werden. Dafür empfiehlt sich ein gesondertes Kapitel im Schlussbericht des Vorhabens, das ggf. „Ermittlung des Einsparpotenzials des EWB-Forschungsvorhabens“ genannt werden kann.

Referenzen / Verweise auf Hilfestellungen

- [Agora Energiewende, 2023] Agora Energiewende – Agorameter: Stündliche Daten zu u. a. Stromerzeugung und Stromverbrauch Deutschlands inkl. CO₂-Emissionsfaktor des deutschen Strommix. Verfügbar unter <https://www.agora-energiewende.de/service/agorameter>. Letzter Datenzugriff: 21.06.23
- [BuVEG, 2024] BuVEG – Die Gebäudehülle: Sanierungsquote im Sinkflug – Prognose für 2024: weiter schwach. Pressemeldung des Bundesverbands energieeffiziente Gebäudehülle e.V. (BuVEG). Verfügbar unter <https://buveg.de/pressemeldungen/sanierungsquote-im-sinkflug-prognose-2024-schwach/>. Letzter Datenzugriff: 27.05.24.
- [Cischinsky, 2018] Cischinsky, H; Diefenbach, N.: Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016. Datenerhebung zu den energetischen Merkmalen und Modernisierungsraten im deutschen und hessischen Wohngebäudebestand. Bericht des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU). Darmstadt, 2018. Verfügbar unter https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/gebaeudebestand/2018_IWU_CischinskyEtDiefenbach_Datenerhebung-Wohngeb%C3%A4udebestand-2016.pdf. Letzter Datenzugriff: 27.05.24.
- [DIN EN 15643, 2021] Beuth publishing DIN: DIN EN 15643:2021 – Nachhaltigkeit von Bauwerken – Allgemeine Rahmenbedingungen zur Bewertung von Gebäuden und Ingenieurbauwerken; Deutsche Fassung EN 15643:2021. Verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-15643/335506755>. Letzter Datenzugriff: 12.10.2023.
- [DIN EN 15978, 2012] Beuth publishing DIN: DIN EN 15978:2012 – Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode; Deutsche Fassung EN 15978:2011. Verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-15978/164252701>. Letzter Datenzugriff: 12.10.2023. *Anmerkung: derzeit ist eine Entwurffassung der DIN EN 17978-1 verfügbar, die, sobald sie die gültige Version ist, auch als Grundlage für diesen Leitfaden genutzt werden sollte.*
- [DIN V 18599, 2018] Beuth publishing DIN: DIN V 18599:2018 – Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung. Verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/erweiterte-suche/272754!search?alx.searchType=complex&alx.search.autoSuggest=false&searchA-reald=1&query=DIN+V+18599&facets%5B276612%5D=&hitsPerPage=10>. Letzter Datenzugriff: 21.06.23
- [ENTSO-E Transparency Platform, 2023] ENTSO-E Transparency Platform: Zentrale Sammel- und Publikationsstelle für die Stromerzeugung, den Stromtransport und den Stromverbrauch im Pan-europäischen Markt. Verfügbar unter <https://transparency.entsoe.eu/dashboard/show>. Letzter Datenzugriff: 21.06.23
- [GEG, 2023] Deutscher Bundestag: Gesetz zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor. Darin Artikel 18a – Änderung des Gebäudeenergiegesetzes. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2022, Teil I, Nr. 28. Bonn, 28. Juli 2022. Verfügbar unter http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&jumpTo=bgbl122s1237.pdf oder als nichtamtliche Lesefassung unter <https://www.gesetze-im-internet.de/geg/GEG.pdf>. Letzter Datenzugriff: 21.06.23

[IWU, 2023-1]	IWU: TABULA – Entwicklung von Gebäudetypologien zur energetischen Bewertung des Wohngebäudebestands in 13 europäischen Ländern. Deutsche Gebäudetypologie-Broschüre, Datentabellen im MS Excel-Format, TABULA WebTool. Verfügbar unter https://www.iwu.de/forschung/gebaeudebestand/tabula/ . Letzter Datenzugriff: 03.07.23
[IWU, 2023-2]	IWU, Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Bergische Universität Wuppertal: ENOB:DataNWG – Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude. Schlussbericht, Teilberichte, Forschungsdatenbank und Nichtwohngebäude-Typologie. Verfügbar unter: https://www.datanwg.de/home/aktuelles/ . Das IWU ermöglicht Dritten die Durchführung von eigenen wissenschaftlichen Auswertungen mit der Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude. Dabei gibt es drei Optionen des Datenbankzugriffs, die unterschiedlich weitreichende Möglichkeiten bieten. Letzter Datenzugriff: 03.07.23
[ÖKOBAUDAT, 2023]	Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen: Ökobaudat – Informationsportal Nachhaltiges Bauen. ÖKOBAUDAT-Datensätze. Verfügbar unter https://www.oekobaudat.de/no_cache/datenbank/suche/daten/ . Letzter Datenzugriff 21.06.23.
[QNG, 2023]	Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen: QNG-Siegeldokumente. Insbesondere LCA-Bilanzregeln Wohngebäude und Nichtwohngebäude sowie Ökobilanzierung-Rechenwerte. Verfügbar unter https://www.qng.info/service/ . Letzter Datenzugriff: 21.06.23.
[Statistisches Bundesamt, 2023]	Statistisches Bundesamt: DESTATIS. Webseite des Statistischen Bundesamts. Verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Home/inhalt.html . Letzter Datenzugriff: 03.07.23
[Statistisches Bundesamt, 2024]	Statistisches Bundesamt: DESTATIS: GENESIS-ONLINE: Die Datenbank des Statistischen Bundesamtes. Inhalte unter anderem Daten zu Baufertigstellungen. Verfügbar unter: https://www-genesis.destatis.de/genesis/online . Letzter Datenzugriff: 27.05.24.
[Umweltbundesamt, 2023]	Itcha, P.; Lauf, T.: Entwicklung der spezifischen Treibhausgas-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 – 2022. Climate Change 20/2023. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. Mai 2023. Verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2023_05_23_climate_change_20-2023_strommix_bf.pdf . Letzter Datenzugriff: 21.06.23
[Wissenschaftliche Begleitforschung EWB, 2024]	Wissenschaftliche Begleitforschung Energiewendebauen, Modul 4: Wissensplattform Digitalisierung Energiewendebauen: Negative Umweltwirkungen. Verfügbar unter Negative Umweltwirkungen (wissen-digital-ewb.de) . Letzter Datenzugriff: 12.09.24.

Auszufüllende Tabellen/Bilder/Textinformationen

Folgende Kennwerte und Informationen sollten im Schlussberichtskapitel „Ermittlung des Einsparpotenzials des EWB-Forschungsvorhabens“ dokumentiert sein:

(Können einzelne, eigentlich geforderte Schritte aus der Bewertung (z. B. Ökobilanz oder Skalierung) nicht durchgeführt werden, müssen sinnvolle Begründungen dazu erbracht werden oder dargestellt werden, dass hierdurch kein Mehrwert entstanden wäre.)

A) Allgemeine Informationen	
Projektname:	[Offizieller Projektname, siehe Bewilligung]
Förderkennzeichen:	
Projekttyp:	[Technologieentwicklungsprojekte mit konkreter Anwendung in einem Gebäude] [oder Technologieentwicklungsprojekte ohne konkrete Gebäudeanwendung] [oder anderer Projekttyp, siehe dann passenden Leitfaden]
Anzahl beinhaltetete Gebäude:	[Zahl] -> bei mehr als einem Gebäude müssen entsprechend andere Zeilen vervielfacht werden und bei Kennwerten eine Summe bzw. ein Mittelwert gebildet werden.
Gebäudetyp:	[z. B. Bürogebäude]
Neubau oder Bestandssanierung:	
Bezugsfläche für alle Kennwerte: Thermisch konditionierte Net- torausfläche NRF [m ²]:	
Als zusätzliche Information bei Wohngebäuden: A _N [m ²] ge- mäß GEG:	
Beschreibung des Gebäudes:	[Informationen zur Nutzung, ggf. Baujahr, Bauweise, Anzahl Stockwerke, Zonierung, Nutzerprofile, ...]
Grundriss:	[Plan eines beispielhaften Grundrisses]
Ansicht:	[Plan oder Foto einer Ansicht. Bitte auf keinen Fall Bilder aus Google Map der BING o.ä. verwenden. Diese Bilder sind geschützt.]
Entwickelte Technologie:	[Was genau wird entwickelt: Beschreibung der Technologie]
Referenzfall: Beschreibung:	[Beschreibung der Referenztechnologie, warum wurde diese Referenztechnologie gewählt]

B) Ermittlung der Einsparungen		
1. Betriebsphase:		
Art der Ermittlung:	[GEG – DIN V 18599 / dynamische Simulation]	
Gewählter Standort bei Berechnungen:	[Potsdam oder Angabe Projektstandort]	
Quelle der Primärenergiefaktoren:	[GEG, ggf. Quelle/Beschreibung der Berechnung der dynamischen Faktoren]	
Kennwerte der genutzten Primärenergiefaktoren:	[Angabe der PEFs je eingesetztem Energieträger]	
Quelle der CO ₂ -Äquivalente:	[GEG, ggf. Quelle/Beschreibung der Berechnung der dynamischen Faktoren]	
Kennwerte der genutzten CO ₂ -Äquivalente:	[Angabe der CO ₂ -Äquivalente je eingesetztem Energieträger]	
Ergebnisse:		
	Istfall mit entwickelter Technologie	Referenzfall (mit Referenztechnologie)
Endenergiebedarf [MWh/a]: -> Je Energieträger und als Summe		
Endenergiebedarf bezogen auf NRF [kWh/m ² a]: -> Je Energieträger und als Summe		
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf [MWh/a]:		
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf bezogen auf NRF [kWh/m ² a]:		
Treibhausgasemissionen [t _{CO2,3q} /a]:		
Treibhausgasemissionen [kg _{CO2,3q} /m ² a]:		
Endenergieeinsparung [MWh/a]: -> Je Energieträger und als Summe	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen, bitte aufteilen in die eingesetzten Energieträger]	
Endenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m ² a]: -> Je Energieträger und als Summe	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen, bitte aufteilen in die eingesetzten Energieträger]	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m ² a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,3q} /a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung [kg _{CO2,3q} /m ² a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	

2. Alle Lebenszyklusphasen:		
Gewählter Bilanzierungsweg:	[-> „Handrechnung“ auf Basis Ökobilanzdatensätze für die Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, C3 und C4. Phase B6 (Energieverbrauch im Betrieb) wird aus GEG-Bewertung genommen]	
Verwendete Datenquellen:	[Ökobilanzierung – Rechenwerte 2023 / ÖKOBAUDAT gemäß EN 15804+A2 / ÖKOBAUDAT gemäß EN 15804+A1 / Herstellerdaten] -> Wenn unterschiedliche Datenquellen herangezogen werden, bitte angeben, welche für welche Materialien/Technologien genutzt wurden	
Beschreibung des Istfalls:	Bewertete Technologien	
Beschreibung des Referenzfalls:	Bewertete Technologien	
Ergebnisse:		
Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, C3 und C4:		
	Istfall nach Projektumsetzung	Referenzfall
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf [MWh/a]:		
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf bezogen auf NRF [kWh/m²a]:		
Treibhausgasemissionen [$t_{CO_2,eq}/a$]:		
Treibhausgasemissionen [$kg_{CO_2,eq}/m^2a$]:		
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung [$t_{CO_2,eq}/a$]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung [$kg_{CO_2,eq}/m^2a$]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, C3, C4 zzgl. B6 aus 1. Betriebsphase:		
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung [$t_{CO_2,eq}/a$]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung [$kg_{CO_2,eq}/m^2a$]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	

3. Aufwände für digitale Lösungen (nur bei Anwendung von Datenverarbeitungsprozessen, wie z.B. Cloud-Dienste, Displays zu Visualisierung, Messfühlern für Steuerungen, etc.)	
Beschreibung der inkludierten Aufwände im Istfall:	[Art und Anzahl genutzter elektronischer Geräte wie z. B. Displays, Sensoren und Datenaufkommen/Datenaufwand pro Jahr sowie beinhaltet Prozessschritte]
Beschreibung des Referenzfalls:	[Art und Anzahl genutzter elektronischer Geräte wie z. B. Displays, Sensoren und Datenaufkommen/Datenaufwand pro Jahr sowie beinhaltet Prozessschritte]
Gewählte Datengrundlagen:	[z. B. PEF/GWP für Stromverbrauch aus anderen Ländern, Datenmengen, Lebenszyklusdaten für Hardware, etc.]
Ergebnisse: Betriebsphase: Stromverbrauch durch Datenverarbeitungsprozesse	
Mehraufwand an Endenergie Strom [MWh/a]: -> Ggf. aufgeteilt in Stromverbrauch je Land und als Summe	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Mehraufwand an Endenergie Strom bezogen auf NRF [kWh/m²a]: -> Ggf. aufgeteilt in Stromverbrauch je Land und als Summe	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Mehraufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie durch Stromverbrauch [MWh/a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Mehraufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie durch Stromverbrauch bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Mehraufwand an Treibhausgasemissionen durch Stromverbrauch [$t_{CO_2,eq}/a$]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Mehraufwand an Treibhausgasemissionen durch Stromverbrauch bezogen auf NRF [$kg_{CO_2,eq}/m^2a$]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Ergebnisse: Lebenszyklusbewertung des Mehraufwands der Komponenten inkl. deren Energieverbräuche	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen] -> Derzeit aus der angebotenen Quelle nicht verfügbar
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen] -> Derzeit aus der angebotenen Quelle nicht verfügbar
Treibhausgasemissions-Einsparung [$t_{CO_2,eq}/a$]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Treibhausgasemissions-Einsparung bezogen auf NRF [$kg_{CO_2,eq}/m^2a$]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Ergebnisse: Summe Lebenszyklus (Betriebsphase Stromverbrauch + Komponenten)	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	

Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	
Treibhausgasemissions-Einsparung [$t_{CO_2, \text{Bq}}/a$]:	
Treibhausgasemissions-Einsparung bezogen auf NRF [$kg_{CO_2, \text{Bq}}/m^2a$]:	

Zusammenfassung der bisherigen Ergebnisse als Startpunkt für 4. Skalierung	
Betriebsphase: Gebäude und digitale Lösungen -> Werte siehe B) 1. und 3.	
Endenergieeinsparung aus Betriebsphase [MWh/a]: -> Nur als Summe	[Summe Endenergieeinsparung [MWh/a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an Endenergie Strom [MWh/a] aus 3.]
Endenergieeinsparung aus Betriebsphase bezogen auf NRF [kWh/m²a]: -> Nur als Summe	[Summe Endenergieeinsparung [kWh/m²a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an Endenergie Strom [kWh/m²a] aus 3.]
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung aus Betriebsphase [MWh/a]:	[Summe nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie durch Stromverbrauch [MWh/a] aus 3.]
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung aus Betriebsphase bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Summe nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [kWh/m²a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie durch Stromverbrauch [kWh/m²a] aus 3.]
Treibhausgasemissions-Einsparung aus Betriebsphase [$t_{CO_2, \text{Bq}}/a$]:	[Summe Treibhausgasemissions-Einsparung [$t_{CO_2, \text{Bq}}/a$] aus 1. plus Summe Mehraufwand an Treibhausgasemissionen durch Stromverbrauch [$t_{CO_2, \text{Bq}}/a$] aus 3.]
Treibhausgasemissions-Einsparung aus Betriebsphase bezogen auf NRF [$kg_{CO_2, \text{Bq}}/m^2a$]:	[Summe Treibhausgasemissions-Einsparung [$kg_{CO_2, \text{Bq}}/m^2a$] aus 1. plus Summe Mehraufwand an Treibhausgasemissionen durch Stromverbrauch [$kg_{CO_2, \text{Bq}}/m^2a$] aus 3.]
Alle Lebenszyklusphasen: Gebäude und digitale Lösungen -> Werte siehe B) 2. und 3.	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	[Summe nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a] aus 2. plus Summe Lebenszyklus digitale Lösungen [MWh/a] aus 3.]
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Summe nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [kWh/m²a] aus 2. plus Summe Lebenszyklus digitale Lösungen [kWh/m²a] aus 3.]
Treibhausgasemissions-Einsparung [$t_{CO_2, \text{Bq}}/a$]:	[Summe Treibhausgasemissions-Einsparung [$t_{CO_2, \text{Bq}}/a$] aus 2. plus Lebenszyklus digitale Lösungen [$t_{CO_2, \text{Bq}}/a$] aus 3.]
Treibhausgasemissions-Einsparung bezogen auf NRF [$kg_{CO_2, \text{Bq}}/m^2a$]:	[Summe Treibhausgasemissions-Einsparung [$kg_{CO_2, \text{Bq}}/m^2a$] aus 2. plus Lebenszyklus digitale Lösungen [$kg_{CO_2, \text{Bq}}/m^2a$] aus 3.]

4. Skalierung				
Schritt 1: <u>Theoretisch maximale Skalierung</u> (Markt in Deutschland für die Anwendung des Konzepts/der Technologien)				
Betroffener Gebäudetyp:	[z. B. unsanierte Mehrfamilienhäuser, Krankenhäuser mit einer bestimmten RLT-Anlage, etc.]			
Anzahl der betroffenen Gebäude in Deutschland:	[Zahl]			
oder Nettoraumfläche der betroffenen Gebäude in Deutschland:	[Zahl + Einheit]			
Weitere berücksichtigte Daten:	[Angabe der Quellen für die Anzahl/Fläche und möglicherweise berücksichtigten Reduktionsfaktoren]			
Anzahl oder Größe der Netto- raumfläche der theoretisch maximalen Umsetzung inner- halb 5 Jahre nach dem Projekt:	[z. B. jährliche Umsetzungsraten, Wirkdauern eines Konzepts bzw. Technologie bitte benennen und jeweils Zahlen und Quellen bzw. „eigene Einschätzung“ angeben]			
Schritt 2: <u>Realistische Skalierung</u> [Abschätzung des Marktanteils]				
Beschreibung der verwendeten Reduktionsfaktoren:	[z. B. durch Wirtschaftlichkeit des Konzepts/der Technologie, Bekanntheitsgrad, Akzeptanz bei Bauherren/Nutzern, Technologieproduktionsraten, Förderungen und rechtliche Rahmenbedingungen, Hemmnisse -> bitte nennen Sie den Einflussfaktor, beschreiben Sie die Zusammenhänge und geben Sie den zugehörigen Reduktionsfaktor und die Quelle bzw. „eigene Einschätzung“ an. Der Reduktionsfaktor kann sich ggf. über die 5 Jahre unterscheiden]			
Anzahl oder Größe der Netto- raumfläche der geschätzten Umsetzungen je Jahr:	Jahr 1	[Zahl/Zahl + Einheit]		
	Jahr 2	[Zahl/Zahl + Einheit]		
	Jahr 3	[Zahl/Zahl + Einheit]		
	Jahr 4	[Zahl/Zahl + Einheit]		
	Jahr 5	[Zahl/Zahl + Einheit]		
Ergebnisse:				
Skalierte Einsparungen je Jahr in der Betriebsphase: [Basis sind die Einsparungen aus 1. Betriebsphase]		Endenergieein- sparung [MWh/a]	Nicht erneuer- bare Primärener- gieeinsparungen [MWh/a]	Treibhaus- gasemissions- Einsparungen [t _{CO2,eq} /a]
	Jahr 1			
	Jahr 2			
	Jahr 3			
	Jahr 4			
	Jahr 5			
Kumulierte Einsparungen: [5 * Jahr 1 + 4 * Jahr 2 + ...]	Kumulierte Sum- me über 5 Jahre			
Skalierte Einsparungen je Jahr in allen Lebenszyklusphasen: [Basis sind die Einsparungen aus 2. Alle Lebenszykluspha- sen]		-	Nicht erneuer- bare Primärener- gieeinsparungen [MWh/a]	Treibhaus- gasemissions- Einsparungen [t _{CO2,eq} /a]
	Jahr 1			
	Jahr 2			

Kumulierte Einsparungen: [5 * Jahr 1 + 4 * Jahr 2 + ...]	Jahr 3			
	Jahr 4			
	Jahr 5			
	Kumulierte Summe über 5 Jahre			

5. Zusätzlicher quantitativer Indikator (-> freiwillig, wo passend)		
Gewählter zusätzlicher Indikator:	[Definition und Erläuterung, ggf. Angabe der Einheit, Status/Entwicklungen vor dem Projekt]	
Referenzfall:	[Beschreibung und Begründung, warum dieser Referenzfall gewählt wurde]	
Ergebnis:		
	Istfall nach Projektumsetzung	Referenzfall
Indikator:	[Zahl und ggf. Einheit]	[Zahl und ggf. Einheit]
Verbesserung (Referenz – Istfall nach Projektumsetzung):	[Zahl und ggf. Einheit]	
	[Prozentzahl, (Referenz – Istfall)/Referenz]	

9. Test der Einsparermittlung an Energie und klimaschädlichen Emissionen

Die Leitfäden wurden an insgesamt drei Vorhaben der Energiewendebauen-Forschungsinitiative getestet. Dabei gab es Rückmeldungen für eine bessere Handhabbarkeit der Leitfäden wie z. B. Hyperlinks zwischen den Ergebnistabellenabschnitten und der textlichen Beschreibung, weitere Erläuterungen der verwendeten Begriffe und Hinweise auf die abweichenden Bezeichnungen in den Berechnungsmethoden in der Betriebsphase und den anderen Lebenszyklusphasen (z. B. nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf vs. PENRT). Diese Rückmeldungen wurden in den Leitfäden aufgenommen und entsprechend umgesetzt.

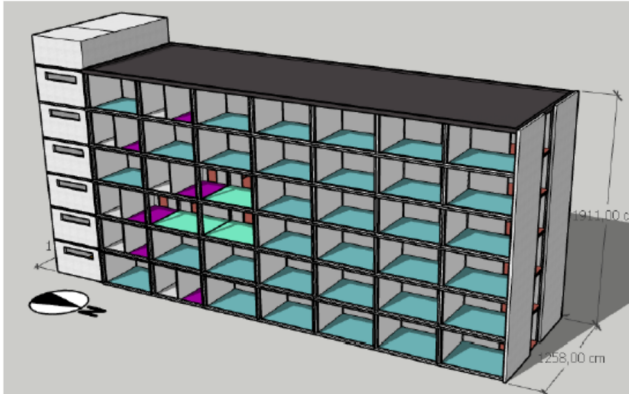
Weitere Rückmeldungen bezogen sich auf die Anforderungen an die Projektnehmenden, genauer gesagt an die Grundkenntnisse, die im Bereich des Gebäudeenergiegesetzes und der DIN V 18599, aber auch im Bereich der Ökobilanzierung vorhanden sein sollten oder durch eine Einarbeitungszeit ersetzt werden müssen. Hier wies der Projektträger darauf hin, dass dies bei Projekten im Gebäudebereich eigentlich vorhanden sein sollte oder aber von den Projekten auch fremdvergeben werden kann. Letzteres sollte dann eventuell beim Projektantrag vorgesehen werden. Als Zeitaufwand ergaben sich in den Testfällen zwei bis drei Arbeitstage bei der vereinfachten Ermittlung auf Skizzenniveau bzw. ca. vier Arbeitswochen für das Niveau des Abschlussberichts.

Bei den Testfällen wurde zusätzlich rückgemeldet, dass nicht für alle benötigten Technologien Ökobilanzdaten verfügbar sind. Ein Beispiel war zum Zeitpunkt der Berechnung die Lithium-Ionen-Batterie. Die Kennwerte mussten durch ähnliche Technologien ersetzt werden. Grundsätzlich kann das auch der Fall sein bei der Bewertung der Betriebsphase mit der DIN V 18599, schließlich wird in den Projekten der Forschungsinitiative Energiewendebauen an neuen Technologien geforscht (eine Norm basiert dagegen in der Regel auf abgesicherten mehrjährigen Praxiserfahrungen). Hier ist dann als Alternative eine Simulation mit den angepassten Rahmenbedingungen des GEG / der DIN V 18599 vorgesehen.

Die Testanwender sahen eine Gefahr, dass die Skalierung auf eine deutschlandweite Anwendung zu subjektiven Ergebnissen führen kann. Diese Einschätzung wurde auch von den Entwicklern der Leitfäden geteilt. Allerdings zeigten die Testanwendungen auch deutlich, wie unterschiedlich die Projektinhalte und auch die Wege für die Skalierung sein können, so dass eine allgemeine Vorgabe, z. B. ein fester vorgegebener Prozentsatz zwischen maximal theoretischer Skalierung und realistischer Skalierung, nicht möglich erscheint.

Im Folgenden wird das Ergebnis der Anwendung des Leitfadens für den Projekttyp „Technologieentwicklung und -einsatz“ am Forschungsvorhaben EE-Modul (FKZ 03ET1530A-C) gezeigt.

A) Allgemeine Informationen	
Projektname:	EE-Modul Entwicklung einer Modulfassade als lokale Energiehülle
Förderkennzeichen:	03ET1530A-C
Projekttyp:	Technologieentwicklungsprojekte ohne konkrete Gebäudeanwendung
Anzahl beinhaltete Gebäude:	Keines, bzw. 1 typisches Gebäude
Gebäudetyp:	Typologisiertes Bürogebäude

Neubau oder Bestandssanierung:	Bestandssanierung
Bezugsfläche für alle Kennwerte: Thermisch konditionierte Nettoraumfläche NRF [m ²]:	2.656 m ²
Als zusätzliche Information bei Wohngebäuden: A _N [m ²] gemäß GEG:	-
Beschreibung des Gebäudes:	Der Entwurf des typischen Bestandsgebäudes soll bezüglich der Bauweise, der anlagentechnischen Einrichtungen und des sich ergebenden Endenergiebedarfs einem mittleren Gebäude aus den 1950er bis 1980er Jahren entsprechen. Gewählt wird ein sechsgeschossiger Zweibund in Stahlbeton-Skelettbauweise mit den typischen Zonen Gruppenbüro (2 Personen), Sanitärebereiche, Besprechungsräume, Lager- und Archivräume sowie Teeküchen und eine zentrale Erschließung über ein Treppenhaus (mit Aufzug). Die Büroräume werden hierbei durch einen Mittelgang angebunden. Der Baukörper ist dabei Ost-West ausgerichtet. Die Büroräume repräsentieren den mittleren Arbeitsplatzbedarf in Höhe von rund 12 m²/Person und werden in Form eines Gruppenbüros auf 24 m² festgelegt. Mit einer typischen Raumtiefe von Kombibüros der 1960er Jahre von rund 4,50 m ergibt sich für die Fassadenbreite ein Wert von 5,33 m, welches einem Rastermaß von 1,33 m entspräche. Gewählt wird ein typisches Rastermaß in Höhe von 1,35 m, die Raumtiefe wird dementsprechend auf 4,44 m angepasst. Die lichte Raumhöhe unterhalb einer abgehängten Decke beträgt typische 2,75 m, die Geschosshöhe wird auf 3,16 m festgelegt und bildet hier den Mittelwert von Bürogebäuden der 1950er und 1960er Jahre (für die Kategorien Gruppen- und Zellenbüro).
Grundriss: Ansicht:	 3D-Darstellung des Referenzgebäudes. Quelle: Abschlussbericht EE-Modul.
Entwickelte Technologie:	Entwicklung eines gedämmten Fassadenmoduls für Nichtwohngebäude (Büro/Verwaltung) zur vollständigen Bedarfsdeckung Heizen/Kühlen/Belüften eines dahinterliegenden Raumes. Zusätzliche

	Integration eines PV-Moduls zur teilweisen Deckung des Energiebedarfs für das Modul. Für die Anwendung an einem typologisierten Gebäude wird für den Sanierungsfall nur der Austausch der Fassade in Ansatz gebracht. Weitere Bauteile (Dach, unterer Abschluss und weitere opake Flächen, sowie Fensterflächen in Verkehrs- und Sanitärbereichen) werden für eine konsistente Vergleichbarkeit nicht ertüchtigt (obwohl dies in der Realität sicherlich geschehen würde).
Referenzfall: Beschreibung:	Der Vergleich einer Sanierung von Bürogebäuden mit EE-Modul soll für ein typisches Bürogebäude der 1960er bis 1980er Jahre durchgeführt werden. Für diese Gebäude (in Skelettbauweise) wird das höchste Einsparpotenzial gesehen. Das Typgebäude ist anlagentechnisch mit der am häufigsten anzutreffenden Beheizungsart (Gas), sowie einer Lüftungsanlage und einer Kompressionskältemaschine ausgestattet. Obwohl mechanische Lüftung und Kühlung nicht standardmäßig im Bestand anzutreffen sind, ist für die Vergleichbarkeit mit EE-Modul die Ausstattung mit diesen Technologien notwendig.

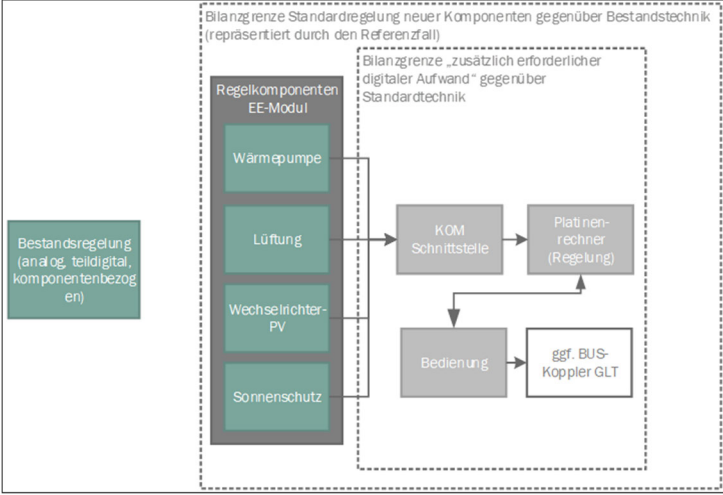
B) Ermittlung der Einsparungen		
1. Betriebsphase:		
Art der Ermittlung:	GEG – DIN V 18599:2018 (2024)	
Gewählter Standort bei Berechnungen:	Referenzklima Deutschland (Potsdam)	
Quelle der Primärenergiefaktoren:	GEG 2020	
Kennwerte der genutzten Primärenergiefaktoren:	Strommix = 1,8 Erdgas = 1,1	
Quelle der CO ₂ -Äquivalente:	GEG 2020	
Kennwerte der genutzten CO ₂ -Äquivalente:	Strommix = 560 g/kWh Erdgas = 240 g/kWh	
Ergebnisse:		
	Istfall mit entwickelter Technologie	Referenzfall (mit Referenztechnologie)
Endenergiebedarf [MWh/a]: -> Je Energieträger und als Summe	Erdgas: 89,92 Strommix: 126,25 Summe: 216,17	Erdgas: 536,90 Strommix: 82,40 Summe: 619,30
Endenergiebedarf bezogen auf NRF [kWh/m ² a]: -> Je Energieträger und als Summe	Erdgas: 33,86 Strommix: 47,53 Summe: 81,39	Erdgas: 202,14 Strommix: 31,02 Summe: 233,16
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf [MWh/a]:	316,36	680,30
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf bezogen auf NRF [kWh/m ² a]:	119,11	256,14
Treibhausgasemissionen [t _{CO₂,äq.} /a]:	92,28	175,00
Treibhausgasemissionen [kg _{CO₂,äq.} /m ² a]:	34,74	65,88

Endenergieeinsparung [MWh/a]: -> Je Energieträger und als Summe	Erdgas: 446,98 Strommix: -43,85 Summe: 403,13
Endenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]: -> Je Energieträger und als Summe	Erdgas: 168,28 Strommix: -16,51 Summe: 151,77
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	363,94
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	137,03
Treibhausgasemissions-Einsparung [t_{CO2,äq.}/a]:	82,72
Treibhausgasemissions-Einsparung [kg_{CO2,äq.}/m²a]:	31,14

2. Alle Lebenszyklusphasen:		
Gewählter Bilanzierungsweg:	„Handrechnung“ auf Basis Ökobilanzdatensätze für die Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, C3 und C4. Phase B6 (Energieverbrauch im Betrieb) aus GEG-Bewertung	
Verwendete Datenquellen:	ÖKOBAUDAT gemäß EN 15804+A2 / ÖKOBAUDAT gemäß EN 15804+A1 / Herstellerdaten (hier Datensatz Schüco AW75Si - in ÖKOBAUDAT nur bis 2022 gültig)	
Beschreibung des Istfalls:	Bewertung der EE-Modullösung bestehend aus einem Fassadenmodul mit Alu-Verbundfenster, Sonnenschutz (Aluminium) im Scheibenzwischenraum, gedämmte Paneele. Zusätzlich Technikmodul im gleichen Rahmensystem mit Luft/Luft-Wärmepumpe (Ausführung ähnlich einem Klimagerät), Lüftungsanlage mit WRG (Push-Pull-Gerät), PV-Modul (monokristallin), VIP-Dämmpaneel.	
Beschreibung des Referenzfalls:	Keine Änderung der Bausubstanz, keine anlagentechnische Ertüchtigung	
Ergebnisse:		
Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, C3 und C4:		
	Istfall nach Projektumsetzung	Referenzfall
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf [MWh/a]:	36,98	-
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	13,92	-
Treibhausgasemissionen [t _{CO2,äq.} /a]:	9,96	-
Treibhausgasemissionen [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	3,75	-

Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	-36,98
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	-13,92
Treibhausgasemissions-Einsparung [$t_{CO_2, äq.}/a$]:	-9,96
Treibhausgasemissions-Einsparung [$kg_{CO_2, äq.}/m^2a$]:	-3,75
Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, C3, C4 zzgl. B6 aus 1. Betriebsphase:	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	326,96
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	123,11
Treibhausgasemissions-Einsparung [$t_{CO_2, äq.}/a$]:	72,76
Treibhausgasemissions-Einsparung [$kg_{CO_2, äq.}/m^2a$]:	27,39

3. Aufwände für digitale Lösungen (nur bei Anwendung von Datenverarbeitungsprozessen, wie z.B. Cloud-Dienste, Displays zu Visualisierung, Messfühlern für Steuerungen, etc.)	
Beschreibung der inkludierten Aufwände im Istfall:	Für den Ist-Fall werden diejenigen Komponenten in Betracht gezogen, die notwendig sind, um die Komponenten Wärmepumpe, Lüftungsanlage, PV und Sonnenschutz gemeinsam regeln zu können. Hierzu muss eine platinenbasierte Kommunikationsschnittstelle pro Technikmodul geschaffen werden, um die einzelnen Technikkomponenten zu verbinden. Es werden keine zusätzlichen Sensoren/Aktoren benötigt, da diese ohnehin Bestandteil der Einzelkomponenten sind. Der Zusatzaufwand besteht somit nur für die gemeinsame Regelung. Für jedes Technikelement ist eine Bedieneinheit geplant, die raumweise angebracht werden soll.
Beschreibung des Referenzfalls:	Die Bilanzgrenze der Bewertung wurde auf den "zusätzlich" notwendigen Aufwand reduziert, der über die Standardregelung der EE-Modul-Komponenten aus dem oben definierten Referenzfall hinausgeht. Für das gewählte typische Gebäude werden zur Versorgung 84 Technikmodule eingesetzt. Die Auswertung digitaler Aufwände erfolgt somit für 84 Module.

	 Bilanzgrenze "Standardregelung": Energieverbrauch wird implizit für die Anlagenkomponenten gemessen. Für die Lebenszyklusbewertung enthalten die ÖKOBAUDAT Datensätze keinen Hinweis darauf, ob in den Anlagen-Komponenten die Regelung mit enthalten ist. In diesem Fall wird die Bilanzgrenze für zusätzliche Aufwendungen definiert. Es wird davon ausgegangen, dass die Regelbausteine von neuen Anlagenkomponenten bereits in den Lebenszyklusphasen der ÖKOBAUDAT berücksichtigt sind.
Gewählte Datengrundlagen:	https://wissen-digital-ewb.de/de/component_list/components/
Ergebnisse: Betriebsphase: Stromverbrauch durch Datenverarbeitungsprozesse	
Mehraufwand an Endenergie Strom [MWh/a]: -> <i>Ggf. aufgeteilt in Stromverbrauch je Land und als Summe</i>	-2,01
Mehraufwand an Endenergie Strom bezogen auf NRF [kWh/m²a]: -> <i>Ggf. aufgeteilt in Stromverbrauch je Land und als Summe</i>	-0,76
Mehraufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie durch Stromverbrauch [MWh/a]:	-3,61
Mehraufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie durch Stromverbrauch bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	-1,36
Mehraufwand an Treibhausgasemissionen	-1,12

durch Stromverbrauch [t _{CO₂,äq.} /a]:	
Mehraufwand an Treibhausgasemissionen durch Stromverbrauch bezogen auf NRF [kg _{CO₂,äq.} /m ² a]:	-0,42
Ergebnisse: Lebenszyklusbewertung des Mehraufwands der Komponenten inkl. deren Energieverbräuche	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	-> Derzeit aus der angebotenen Quelle nicht verfügbar
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m ² a]:	-> Derzeit aus der angebotenen Quelle nicht verfügbar
Treibhausgasemissions- Einsparung [t _{CO₂,äq.} /a]:	-1,67
Treibhausgasemissions- Einsparung bezogen auf NRF [kg _{CO₂,äq.} /m ² a]:	-0,63
Ergebnisse: Summe Lebenszyklus (Betriebsphase Stromverbrauch + Komponenten)	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	-2,01 (ohne Komponenten)
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m ² a]:	-0,76 (ohne Komponenten)
Treibhausgasemissions- Einsparung [t _{CO₂,äq.} /a]:	-2,79
Treibhausgasemissions- Einsparung bezogen auf NRF [kg _{CO₂,äq.} /m ² a]:	-1,05

Zusammenfassung der bisherigen Ergebnisse als Startpunkt für 4. Skalierung	
Betriebsphase: Gebäude und digitale Lösungen -> Werte siehe B) 1. und 3.	
Endenergieeinsparung aus Betriebsphase [MWh/a]: -> Nur als Summe	401,12
Endenergieeinsparung aus Betriebsphase bezogen auf NRF [kWh/m ² a]: -> Nur als Summe	151,01
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung aus Betriebsphase [MWh/a]:	360,33

Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung aus Betriebsphase bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	135,67
Treibhausgasemissions-Einsparung aus Betriebsphase [t _{CO2,äq.} /a]:	81,60
Treibhausgasemissions-Einsparung aus Betriebsphase bezogen auf NRF [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	30,72
Alle Lebenszyklusphasen: Gebäude und digitale Lösungen -> Werte siehe B) 2. und 3.	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	324,95
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	122,35
Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,äq.} /a]:	69,97
Treibhausgasemissions-Einsparung bezogen auf NRF [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	26,34

4. Skalierung	
Schritt 1: Theoretisch maximale Skalierung (Markt in Deutschland für die Anwendung des Konzepts/der Technologien)	
Betroffener Gebäudetyp:	Im Bereich Nichtwohngebäude existieren in Deutschland ca. 214 Mio. m² Nutzfläche [1], die in den Jahren 1950 - 1994 (also vor der Wärmeschutzverordnung 1995) errichtet wurden. In [2] wird davon ausgegangen, dass rund 31 % der Gebäude mit nicht lastabtragenden Fassaden (diese sind Gebäude in Skelettbauweise mit Elementfassaden, Pfosten-Riegel-Konstruktionen oder Bandfassaden) ausgestattet sind (rund 65 Mio. m²). Diese Gebäudetypen eignen sich sehr gut für einen Fassadentausch mit vorgefertigten Fassadenelementen. [1] Henger, R.: Energieeffizienz bei Büroimmobilien. Dena-Analyse über den Gebäudebestand und seine energetische Situation. März 2016, Berlin [2] Kaag, W.; Ummenhofer, T.; Fisch, M. N. (2008): Forschungsprojekt "energieeffiziente Sanierung von Bürogebäuden der 50er bis 70er Jahre".
Anzahl der betroffenen Gebäude in Deutschland: oder Nettoraumfläche der betroffenen Gebäude in Deutschland:	- 66.439.200 m²

Weitere berücksichtigte Daten:	Sanierungsraten - statistische Auswertung aus IWU-Datenquelle für den Wohnungsbau - Übertragung gleicher Daten auf den Nichtwohnungsbau - hier: rund 1 %. Es wird davon ausgegangen, dass die Markteinführung des neuen Systems ein Potenzial der Steigerung der Sanierungsraten in Höhe von 1 % bedingen kann, somit würden die Sanierungsraten auf 2 % jährlich steigen. Die mit EE-Modul sanierbare Fläche berechnet sich unter Berücksichtigung des Produktionshochlaufs in den ersten 5 Jahren zu: $A_{\text{san}} = \text{NRF}_{\text{Geb}} \times 1 \% \times \text{Produktionskapazität Jahr 1 bis Jahr 5.}$			
Anzahl oder Größe der Nettoraumfläche der theoretisch maximalen Umsetzung innerhalb 5 Jahre nach dem Projekt:	1.996.338 m ²			
Schritt 2: Realistische Skalierung [Abschätzung des Marktanteils]				
Beschreibung der verwendeten Reduktionsfaktoren:	Neben dem realistischen Ziel, die Sanierungsraten der betreffenden Gebäude um 1 % zu steigern, müssen Produktionskapazitäten geschaffen werden. Die derzeitige Planung geht davon aus, dass die Produktionskapazität von anfänglich rund 48.000 m ² Fassadenfläche/Jahr (ca. 19-20 Gebäude) auf rund 650.000 m ² (ca. 260 Gebäude) gesteigert werden kann. Ein Fassadenmodul besteht dabei aus einem Technikmodul und drei weiteren Verbundfenstermodulen mit einer Gesamtfläche von rund 18 m ² . Die Anzahl der anlagentechnischen Module (Wärmepumpe, Lüftung) wird von 660 Stck./a auf 8.800 Stck./a gesteigert.			
Anzahl oder Größe der Nettoraumfläche der geschätzten Umsetzungen je Jahr: -> hier angepasst auf den Herleitungsweg über die Produktionskapazität	Produktionskapazität (220 Produktionstage/a)			
	Jahr	Jährlich produzierbare Fassadenfläche [m ²]	Umrechnung auf NRF (Faktor Anteil Fassadenfläche auf beh. NRF = 0,955) [m ²]	Anzahl Gebäude/a (ca. 2.500 m ² Fassadenfläche/Gebäude) -> informativ
	Jahr 1 (12 Module/d, 3 Technik-elemente/d)	48.470	50.754	19
	Jahr 2 (40 Module/d, 10 Technik-elemente/d)	161.568	169.181	65
	Jahr 3 (100 Module/d, 25 Technik-elemente/d)	403.920	422.953	162

	Jahr 4 (160 Module/ d, 40 Technik- elemente/d)	646.272	676.725	259
	Jahr 5 (160 Module/ d, 40 Technik- elemente/d)	646.272	676.725	259
	Summe über 5 Jahre	1.906.502	1.996.337	764
Ergebnisse:				
Skalierte Einsparungen je Jahr in der Betriebsphase: [Basis sind die Einsparungen aus 1. Betriebsphase] Kumulierte Einsparungen: [5 * Jahr 1 + 4 * Jahr 2 + ...]		Endenergie- einsparung [MWh/a]	Nicht erneuerbare Primärener- gieeinspa- rungen [MWh/a]	Treibhausgas- emissions- Einsparungen [t_{CO2,äq.}/a]
	Jahr 1	7.664	6.886	1.559
	Jahr 2	25.548	22.952	5.197
	Jahr 3	63.870	57.382	12.993
	Jahr 4	102.192	91.811	20.789
	Jahr 5	102.192	91.811	20.788
	Kumulierte Summe über 5 Jahre [MWh bzw. t_{CO2,äq.}]	638.698	573.821	129.929
Skalierte Einsparungen je Jahr in allen Lebenszyklusphasen: [Basis sind die Einsparungen aus 2. Alle Lebenszyklusphasen] Kumulierte Einsparungen: [5 * Jahr 1 + 4 * Jahr 2 + ...]		-	Nicht erneuerbare Primärener- gieeinspa- rungen [MWh/a]	Treibhausgas- emissions- Einsparungen [t_{CO2,äq.}/a]
	Jahr 1	-	6.210	1.337
	Jahr 2	-	20.699	4.456
	Jahr 3	-	51.748	11.141
	Jahr 4	-	82.797	17.825
	Jahr 5	-	82.797	17.825
	Kumulierte Summe über 5 Jahre [MWh bzw. t_{CO2,äq.}]	-	517.481	111.407

Die Einsparermittlung für das Vorhaben EE-Modul, eine Technologieentwicklung für ein multifunktionales Fassadenmodul für Büro- und Verwaltungsgebäude in Stahlbeton-Skelettbauweise, resultiert in einer Gesamteinsparung (alle betrachteten Lebensphasen) inklusive deutschlandweite Skalierung von 517.481 MWh nicht erneuerbare Primärenergie bzw. 111.407 t_{CO2,äq.} Treibhausgasemissionen innerhalb von fünf Jahren nach Projektende. Für das betrachtete typische (Einzel-)Gebäude ergeben

sich pro Jahr Einsparungen für alle betrachteten Lebensphasen von 324,95 MWh/a (1.624,75 MWh in 5 Jahren) und 69,97 t_{CO₂,äq.}/a (349,85 t_{CO₂,äq.} in 5 Jahren). Der Multiplikationsfaktor der Skalierung beträgt entsprechend 318.

Es wäre zu diskutieren, ob mit der entwickelten Technologie wirklich die Sanierungsrate für den passenden Gebäudetyp von 1 % auf 2 % gesteigert werden kann. Vielleicht sollte hier ein geringerer Steigerungsfaktor als 100 % angesetzt werden. Dies zeigt, wie auch bereits weiter oben in diesem Kapitel diskutiert, den subjektiven Einfluss der Projektnehmenden auf die Skalierung.

Interessant ist auch der Einfluss der unterschiedlichen Bereiche Betriebsphase, sonstige Lebenszyklusphasen und digitale Aufwände. Da nur die Treibhausgasemissionen hier jeweils komplett abgebildet werden konnten (bei der nicht erneuerbaren Primärenergie fehlen leider die Aufwände für digitale Komponenten, da dafür noch keine Kennwerte zur Verfügung gestellt werden konnten), wird die Verteilung entsprechend den Treibhausgas-Einsparungen für das typische Gebäude verdeutlicht, siehe Tabelle 2:

Tabelle 2: Verhältnis der Einsparungen bzw. Mehraufwände in den Phasen Betriebsphase, sonstige Lebenszyklusphasen und digitale Aufwände anhand der Berechnung des typischen Gebäudes für die Testanwendung am Vorhaben EE-Modul.

Phase	Treibhausgasemissionen des typischen Gebäudes		
	Einsparung bzw. Mehraufwand	Betrag	Prozentsatz bezogen auf die Betriebsphase
Betriebsphase	Einsparung	82,72 t _{CO₂,äq.} /a	100 % der Betriebsphase
Sonstige Lebensphasen (Erweiterung durch Ökobilanz)	Mehraufwand	-9,96 t _{CO₂,äq.} /a (=72,76 t _{CO₂,äq.} /a - 82,72 t _{CO₂,äq.} /a)	Minderung um 12 % der Betriebsphase
Digitale Aufwände	Mehraufwand	-2,79 t _{CO₂,äq.} /a	Minderung um 3 % der Betriebsphase
Summe	Einsparung	69,97 t _{CO₂,äq.} /a	85 % der Betriebsphase

Die Prozentzahlen wurden dabei auf die Einsparung der Betriebsphase bezogen. Für den Anwendungsfall ist damit die Betriebsphase dominierend und die sonstigen Lebenszyklusphasen (die Erweiterung durch die Ökobilanz) eher untergeordnet und die digitalen Aufwände fast vernachlässigbar. Allerdings hätte eine nur auf der Betriebsphase basierende Einsparermittlung leicht zu hohe Einsparpotenziale ergeben. Für andere Projekttypen und ggf. auch bereits für andere Technologieentwicklungen können sich diese Anteile jedoch anders darstellen.

Bei der Ermittlung der digitalen Aufwände wurde im Testfall davon ausgegangen, dass die Ermittlung nach QNG im Rahmen der Anlagentechnik für den Referenzfall bereits die entsprechenden Standardregelungskomponenten beinhaltet. Darum wurden für die entwickelte Technologie nur die zusätzlich benötigten Komponenten berücksichtigt. Durch die Begleitforschung wurde versucht, dies beim QNG-Info-Team (fragen@qng.info)² bestätigen zu lassen. Leider haben wir trotz Erinnerung bis

² E-Mail-Anfrage bei fragen@qng.info am 25.11.2024 bzw. 05.12.2024:

„... wir möchten gerne nachfragen, wie Steuerungen/Regelungen, ggf. Gebäudeleittechnik in den QNG-Aufwänden im Bereich Anlagentechnik berücksichtigt sind. Wir haben dafür keinen Ansatz in den Tabellenwerten (Ökobilanzrechenwerte) gefunden und auch im Sockelbetrag scheinen sie nicht enthalten zu sein (gemäß Angaben sind die KGs 410, 420, 430, 440, 450 enthalten aber nicht KG 480). Werden sie (ggf.

zum Ende der Projektarbeiten keine Antwort dazu erhalten. Gemäß den QNG-Informationen ist im Anlagen-Sockelbetrag die Kostengruppe 480 (Gebäudeautomation) nicht enthalten. Sie wird aber auch nicht separat berücksichtigt. Der Mehraufwand für die Komponenten (also die Differenz zwischen Istfall und Referenzfall) ist im Testfall jedoch derselbe, da die Standardregelungskomponenten sonst auf beiden Seiten berücksichtigt werden müssten.

aufgrund des geringen Aufwands) nicht berücksichtigt oder sind sie doch im Sockelbetrag enthalten (oder z. B. beim Kessel mit abgedeckt)?...”

10. Zusammenfassung und Ausblick

Eine der vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie für das Begleitforschungsmodul „Gebäude“ der Forschungsinitiative Energiewendebauen im Jahr 2019 ausgeschriebenen Aufgaben war die „Quantifizierung des Potenzials der Einspareffekte an Energie und klimaschädlichen Emissionen bei der Umsetzung der Forschungsvorhaben und deren Skalierung“. Die Abfrage der dazu benötigten Kennwerte innerhalb eines Fragebogens an die Projektnehmenden und die Auswertung einer Stichprobe von Projektabschlussberichten resultierten in sehr wenigen Kenndaten. Zusätzlich waren die Ermittlungsarten und die Randbedingungen, die von den Projektnehmenden für die Ermittlung der Kenndaten gewählt wurden, unterschiedlich oder teilweise unbekannt bzw. schwer nachzuvollziehen.

In Absprache mit den zuständigen Mitarbeitern des Projektträgers Jülich wurde deshalb vom Begleitforschungsmodul „Gebäude“ eine Methode entwickelt, nach der die Projektnehmenden zukünftig die Ermittlung der Einsparpotenziale an Energie und Treibhausgasemissionen durch die Projekte inklusive einer Skalierung auf eine mögliche deutschlandweite Anwendung durchführen können. Dabei sollen die Einsparpotenziale zunächst in der Projektskizze abgeschätzt und dann im Abschlussbericht detaillierter ermittelt und dokumentiert werden. Der generelle Ermittlungsweg soll in Projektskizze und Abschlussbericht der gleiche sein, jedoch können für die Skizze die Berechnungen ggf. vereinfacht werden.

Da es sich bei den Vorhaben, die dem Bereich „Gebäude“ vom PtJ zugeordnet werden, um viele unterschiedliche Projekttypen handelt (von Technologieentwicklungen über Demonstrationsprojekte, Konzepte, Betriebsoptimierungen, Herstellungsprozesse bis hin zu Methoden- und Softwareentwicklungen, etc.), muss die Methode entsprechend auf den Projekttyp angepasst werden. So entstanden insgesamt sechs verschiedene projekttypabhängige Leitfäden. Für einige Projekttypen, die nicht direkt auf ein Gebäude angewendet werden, schlägt die Begleitforschung vor, keine Einsparermittlung durchzuführen, da ihr Einsparpotenzial schwer zu beurteilen ist. Dazu gehören z. B. Softwareentwicklungen, Datenerhebungen und Leitfäden. Sind diese Arbeiten jedoch in einem Projekt mit konkreteren Aufgaben wie z. B. Technologieentwicklung oder Demonstrationsgebäude verbunden, soll für diese Bereiche eine Ermittlung der Einsparpotenziale durchgeführt werden.

Der von der Begleitforschung vorgeschlagene Ermittlungsweg sieht die folgenden Schritte vor:

- Wahl des zum Projekt passenden Leitfadens
- Definition des Referenzfalls
- Ermittlung der End-, Primär- und Treibhausgas-Einsparungen
 - Betriebsphase
 - Sonstige Lebenszyklusphasen (Ökobilanz)
 - Aufwände für digitale Lösungen
- Skalierung
- Zusätzlicher Indikator (freiwillig)
- Dokumentation der ermittelten Ergebnisse und Informationen zum Rechenweg und weiterer Grundlagen in vordefinierten Tabellen

Die Leitfäden enthalten Vorgaben zu Ermittlungswegen (meist Berechnungen, teilweise Simulationen oder Messungen), Randbedingungen sowie Hinweise auf mögliche Hilfsmittel und Datengrundlagen.

Die Begleitforschung testete die Ermittlungsmethode an insgesamt drei unterschiedlichen Vorhaben. Die Rückmeldungen aus den Testfällen wurden in die Leitfäden als Verbesserungen eingearbeitet. Die ausgefüllten Ergebnistabellen für einen der Testfälle sind im Bericht als Beispiel enthalten.

Die Testanwender meldeten vor allem folgende Herausforderungen:

- Für die Ermittlung der Einsparpotenziale sind in den allermeisten Fällen Kenntnisse des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) und der DIN V 18599 erforderlich, da auf diesen der Ermittlungsweg und teilweise auch der Referenzfall beruhen oder deren Randbedingungen wie z. B. (detaillierte) Nutzerprofile auch in Simulationen eingesetzt werden sollen.
- Die Skalierung auf eine mögliche deutschlandweite Anwendung ist abhängig von der Einschätzung der Projektnehmenden und damit subjektiv.

Beide Punkte wurden vorab und nach der Testanwendung mit den Mitarbeitern des Projektträgers Jülich diskutiert. Neben den Grundkenntnissen des GEG und der DIN V 18599 empfehlen sich auch Grundkenntnisse im QNG (Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude) und der zugehörigen Ökobilanzdaten für die Ermittlung der Einsparungen in den weiteren Lebenszyklusphasen. Trotzdem wurden diese Ermittlungswege und Randbedingungen für die Leitfäden gewählt, da sie deutschlandweit im Gebäudebereich für Energieausweise, Bauanträge und Fördermaßnahmen eingesetzt werden und mit vorgegebenen Rahmenbedingungen operieren und damit vergleichbare und querauswertbare Ergebnisse erzielen. Auch die Referenzfälle für Gesamtgebäudekonzepte und Demonstrationsvorhaben werden über die Anforderungen aus dem GEG abgebildet. Während dies im Neubau 55 % des Primärenergiebedarfs des GEG-Referenzgebäudes entspricht, wurde auf expliziten Wunsch des Projektträgers der Referenzfall bei Sanierungen auf 140 % des Primärenergiebedarfs des GEG-Referenzgebäudes festgelegt. Damit berechnen sich die Einsparungen nicht gegenüber dem Zustand vor der Sanierung, sondern gegenüber einem entsprechenden Gebäude mit einem Primärenergieverbrauch von 140 % des GEG-Referenzgebäudes. Für die Projektnehmenden bedeutet dies auch, dass sie entsprechend ein baubares GEG-Anforderungsgebäude (mit 55 % bzw. 140 % des Primärenergiebedarfs des GEG-Referenzgebäudes) entwickeln müssen, um zusätzlich zu den Primärenergieeinsparungen auch die Treibhausgas-Einsparung und danach auch die Einsparungen bzw. Mehraufwände in den sonstigen Lebenszyklen zu ermitteln. Sollten diese Kenntnisse nicht im Team der Projektnehmenden vorhanden sein, könnte diese Aufgabe im Rahmen des Projektantrags auch fremdvergeben werden. Die Freiheiten der Projektnehmenden in der Skalierung sollen durch dokumentierte und nachvollziehbare Grundlagen und Reduktionsfaktoren für den Schritt zwischen theoretisch maximaler Skalierung und realistischer Skalierung eingeschränkt werden. Ggf. könnte auch der Projektträger oder eine zuständige Begleitforschung eine Rückmeldung zu den Skalierungsfaktoren geben. Einen Vorschlag oder gar eine Vorgabe für einen allgemein anzuwendenden Skalierungsfaktor erscheint aufgrund der zu unterschiedlichen Projekte und Projekttypen nicht möglich. Dies wurde auch durch die Auswertung der Testfälle bestärkt.

Die ursprünglich angestrebte Querauswertung, ggf. auch die Ermittlung des Gesamteinsparpotenzials aller Forschungsvorhaben im Gebäudebereich der Energiewendebauen-Forschungsinitiative, kann in einem zweiten Schritt erfolgen, wenn die Projektantragenden bzw. Projektnehmenden vom

Projektträger Jülich aufgefordert werden, die Leitfäden in ihren Projektskizzen und vor allem in den Projektabschlussberichten anzuwenden. Damit wird es sicherlich auch weitere Rückmeldungen zu den Leitfäden geben und damit ggf. Verbesserungspotenzial oder zumindest weitere Hinweise auf mögliche Hilfestellungen.

Da sich die gesetzlichen Anforderungen an Gebäude in der Zukunft auch weiterentwickeln werden, müssen vermutlich die Leitfäden entsprechend angepasst werden. Denkbar sind hier strengere Anforderungen an Neubauten und Bestandssanierungen im GEG und gesetzliche Anforderungen an die anderen Phasen der Lebenszyklusbewertung. Die Leitfäden bilden hier (nur) den derzeitigen Stand ab. Zusätzlich werden sich die Primärenergiefaktoren und Treibhausgas-Äquivalente von einigen Energieträgern wie dem deutschen Strommix und Fernwärme in den nächsten Jahren weiter reduzieren. Damit sind die ermittelten Einsparpotenziale aus unterschiedlichen Jahren nicht genau miteinander vergleichbar, dies ist jedoch unvermeidlich.

Derzeit liegt der Fokus der Leitfäden auf der Ermittlung von Einsparpotenzialen aus den verschiedenen Bereichen und als Summe. Um die Anzahl der zu dokumentierenden Daten nicht noch weiter zu erhöhen, werden nach jedem Abschnitt (Betriebsphase, sonstige Lebenszyklusphasen, digitale Aufwände) jeweils nur die ermittelten Einsparungen weitergereicht und aufeinander addiert und so am Schluss skaliert. Grundsätzlich könnte es jedoch auch von Interesse sein, die einzelnen Kenndaten für den Istfall im Projekt und den Referenzfall weiterzuführen, um so an weitere Indikatoren zu kommen.

Für die Unterstützung in Diskussionen zu den Auswertungsergebnissen des Fragebogens und der Projektabschlussberichte und vor allem zur Methode der Einsparermittlung in den Leitfäden gilt der Dank der Autorin den Mitarbeitern des Projektträgers Jülich, vor allem Herrn Markus Havertz und Frau Kerstin Lorenz. Bedanken möchte ich mich auch beim Team des EWB-Begleitforschungsmoduls „Gebäude“, insbesondere bei Frau Verena Dannapfel (RWTH E.ON EBC), die die unterschiedlichen Projekttypen und Projektziele analysiert hat, bei Herrn Jan Kaiser (Fraunhofer IBP), Frau Eva Bauer und einem weiteren RWTH E.ON EBC-Kollegen, die die drei Testanwendungen durchgeführt haben, und bei den Kollegen des Begleitforschungsmoduls „Digitalisierung“, Frau Dr. Astrid Aretz und Herrn Dr. Jan Kegel (beide IÖW), die innerhalb ihres Forschungsbereichs die Kennwerte im Bereich der digitalen Aufwände zusammengetragen bzw. ermittelt, veröffentlicht und damit auch für die hier dokumentierte Methode zur Verfügung gestellt haben.

11. Literaturverzeichnis

- [1] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Ideenwettbewerb „Begleitforschung Energiewendebauen“. Oktober 2019. Verfügbar unter https://www.energieforschung.de/lw_resource/datapool/systemfiles/elements/files/e333fb3c-771e-11ee-ac3d-a0369fe1b534/live/document/20191101_Ideenwettbewerb_Begleitforschung_Energiewendebauen.pdf. Letzter Aufruf: 13.12.2024.
- [2] RWTH Aachen E.ON ERC EBC, Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI: BF 2020 Begleitforschung Energiewendebauen – Modul Gebäude. Projektantrag. Juli 2020. Unveröffentlicht.
- [3] Wissenschaftliche Begleitforschung Energiewendebauen: Fragebogen der Begleitforschung Energiewendebauen. Ausgesendet von der Begleitforschung an alle Projektleitenden im September 2021, beantwortet durch die Projektleitenden bis Ende Oktober 2021. Unveröffentlicht.
- [4] Wissenschaftliche Begleitforschung Energiewendebauen: Projektleitungstreffen – Perspektiven und Werkstätten der Energiewende. Digitales Meeting am 15.04.2021. Dokumentation verfügbar unter https://www.energiwendebauen.de/lw_resource/datapool/systemfiles/elements/files/CB8CF3631DD2535EE0537E695E869408/live/document/Dokumentation_9.Projektleitungstreffen.pdf. Letzter Aufruf: 16.12.2024.
- [5] European Commission: Horizon 2020 – Details of the EU funding programme which ended in 2020 and links to further information. Webseite. Verfügbar unter https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-2020_en. Letzter Aufruf: 17.12.2024.
- [6] Walther, K.; Meyer, R.; Schmid, M.: Ermittlung des Treibhausgasminderungspotentials – Rahmenwerk in der Förderlinie EnEff.Gebäude.2050. Verfügbar unter https://www.energiwendebauen.de/lw_resource/datapool/systemfiles/agent/ewbpublications/C7109A20E8663CC3E0537E695E862A80/live/document/EnEff_Geb%C3%A4ude_2050_Rahmenwerk_THG_Minderung.pdf. Letzter Aufruf: 17.12.2024.
- [7] Zukunft Bau: Effizienzhaus Plus. Webseite. Verfügbar unter <https://www.zukunftbau.de/programme/effizienzhaus-plus>. Letzter Aufruf: 17.12.2024.
- [8] Erhorn, H.: Potentielle Beiträge der Effizienzhaus Plus-Gebäude zum Klimaschutzprogramm der Bundesregierung. Verfügbar unter <https://www.ibp.fraunhofer.de/content/dam/ibp/ibp-neu/de/dokumente/publikationen/eeer/beitraege-effizienzhaus-plus-gebaeude-zum-klimaschutzprogramm-der-bundesregierung.pdf>. Letzter Aufruf: 18.12.2024.
- [9] Deutscher Bundestag: Gesetz zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor. Darin Artikel 18a – Änderung des Gebäudeenergiegesetzes. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2022, Teil I, Nr. 28. Bonn, 28. Juli 2022. Verfügbar unter

- http://www.bqbl.de/xaver/bqbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&jumpTo=bqbl122s1237.pdf oder als nichtamtliche Lesefassung unter <https://www.gesetze-im-internet.de/geg/GEg.pdf>. Letzter Aufruf: 21.06.23
- [10] Beuth publishing DIN: DIN V 18599:2018 – Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung. Verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/erweiterte-suche/272754!search?alx.searchType=complex&alx.search.autoSuggest=false&searchArealD=1&query=DIN+V+18599&facets%5B276612%5D=&hitsPerPage=10>. Letzter Aufruf: 21.06.23
- [11] Beuth publishing DIN: DIN EN 15643:2021 – Nachhaltigkeit von Bauwerken – Allgemeine Rahmenbedingungen zur Bewertung von Gebäuden und Ingenieurbauwerken; Deutsche Fassung EN 15643:2021. Verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-15643/335506755>. Letzter Aufruf: 12.10.2023.
- [12] Beuth publishing DIN: DIN EN 15978:2012 – Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode; Deutsche Fassung EN 15978:2011. Verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-15978/164252701>. Letzter Aufruf: 12.10.2023. Anmerkung: derzeit ist eine Entwurffassung der DIN EN 17978-1 verfügbar, die, sobald sie die gültige Version ist, auch als Grundlage für diesen Leitfaden genutzt werden sollte.
- [13] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen: QNG-Siegeldokumente. Insbesondere LCA-Bilanzregeln Wohngebäude und Nicht-wohngebäude sowie Ökobilanzierung-Rechenwerte. Verfügbar unter <https://www.qng.info/service/>. Letzter Aufruf: 21.06.23.
- [14] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen: Ökobaudat – Informationsportal Nachhaltiges Bauen. ÖKOBAUDAT-Datensätze. Verfügbar unter https://www.oekobaudat.de/no_cache/datenbank/suche/daten/. Letzter Aufruf: 21.06.23.
- [15] Wissenschaftliche Begleitforschung Energiewendebauen, Modul 4: Wissensplattform Digitalisierung Energiewendebauen: Negative Umweltwirkungen. Verfügbar unter [Negative Umweltwirkungen \(wissen-digital-ewb.de\)](https://www.wissen-digital-ewb.de). Letzter Aufruf: 12.09.24.

12.Anhang

Im Folgenden sind die sechs projekttypabhängigen Leitfäden angefügt:

- Demonstrationsgebäude bzw. Konzept-/Planungsphasen als Vorbereitung zu einem Umsetzungsprojekt
- Studien und Konzeptentwicklung ohne Gebäudeumsetzung
- Konzeptentwicklung inkl. Feldmessung
- Technologieentwicklung und -einsatz
- Betriebsoptimierung
- Herstellungsprozesse

Leitfaden

Ermittlung von Einspareffekten an Energie und klimaschädlichen Emissionen bei der Umsetzung der Forschungsvorhaben und deren Skalierung

Projekttyp: Demonstrationsgebäude bzw. Konzept-/Planungsphasen als Vorbereitung zu einem Umsetzungsprojekt

Hintergrund

Die Projekte aus der Forschungsinitiative Energiewendebauen (EWB) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz leisten einen wichtigen Beitrag zur Energiewende und zur angestrebten Klimaneutralität im deutschen Gebäudesektor. Sie entwickeln, demonstrieren und validieren Technologien und Konzepte zur Effizienzsteigerung, zur Integration von erneuerbaren Energien und zur Versorgungssicherheit. Dabei wird ein schneller Transfer der erzielten Forschungsergebnisse in den Markt angestrebt.

Um den Beitrag der geförderten Projekte für die Erreichung der genannten Ziele zu bemessen, sollen die Vorhaben die erreichte Einsparung an Energie und Treibhausgasemissionen gegenüber einem adäquaten Referenzfall ermitteln und für eine Querauswertung zur Verfügung stellen. Dabei sollen vor allem die Einsparpotenziale im Bereich der Endenergie und Treibhausgasemissionen bewertet werden, wo möglich und sinnvoll auch die grauen Energien und Emissionen aus der Herstellung, Instandhaltung, Rückbau und Recycling (Ökobilanzierung) berücksichtigt werden und auch eine Skalierung auf der Basis der möglichen Anwendung der Technologien und Konzepte in weiteren Gebäuden innerhalb Deutschlands.

Viele Projekte aus dem Forschungsbereich besitzen jedoch neben dem Ziel der Energie- und Treibhausgas-Einsparung weitere Ziele, so z. B. die Erhöhung des Komforts oder der Hygiene, eine Störungsreduktion, eine Akzeptanzsteigerung, eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit, eine Optimierung der Planung, etc. Für diese Vorhaben soll abgesehen von den energetischen und Emissionseinsparungen ein zusätzlicher, vom Projekt identifizierter quantitativer Indikator zugelassen werden, der aufzeigt, wie groß die erreichte Verbesserung durch das Vorhaben ist. Auch hier soll der Indikator im Vergleich zu einer Referenz gebildet werden.

Da die Projektansätze im Gebäudebereich der Forschungsinitiative EWB sehr unterschiedlich sind und von Gebäudekonzepten über Monitoring, Technologieentwicklungen und Software-Development bis zu Herstellungsprozesse reichen, muss auch die Ermittlung der Einsparpotenziale an den jeweiligen Projekttyp angepasst werden. Trotzdem soll eine grundsätzlich gleichartige Herangehensweise durch projekttypabhängige Leitfäden gewährleistet werden.

Aufgabe der Projekte

Die Projekte sollen (soweit möglich und sinnvoll) eine Ermittlung der Einsparpotenziale an Endenergie und Treibhausgasemissionen durchführen. Bei davon abweichenden oder wichtigen zusätzlichen Projektzielen kann ein weiterer quantitativer Indikator durch das Projekt hinzugefügt werden. Dieser ersetzt im Normalfall jedoch nicht die beiden grundsätzlich geforderten Einsparpotenziale. Der Zeitpunkt der Ermittlung ist wie folgt definiert:

1. **In der Skizzenphase:** Sofern nicht bereits in der Skizze enthalten, wird der Skizzeneinreicher vom PtJ aufgefordert, das Einsparpotenzial des geplanten Vorhabens abzuschätzen. Die dafür angestrebten Kennwerte (Endenergie, nicht erneuerbare Primärenergie und Treibhausgasemissionen) sowie die zu berücksichtigenden Phasen (Betriebsphase, ggf. auch Herstellung, Rückbau und Entsorgung) sowie die gewünschte Art der Skalierung sind aus dem projektypabhängigen Leitfaden zu entnehmen. Die genaue Bewertungsmethode kann allerdings vom Skizzeneinreicher bestimmt werden und einfacher sein (fundierte Schätzung statt detaillierter Berechnung, ggf. nicht alle Lebenszyklusphasen eines Gebäudes).
2. **In der Projektphase:** Vor Ende des Projekts muss der Projektnehmer die Ermittlung des Einsparpotenzials an Endenergie, nicht erneuerbarer Primärenergie und Treibhausgasemissionen im Rahmen des Projekts vornehmen. Im Abschlussbericht des Vorhabens muss ein Kapitel enthalten sein, das die erforderlichen Kennwerte und weitere Informationen zum Ermittlungsweg (Referenzfall, Gebäude aufgrund dem die Kennwerte ermittelt werden, verwendete CO₂-Äquivalente, etc.) explizit zusammenstellt. Die Vorgaben dazu sind dem projektypabhängigen Leitfaden zu entnehmen.

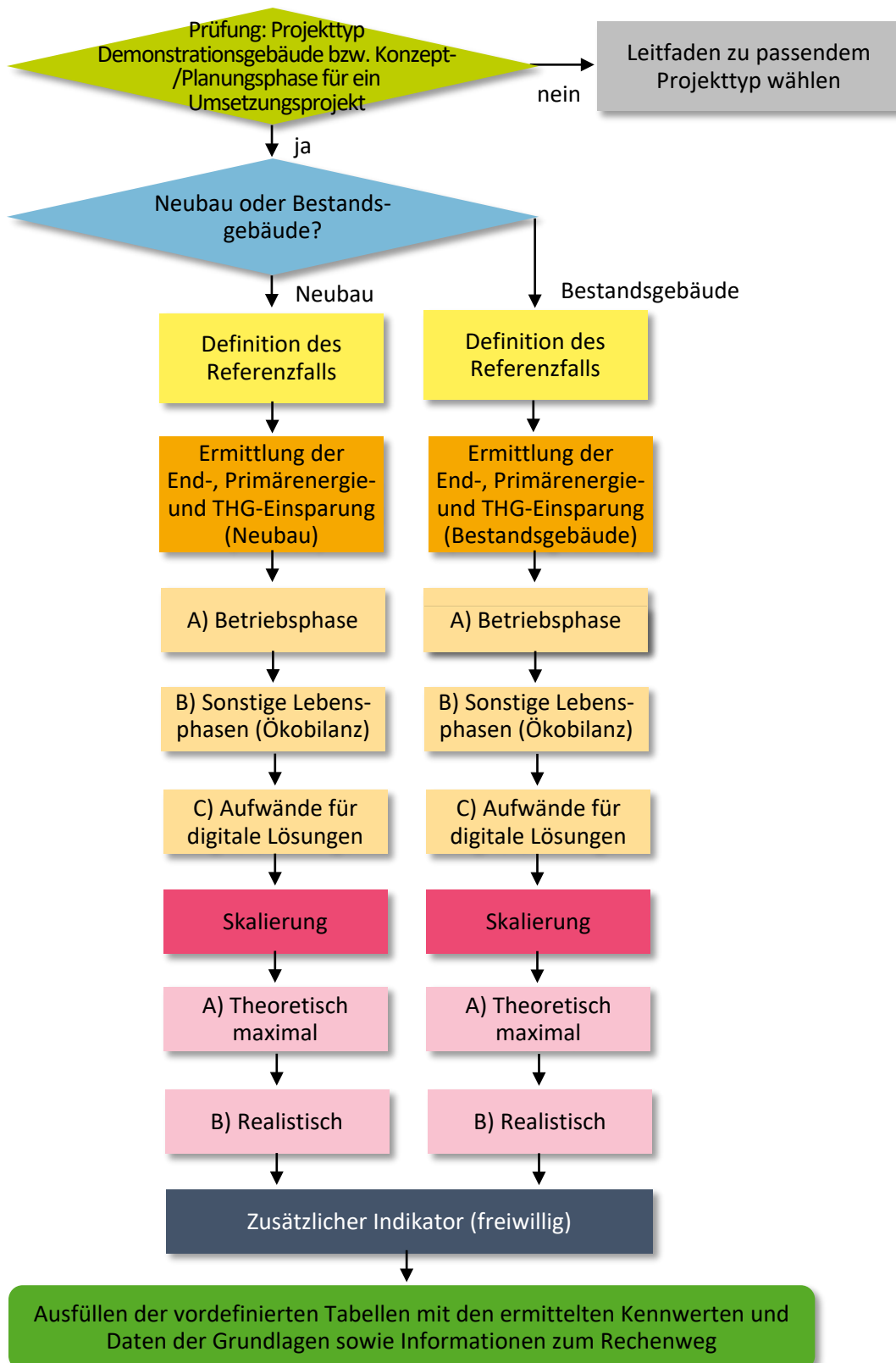
Damit ist eine „einfache“ Abschätzung in der Skizzenphase und eine genaue Ermittlung im Rahmen des Projekts vorgegeben. Es macht Sinn, die Abschätzung in der Skizzenphase soweit wie möglich an die geforderte genaue Ermittlung in der Projektphase anzupassen, denn die Kennwerte aus den beiden Phasen werden ggf. durch den PtJ miteinander verglichen. Der Antragsteller erhält auch spätestens bei der Vorbereitung des Antrags bereits die Definition seiner Aufgabe während der Projektphase und kann entsprechend den benötigten Aufwand oder ggf. ein betreffendes Arbeitspaket einplanen.

Können einzelne, eigentlich geforderte Schritte aus der Bewertung (z. B. Ökobilanz oder Skalierung) nicht durchgeführt werden, müssen sinnvolle Begründungen dazu erbracht werden oder dargestellt werden, dass hierdurch kein Mehrwert entstanden wäre.

Von den Projekten bzw. Projektnehmern werden dabei vor allem Kenntnisse im Bereich energetische Gebäudebewertung gemäß Gebäudeenergiegesetz (GEG)/DIN V 18599, Lebenszyklusbewertung in Anlehnung an BEG/QNG und eine Einschätzung des Marktpotenzials ihrer Technologien bzw. Gebäudekonzepte vorausgesetzt. Da die Ermittlung der Einsparpotenziale meist auf Basis von DIN V 18599-Berechnungen und oft im Vergleich zu den Anforderungen des GEG erfolgt, sollte auch eine entsprechende Software verfügbar und Kenntnisse zur Anwendung der Software vorliegen. Dies ist allerdings nicht der Fall bei Projekten für optimierte Herstellungsprozesse. Hier liegt der Fokus auf den Lebenszyklusphasen Herstellung und Abfallbehandlung/Entsorgung. Damit sind vor allem Kenntnisse im Bereich der ÖKOBAUDAT und BEG/QNG/DGNB hilfreich.

Abfolge der Ermittlung

Das folgende Flussdiagramm zeigt die durchzuführenden Schritte für die Ermittlung der Einsparpotenziale bei den Projekttypen Demonstrationsgebäude und Konzept-/Planungsphasen als Vorbereitung zu einem Umsetzungsprojekt:



Einzelne Schritte

1. Prüfung Projekttyp Demonstrationsvorhaben bzw. Konzept-/Planungsphasen als Vorbereitung zu einem Umsetzungsprojekt

Die geförderten Projekte im Bereich der Forschungsinitiative Energiewendebauen decken eine große Bandbreite an Projekttypen in Abhängigkeit ihrer Projekthinhalte und -ziele ab. Grundsätzlich ist zunächst zu trennen in:

- a) Projekte, die die **Anwendung eines Konzepts oder einer/mehrerer Technologien an einem oder ggf. mehreren Gebäuden in der Realität beinhalten**:
 - **Umsetzungsprojekte wie Demonstrationsgebäude**
 - **Konzept-/Planungsphasen als Vorbereitung zu einem Umsetzungsprojekt**
 - Technologieentwicklungen mit Gebäudeanwendungen
 - Betriebsoptimierungen an Gebäuden
 - Konzeptentwicklungen inkl. Feldmessungen.
- b) Projekte, die die **Anwendung eines Konzepts oder einer/mehrerer Technologien an einem oder ggf. mehreren Gebäuden rechnerisch bewerten** können:
 - Studien
 - Konzeptentwicklungen ohne Gebäudeumsetzung
 - Technologieentwicklungen ohne Gebäudeumsetzung
 - Betriebsoptimierungen ohne Gebäudeumsetzung
- c) Projekte, die **nicht direkt mit einem Gebäude oder auch einem typischen Gebäude in Zusammenhang gebracht werden können**:
 - Methodenentwicklungen ohne Feldtest, inkl. Bewertungsmethoden
 - Softwareentwicklungen
 - Messsystementwicklungen
 - Datenerhebungen
 - Leitfäden
 - Materialgrundlagenforschung
 - Herstellungsprozesse

Während die Projekte aus der Projektgruppe a) reale Einsparungen gegenüber dem Ausgangszustand oder zumindest dem Referenzfall erreichen, können für die Projekte aus der Projektgruppe b) zumindest theoretische Einsparungen anhand von passenden Beispielgebäuden ermittelt werden.

Die Projekte aus der Projektgruppe c) sind mit Ausnahme der Herstellungsprozesse nur sehr schwer bezüglich ihres Einsparpotenzials zu bewerten. Entwicklungen von Methoden, Software, Messsystemen und Leitfäden können zwar durch ihre Anwendung in weiteren, dann praktischen Projekten Einsparungen unterstützen oder erleichtern. Wie groß der Einfluss aber wirklich ist, d. h. was wäre ohne die Nutzung der Methode in den praktischen Projekten passiert, lässt sich nicht fundiert abschätzen. Versuche, dies zu tun, führen meist zu einer großen Überschätzung des Einflusses. Trotzdem sind solche Vorhaben wichtig, um den Fortschritt im Bereich Energieeffizienz und Klimaneutralität im Gebäudebereich voranzutreiben. Die Forschung an Materialgrundlagen ist von einer konkreten anwendbaren Technologieanwendung noch so weit entfernt, dass auch dies nicht mit einer Energieeinsparung im Gebäudesektor bewertet werden kann.

Eine Ausnahme bieten die Projekte, die sich mit **Herstellungsprozessen** beschäftigen. Sind diese eine Alternative zu bisher genutzten Herstellungsprozessen einer Gebäudetechnologie, so sollten die Einsparungen an Energie und Treibhausgasemissionen im Ökobilanzbereich „Herstellungsphase“ ermittelt werden“, ggf. unter Berücksichtigung der Phasen Abfallbehandlung und Entsorgung ermittelt werden.

Die Forschungsnehmer müssen ihr Vorhaben zunächst der passenden Projektgruppe zuordnen. Dabei sind folgende **Fragen** zu beantworten:

1. **Sind ein oder mehrere konkrete Gebäude Bestandteil des Projekts?** -> Das Projekt ist dann Projektgruppe a) zuzuordnen. Das Einsparpotenzial wird anhand des konkreten/der konkreten Gebäude ermittelt.
2. **Ist der Projektkinhalt eine Studie, ein Konzept oder eine Technologie, die für eine Gebäudeanwendung durchgeführt oder entwickelt wird, ohne dass dafür ein konkretes Gebäude vorgesehen ist?** -> Dann ist das Projekt der Projektgruppe b) zuzuordnen. Wenn noch keine theoretische Anwendung an einem konkreten Gebäude im Projekt vorgesehen ist, muss für die Ermittlung der Einsparpotenziale ein typisches Gebäude (real oder theoretisch) ausgewählt werden, anhand dem die geforderte Bewertung durchgeführt wird. Das gilt auch für Projekte, in denen im Vorhaben selbst die Umsetzung nur am Versuchsstand durchgeführt wird.
3. **Handelt es sich um eine Entwicklung oder Optimierung eines Herstellungsprozesses?** -> Für das Projekt muss die Einsparung in der Phase „Herstellung“, ggf. auch bei Auswirkungen darauf für die Phasen Abfallbehandlung und Entsorgung, mittels einer Ökobilanzierung durchgeführt werden.
4. **Handelt es sich um ein Vorhaben, dass zum Bereich der anderen Projekttypen aus der Projektgruppe c) zugeordnet werden kann?** -> Dann ist eine Ermittlung des Einsparpotenzials nicht verpflichtend.

Deckt ein Vorhaben mehrere Projektgruppen ab, so ist es jeweils dem höhergeordneten Typ zuzuordnen (also z. B. a) bei einem Vorhaben, das a) und b) beinhaltet).

Dieser Leitfaden ist konkret für Demonstrationsgebäude bzw. Konzept-/Planungsphasen als Vorbereitung zu einem Umsetzungsprojekt aus der Projektgruppe a) gedacht. Für andere Projekttypen müssen die jeweils passenden Leitfäden angewendet werden, die aus gleichen, teilweise aber auch abweichenden Informationen bestehen. Bei Demonstrationsgebäudeprojekten wird die **Bewertung des Einsparpotenzials auf der Grundlage des im Vorhaben genutzten Demonstrationsgebäude** durchgeführt. Sind mehrere Demonstrationsgebäude bzw. Umsetzungsgebäude beteiligt, sollte die Bewertung auch alle Demonstrationsgebäude/Umsetzungsgebäude umfassen. In begründeten Einzelfällen, z. B. bei sehr ähnlichen Gebäuden kann die Bewertung vereinfacht an einem „mittleren“ Gebäude durchgeführt werden.

2. Neubau oder Bestandssanierung

Bei vielen Projekttypen, so auch bei den Demonstrationsgebäuden bzw. Konzept-/Planungsphasen als Vorbereitung zu einem Umsetzungsprojekt, ist die Ermittlungsmethode und der Referenzfall davon abhängig, ob es sich bei dem Gebäude (oder den Gebäuden) um einen Neubau oder eine Bestandssanierung handelt.

Neubau: Ein grundsätzlich neues Gebäude. Der Referenzfall basiert auf den zum Zeitpunkt des Vorhabens gültigen gesetzlichen Anforderungen für neue Gebäude. Diese werden im Gebäudeenergiegesetz festgelegt (GEG, [GEG, 2023]). Die Ermittlung der Einsparung kann durch eine Berechnung bzw. Simulation durchgeführt werden.

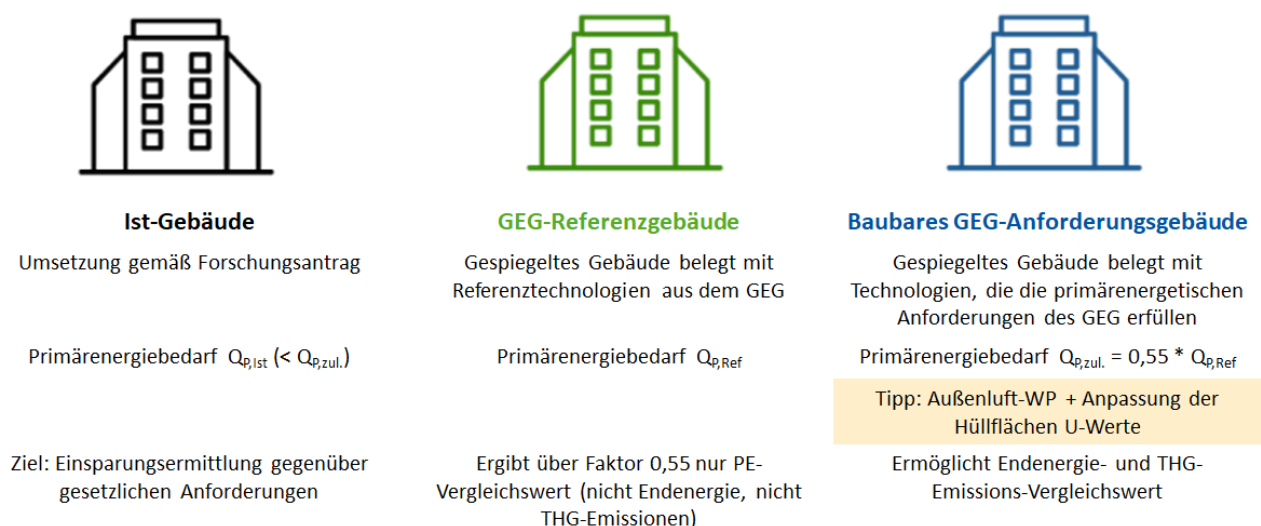
Bestandssanierung: Eine Veränderung/Optimierung eines bestehenden Gebäudes. Als Referenzfall wird hier die gesetzliche Anforderung für eine ganzheitliche Sanierung eines Gebäudes (derzeit 140 % des Jahresprimärenergiebedarfs des Referenzgebäudes) vorgeschrieben. Bei ausschließlich baulichen Einzelmaßnahmen an Außenbauteilen kann alternativ der Referenzfall für das jeweilige Außenbauteil aus der entsprechenden Tabelle für den Mindestwärmeschutz im GEG bestimmt werden (derzeit GEG Anlage 7). Die Ermittlung der Einsparungen kann durch eine Berechnung oder eine Simulation durchgeführt werden.

Bei einem Vorhaben mit sowohl Neubauten als auch Bestandssanierungen (z.B. bei einer Demonstration/Umsetzung an mehr als nur einem Gebäude) muss der jeweilig passende Referenzfall und Ermittlungsweg gewählt werden.

3. Definition Referenzfall

Da die Forschungsnehmenden für ihre Vorhaben Einsparpotenziale ermitteln sollen, wird für jedes Vorhaben ein Referenzfall benötigt. Aufgrund der Diversität der Forschungsvorhaben kann in diesem Leitfaden kein allgemein anwendbarer Referenzfall vorgegeben werden. **Die Forschungsnehmenden müssen selbst den konkreten Referenzfall auf Basis der Hinweise in diesem Leitfaden bestimmen und entsprechend den Vorgaben im Anhang „Auszufüllende Tabellen/Bilder/Textinformationen“ dokumentieren.** Grundsätzlich kann bei Demonstrationsgebäuden/Umsetzungsgebäuden in Neubauten und Bestandssanierung unterteilt werden (s. Einzelne Schritte, Kapitel 2).

Im Fall von **Neubauten** muss mit den zum Zeitpunkt des Vorhabens (Bauantrag, sonst Projektbeginn) gültigen gesetzlichen Anforderungen an die Energieeffizienz des Gebäudes verglichen werden. Diese sind derzeit im Gebäudeenergiegesetz festgeschrieben. Dabei bildet der maximal zulässige Primärenergiebedarf - berechnet über ein gespiegeltes Gebäude bestückt mit definierten baulichen und anlagentechnischen Referenztechnologien (sog. GEG-Referenzgebäude), dessen resultierender Primärenergiebedarf derzeit abschließend mit dem Faktor 0,55 multipliziert wird - die energetische Vorgabe. Anforderungen an die Endenergie und die Treibhausgasemissionen gibt es keine. Um dennoch Einsparpotenziale im Bereich Treibhausgasemissionen (und Endenergie) ermitteln zu können, muss ein „**baubares GEG-Anforderungsgebäude**“ erarbeitet werden, also ein gespiegeltes Gebäude, dass genau die primärenergetischen Anforderungen des GEG erfüllt. Dazu gibt es keine genauen Vorgaben, wie die Anlagentechnik und die Hüllflächenqualitäten anzusetzen sind, abgesehen von den Anforderungen an die Nutzung von erneuerbaren Energien und die maximalen mittleren U-Werte der Hüllflächen¹. Ein Weg wäre es z. B. die Referenztechnologien aus dem GEG-Referenzgebäude, soweit es geht, gleich zu lassen, aber eine Außenluft-Wärmepumpe mit so angepassten Hüllflächenqualitäten zu verwenden, dass der zulässige Primärenergiebedarf für das Gebäude eingehalten wird. (Hintergrund: eine Abluft-Wärmepumpe ist an fast jedem Standort einsetzbar. Dem Projektnehmer ist es aber freigestellt, andere anerkannte und zulässige bauliche und anlagentechnische Kombinationen auszuwählen, die die primärenergetischen Anforderungen erfüllen.)



¹ Die Zusammenstellung des baubaren GEG-Anforderungsgebäudes hat Einfluss auf die Höhe der resultierenden Einsparungen bei Endenergie, Primärenergie und Treibhausgasen sowohl in der Betriebsphase als auch in den anderen Lebenszyklusphasen. Die Projektnehmer sollten deshalb möglichst gängige Kombinationen von Bauteilqualitäten und Anlagentechniken einsetzen und wenn möglich nicht zu viele Bestandteile gegenüber dem geplanten Gebäude des Forschungsvorhabens verändern, um das Ergebnis nicht zu stark zu beeinflussen. Die Anforderung an die Heizung mit 65 % erneuerbaren Energien muss eingehalten werden.

Für Neubauten gilt ab Januar 2024 die **zusätzliche Anforderung, dass die Heizung in Neubaugebieten zu mindestens 65 % mit erneuerbaren Energien betrieben werden muss**. Außerhalb von Neubaugebieten gilt das erst ab Januar 2026. Vereinfachend sollte diese Anforderung bei Neubaudemonstrationsgebäuden auch im baubaren GEG-Anforderungsgebäude (als Referenzfall für die Einsparberechnungen) abgebildet werden - egal ob innerhalb oder außerhalb eines Neubaugebietes. Mit dem Ansatz einer Außenluft-Wärmepumpe als Heizenergieerzeuger wäre das beispielsweise eingehalten.

Im Fall von **Bestandssanierungen** ist der Referenzfall die **gesetzliche Anforderung für eine ganzheitliche Sanierung**. Diese wird **im derzeit gültigen Gebäudeenergiegesetz mit einem Jahresprimärenergiebedarf von 140 % im Vergleich zum sogenannten Referenzgebäude** festgelegt, siehe § 50 GEG. Das Referenzgebäude ist dafür ein gespiegeltes Ist-Gebäude, das mit im GEG festgeschriebenen Technologien und Qualitäten im Bereich der Außenbauteile und der Anlagentechnik belegt wird.

Für die Erfüllung der 140 %-Anforderung können entsprechend schlechtere U-Werte bei den Außenbauteilen und/oder eine weniger effiziente Anlagentechnik eingesetzt werden. Damit wird ein baubares 140 %-Gebäude als Referenzfall definiert². Dieses wird benötigt, damit neben der primärenergetischen Einsparung auch eine Treibhausgas-Einsparung (und auf diesem Weg notwendigerweise auch eine Endenergieeinsparung) ermittelt werden kann. Zusätzlich bildet das 140 %-Gebäude auch den Referenzfall der Einsparungen während der anderen Lebenszyklusphasen. Dafür müssen für das Gebäude die Bauteilhüllflächen und Heizungs-, Lüftungs-, Beleuchtungs- sowie ggf. Kühltechnologien bestimmt werden, die einen Primärenergieaufwand von 140 % des GEG-Referenzgebäudes ergeben. Eine ausschließliche Bestimmung des 140 %-Primärenergiebedarfs genügt nicht.

Anmerkung: Je weniger bauliche und anlagentechnische Technologien sich gegenüber dem Ist-Gebäude verändern, desto einfacher ist die Ermittlung der Differenz in der Lebenszyklusbewertung. Allerdings sollten die alternativ eingesetzten Technologien realitätsnah sein (und auch in der Lebenszyklusbewertung über die Datenquellen abbildbar sein).

Die zu ermittelnden Einsparungen sind damit die Reduzierungen des Endenergiebedarfs je Energieträger bzw. des Primärenergiebedarfs und der ausgestoßenen Treibhausgase aufgrund einer Sanierung über die gesetzlichen Anforderungen an eine ganzheitliche Sanierung hinaus.

Bei einer **rein baulichen Demonstrations- oder Umsetzungsanwendung an einer oder mehreren Außenhüllflächen** kann der Referenzfall alternativ auch über die Anforderungen an die Wärmedurchgangskoeffizienten aus GEG Anlage 7 ermittelt werden. Hier werden dann im Vergleich zum Istgebäude bessere Hüllflächenqualitäten als Referenzfall eingesetzt. Für die Betriebsphase genügt dabei der Einsatz der vorgegebenen U-Werte, für die anderen Lebenszyklen müssen die Hüllflächen im Referenzfall entsprechend baubar in Abhängigkeit des Istzustands inklusive der dafür benötigten Materialien abgebildet werden.

Die zu ermittelnden Einsparungen sind damit die Reduzierungen des Endenergiebedarfs je Energieträger bzw. des Primärenergiebedarfs und der ausgestoßenen Treibhausgase aufgrund einer Sanierung über die gesetzlichen Anforderungen an die Erneuerung oder den Ersatz von Außenbauteilen hinaus.

Sollte über die EU-Gebäudeeffizienzrichtlinie (EPBD) die Sanierung der Worst Performance Buildings verpflichtend werden oder ähnliche Ansätze in Deutschland gesetzlich vorgeschrieben werden, muss der Referenzfall entsprechend auf die dadurch entstehenden ggf. höherwertigen Mindestanforderungen angepasst werden. Gleiches gilt für

² Die Zusammenstellung des baubaren 140 %-Gebäudes hat Einfluss auf die Höhe der resultierenden Einsparungen bei Endenergie, Primärenergie und Treibhausgasen sowohl in der Betriebsphase als auch in den anderen Lebenszyklusphasen. Die Projektnehmer sollten deshalb möglichst gängige Kombinationen von Bauteilqualitäten und Anlagentechniken einsetzen und nicht zu viele Bestandteile gegenüber dem Istzustand zu verändern, um das Ergebnis nicht zu stark zu beeinflussen.

die für die Zukunft bereits geplanten Anforderungen an den Einsatz von erneuerbaren Energien (voraussichtlich 65 %) bei einem Ersatz der Heizungsanlage.

4. Betriebsphase

Der Endenergiebedarf und die entstehenden Treibhausgasemissionen in der Betriebsphase sind derzeit in den meisten Projekten im Fokus. Die Endenergie je eingesetztem Energieträger und darauf basierend die Treibhausgasemissionen (CO₂-äquivalente Emissionen) des Ist-Gebäudes und des Referenzfalls sollen möglichst **auf Basis der zum Zeitpunkt des Projektantrags (Ermittlung für den Projektantrag) bzw. der Baugenehmigung (Ermittlung innerhalb der Projektphase) gültigen gesetzlichen Gebäudeeffizienzbewertung** durchgeführt werden. Derzeit ist das das Gebäudeenergiegesetz (GEG) 2023 [GEG, 2023]. Dieses verweist auf die deutsche Norm DIN V 18599 [DIN V 18599, 2018] als Berechnungsmethode. Das dabei verwendete Monatsbilanzverfahren ist ausreichend für die meisten Anwendungsfälle.

Sollte das Forschungsvorhaben jedoch z. B. auf Einsparungen an (Kosten und) Treibhausgasemissionen durch **zeitliche Verschiebe** abzielen, sollte die Bewertung mittels einer **dynamischen Simulation** mit einer wissenschaftlich anerkannten Software durchgeführt werden. Generell kann freiwillig eine dynamische Simulation zur Ermittlung der Endenergieeinsparung und darauf basierend der Primärenergie- und Treibhausgas-Einsparung verwendet werden. Die Software sollte dann in der Dokumentation benannt und beschrieben werden. Die dynamischen Nutzerprofile sollten mit den statischen Nutzerprofilen der DIN V 18599 abgestimmt werden (bzw. diese in stündliche Nutzerprofile übersetzt werden), wenn es nicht stichhaltige Gründe für andere Nutzerprofile gibt. Diese Gründe dann bitte angeben und die Abweichung inhaltlich erläutern. Auch weitere vom GEG/der DIN V 18599 abweichende Randbedingungen sollten angegeben werden. Trotzdem müssen aber die Referenzfälle entsprechend den GEG-Anforderungen (baubare GEG-Anforderungsgebäude bzw. baubares 140 %-Gebäude oder bei einer rein baulichen Sanierung gemäß GEG Anlage 7 (beschrieben in Einzelne Schritte, Kapitel 3)) abgebildet werden. Dies kann jedoch innerhalb der dynamischen Simulation erfolgen, ausgehend von der Abbildung der GEG-Referenztechnologien.

Als **Projektstandort** kann entweder Potsdam (wie im GEG-Nachweis) gewählt werden oder der reale Projektstandort. Letzteres kann z. B. zu Veränderungen bei den Transmissionswärmeverlusten, den solaren Gewinnen und den Energiegewinnen von solaren Systemen führen. Die Wahl steht dem Projektnehmer frei, der gewählte Standort sollte jedoch angegeben werden.

Für die Betriebsphase sollen die **Primärenergiefaktoren** und **CO₂-Äquivalente der Energieträger aus dem GEG** eingesetzt werden. Bei einer dynamischen Simulation mit dem Fokus auf zeitliche Verschiebe im Strombereich sollten entsprechend dynamische Primärenergiefaktoren und CO₂-Äquivalente für den deutschen Strommix angesetzt werden. Siehe dazu z. B. folgende Quellen in den Referenzen: [Agora Energiewende, 2023], [ENTSO-E Transparency Platform, 2023]. Eine Umrechnung von CO₂-Faktoren auf CO₂-äquivalente Faktoren kann vereinfachend mit einem mittleren statischen Faktor aus den letzten Jahren für den deutschen Strommix durchgeführt werden, der z. B. mithilfe von [Umweltbundesamt, 2023] bzw. aktualisierten Veröffentlichungen dieser Reihe ermittelt werden kann³.

³ Das GEG verwendet rückblickende Daten für den Strommix. Die dynamischen Daten sind aktuell. Der Unterschied ist klar, jedoch wird die Datenverfügbarkeit und bei nichtdynamischen Abbildungen die Datenvergleichbarkeit untereinander und mit der gesetzlich vorgeschriebenen Gebäudebewertung als wichtig erachtet.

5. Sonstige bzw. alle Lebenszyklusphasen

Ähnlich wie die Bewertung der Betriebsphase soll die Bewertung der weiteren Lebensphasen eines Gebäudes auf Basis derzeit verfügbarer und mehrheitlich angewendeter Bewertungsmethoden erfolgen. Hierfür wird die **Methode des Qualitätssiegels Nachhaltiges Gebäude** (QNG, [QNG 2023]) empfohlen, die auch die Basis für die seit 2023 angebotene Bundesförderung für effiziente Gebäude – **Klimafreundlicher Neubau** (KFN) bildet. Alternativ können jedoch auch andere Bewertungsmethoden herangezogen werden, solange sie die gleichen Rahmenbedingungen (**Grundlage der Ökobilanz DIN EN 15643:2021** [DIN EN 15643, 2021] und **DIN EN 15978-1** [DIN EN 15978-1, 2012], in die Bilanz eingehende Module und Lebenszyklusphasen) einhalten.

Die zu bewerteten Lebenszyklusphasen sind:

- **Herstellung:** Module A1 Rohstoffbeschaffung, A2 Transport, A3 Produktion
- **Betrieb und Nutzung:** Modul B4 Austausch. Das Modul B6 Energieverbrauch im Betrieb kann vereinfachend aus der GEG-Bewertung, siehe Einzelne Schritte, Kapitel 4. Betriebsphase, entnommen werden oder alternativ einmal gemäß GEG und zusätzlich gemäß QNG berechnet werden⁴.
- **Rückbau, Abfallbehandlung und Entsorgung:** C3 Abfallbehandlung, C4 Entsorgung. Die Phase D1 Recyclingpotenzial wird wie im QNG nicht in die Summe über die Lebenszyklusphasen mitaufgenommen.

Die Kennwerte für den (nicht erneuerbaren) primärenergetischen Aufwand und die Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalent-Emissionen) in den obigen Lebenszyklusphasen sollen dabei folgenden Datenquellen entnommen werden, wobei auch auf die Reihenfolge geachtet werden sollte. D.h. zunächst sollte in der ersten Datenquelle gesucht werden, danach in der zweiten, etc.:

1. Ökobilanzierung – Rechenwerte 2023 [QNG, 2023]
2. ÖKOBAUDAT gemäß EN 15804+A2 [ÖKOBAUDAT, 2023], basierend auf der neuen Norm DIN EN 15804+A2
3. ÖKOBAUDAT gemäß EN 15804+A1 [ÖKOBAUDAT, 2023], basierend auf der Norm DIN EN 15804+A1
4. Herstellerdaten

Anmerkung: Die zu verwendenden Kennwerte können in den Datenquellen anders bezeichnet sein, so z. B.:

- nicht erneuerbarer primärenergetischer Aufwand: PENRT (Total nicht-erneuerbare Primärenergie)
- Treibhausgasemissionen: GWP (Globales Erwärmungspotenzial)

Grundsätzlich gibt es **zwei Möglichkeiten die Einsparungen oder Mehraufwände beim Primärenergiebedarf und den Treibhausgasemissionen** in den betroffenen Lebensphasen zu ermitteln.

Weg A: Vergleich der eingesetzten Technologiekombinationen (Ist (gemäß Forschungsvorhaben) vs. Referenz):

- ➔ Dies kann in einer einfachen Handrechnung (z.B. mit MS Excel) unter Nutzung der Ökobilanzdaten aus den obigen Datenquellen erfolgen.

⁴ Bei der GEG-Bewertung und der QNG-Bewertung werden voneinander abweichende THG-Emissionsfaktoren und nicht erneuerbare Primärenergiefaktoren verwendet. Zusätzlich ist die Anrechnung des PV-Stroms unterschiedlich. Da für die meisten Vorhaben die Betriebsphase entscheidend ist, soll hier bis zu einem Abgleich der Bewertungsmethoden in der Betriebsphase die gesetzlich geforderte Systematik gemäß GEG verwendet werden. In der Bewertung über alle Lebenszyklusphasen müssen aufgrund der Datenverfügbarkeit zumindest die restlichen Phasen die Kennwerte aus den QNG-Rechenwerten bzw. der ÖKOBAUDAT verwendet werden.

Weg B: Durchführung einer detaillierten Ökobilanzierung und Vergleich mit einem Zielwert:

- ➔ Dafür sollte die Ökobilanz-Rechenmethode des QNG umgesetzt in GEG-Bewertungstools, alternativ ggf. eine Bewertung nach DGNB verwendet werden.

Die Ergebnisse (Einsparungen bzgl. Primärenergie und Treibhausgasemissionen) sind bei den beiden Wegen nicht identisch, schon allein, weil Weg A für die Betriebsphase B6 auf die GEG-Bewertung (oder dynamische Simulation) aus Einzelne Schritte, Kapitel 4 zurückgreift, die gegenüber der QNG-Bilanzierung andere nicht erneuerbare Primärenergiefaktoren und CO₂-Äquivalente für Energieträger nutzt.

Da der Fokus der Energiewendebauen-Projekte auf Einsparungen in der Betriebsphase liegt, wird von den Projekten gefordert die **Betriebsphase B6 in jedem Fall separat und unter Anwendung der GEG-Rahmenbedingungen und Primär- bzw. THG-Faktoren mit der DIN V 18599, oder wenn nötig mit einer dynamischen Simulation, zu bewerten**. Die daraus berechneten Einsparungen sollen in den Ergebnistabellen dokumentiert werden. Da die QNG-Bewertung (Weg B) an GEG-Bewertungstools angekoppelt sind verursacht das keinen Mehraufwand. Allerdings muss damit bei Neubaudemonstrationsvorhaben das baubare GEG-Anforderungsgebäude (siehe Einzelne Schritte, Kapitel 3) als Variante für die Ermittlung der Treibhausgasemissionseinsparung und der Endenergieeinsparung abgebildet werden. Ähnlich ist es bei Sanierungen mit dem 140 %-Gebäude. Bei der Bewertung des gesamten Lebenszyklus (Phasen wie oben beschrieben) kann dann der Vergleich des Neubaugebäudes mit dem Zielwert des QNG-Plus erfolgen. Dieser ggf. anspruchsvoller als eine QNG-Bewertung des baubaren GEG-Anforderungsgebäude. Dafür kann aber Arbeitszeit für die QNG-Bewertung der Variante baubares GEG-Anforderungsgebäude entfallen.

Die beiden Ermittlungswege werden im Folgenden erläutert:

Weg A: Vergleich der eingesetzten Technologiekombinationen (Ist (gemäß Forschungsvorhaben) vs. Referenz)

Das geplante oder umgesetzte Demonstrationsgebäude mit seinen eingesetzten baulichen und anlagentechnischen Technologien und das vom Forschungsnehmer anhand des Leitfadens definierte Referenzgebäude werden für die Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, C3 und C4 in einer „Handrechnung“ bewertet. Dabei müssen eigentlich nur die voneinander abweichenden Technologien bewertet werden. Die Lebenszyklusphase B6 (die auch eine Kompletteneingabe der Gebäudevarianten in den QNG-Teil erfordert) wird aus der GEG-Bewertung bzw. der dynamischen Simulation genommen.

Neubauvorhaben: Vergleich der voneinander abweichenden baulichen und anlagentechnischen Maßnahmen (Technologien) von Ist-Gebäude und baubarem GEG-Anforderungsgebäude. Die Kennwerte für die nicht erneuerbaren Primärenergieaufwände und CO₂-Äquivalenten Emissionen für die Lebenszyklusphasen außer B6 sind aus den Datenquellen 1 bis 4 (siehe oben) zu entnehmen. Dokumentiert werden die Einsparungen aus B6 (GEG-Bewertung), die Einsparungen aus A1, A2, A3, B4, C3 und C4 (Handrechnung), sowie die Summe der beiden Ermittlungen.

Bestandssanierungen: Vergleich der voneinander abweichenden baulichen und anlagentechnischen Maßnahmen (Technologien) des Gebäudes vor und nach der Sanierung. Dabei werden die bei der Sanierung entfernten Technologien vernachlässigt und nur die neu eingesetzten Technologien bewertet. Die Kennwerte für die nicht erneuerbaren Primärenergieaufwände und CO₂-Äquivalenten Emissionen für die Lebenszyklusphasen außer B6 sind aus den Datenquellen 1 bis 4 (siehe oben) zu entnehmen. Dokumentiert werden die Einsparungen aus B6 (GEG-Bewertung), die Einsparungen aus A1, A2, A3, B4, C3 und C4 (Handrechnung), sowie die Summe der beiden Ermittlungen.

- ➔ **Weg A wird vor allem für Demonstrationssanierungen empfohlen.**

Weg B: Durchführung einer detaillierten Ökobilanzierung und Vergleich mit einem Zielwert

Das geplante oder umgesetzte Demonstrationsgebäude mit seinen eingesetzten baulichen und anlagentechnischen Technologien und das vom Forschungsnehmer anhand des Leitfadens definierte Referenzgebäude werden für die

Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, B6, C3 und C4 bewertet. Dabei erfolgt eine komplette Ökobilanzierung gemäß QNG für die beiden Fälle.

Neubauvorhaben: Vereinfachend kann für ein Neubauvorhaben für die komplette Ökobilanzierung der Vergleich zwischen dem Ist-Gebäude und dem Zielwert QNG-Plus durchgeführt werden. Alternativ kann der Vergleich auch mit dem baubaren GEG-Anforderungsgebäude erfolgen. Dabei ergeben sich unterschiedliche Einsparungen, beide Varianten werden jedoch akzeptiert, um ggf. den Aufwand geringer zu halten. (In beiden Fällen müssen für die Betriebsphase B6 auch die Einsparungen zum baubaren GEG-Anforderungsgebäude nach GEG-Bewertung ermittelt werden). Der Vergleich mit dem Zielwert QNG-Plus empfiehlt sich vor allem dann, wenn eine KFN-Förderung für das Gebäude angestrebt wird.

Bestandssanierungen: Ermittlung der ökobilanziellen Kennwerte nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf und Treibhausgasemissionen für die für die energetische Sanierung eingesetzten Technologien. Dafür muss das an die GEG-Bilanzierung angeschlossene QNG-Tool Ergebnisse auswerfen, auch wenn nur ein Teil der eingesetzten Technologien aus dem Zustand nach der Sanierung (eben die neu eingesetzten energetisch relevanten Technologien) ökobilanziell verglichen werden. Der Referenzfall ist mit den entsprechenden Technologien aus dem 140 %-Referenzgebäude (bzw. den rein baulichen Technologien aus GEG-Anlage 7) abzubilden. Die Differenz zwischen den beiden Fällen ist die Einsparung oder der Mehraufwand an Primärenergiebedarf bzw. Treibhausgasemissionen. Alternativ kann auf die Handrechnung aus Weg A zurückgegriffen werden. Hier muss darauf geachtet werden, dass die Lebenszyklusphase B6 entweder aus der GEG-Bilanzierung genommen wird oder aber aus der QNG-Bilanzierung. Bei Weg B für die Bestandsgebäude sollte vorab abgeklärt werden, ob das verwendete GEG-Tool eine „reduzierte“ QNG-Bewertung zulässt und somit der Aufwand der Eingaben verringert werden kann.

➔ -> **Weg B wird vor allem für Demonstrationsneubauten empfohlen. Sollte dabei eine KFN-Förderung angestrebt werden, sind die meisten Arbeiten sowieso dafür nötig.**

Weitere Informationen zur Durchführung einer Lebenszyklusbewertung, wie z. B. die Betrachtungsdauer von 50 Jahren, die danach auf ein Jahr heruntergerechnet wird (d. h. durch 50 a geteilt wird) und die zu wählenden Lebensdauern von unterschiedlichen Technologien für die Phase Austausch (Modul B4) können [QNG, 2003] entnommen werden, insbesondere den Anhängen mit den Bilanzierungsregeln. Bei der Phase Austausch (Modul B4) muss sowohl die Herstellung (A1-A3) als auch die Abfallbehandlung und die Entsorgung (C3, C4) betrachtet werden. Die Daten für den nicht-erneuerbaren primärenergetischen Aufwand müssen zusätzlich von der Einheit MJ in kWh umgerechnet werden (durch 3,6 kWh/MJ geteilt werden).

6. Aufwände für digitale Lösungen

Der materielle und energetische Aufwand und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen für die Nutzung digitaler Technologien soll ebenfalls ermittelt werden. Dieser setzt sich zum einen aus den **Aufwänden für die Herstellung der Komponenten** selbst zusammen, die für digitale Anwendung im Forschungsprojekt zusätzlich installiert wurden. Zum anderen müssen aber auch die **materiellen und energetischen Aufwände für die Datenerhebung und -verarbeitung** bilanziert werden. Von den Projektnehmern muss zusätzlich die „Referenzausführung“ bestimmt werden, also die Ausführung, mit der verglichen wird. Das kann bei Bestandsprojekten der Zustand vor dem Projekt sein und bei Neubauten eine standardmäßige Ausführung. Dadurch kann der Mehraufwand an Energie bzw. die erhöhten Emissionen für zusätzliche Komponenten und die Datenerhebung und -verarbeitung bestimmt werden, welcher dann entsprechend von den berechneten Einsparungen aus den anderen Bewertungsschritten abgezogen wird. Im Folgenden wird zuerst auf die Bilanzierung der Datenverarbeitungsprozesse eingegangen und anschließend werden die zusätzlichen Komponenten für die digitale Anwendung betrachtet.

Wichtig ist, dass **nur Aufwände berücksichtigt** werden müssen, die **bei weiteren entsprechenden Umsetzungen abermals auftreten**. Der nur im Forschungsprojekt auftretende Aufwand für z. B. Datenmonitoring (2-jährige Messperiode zur Evaluierung des Konzepts in der Praxis) muss nicht als Mehraufwand bestimmt werden. Aufwände für Steuerungen und Regelungen, die auch bei einer weiteren Umsetzung in diesem Umfang oder entsprechend der Projektgröße angepasst auftreten werden müssen berücksichtigt und eingetragen werden.

Teil 1: Datenverarbeitungsprozesse

Bei der Nutzung digitaler Technologien für den Einsatz in Gebäuden und Quartieren werden unterschiedliche Datenverarbeitungsprozesse durchlaufen. Hinter jedem Datenverarbeitungsprozessschritt steht eine programmierte Anweisung, die oftmals in Schleifen ausgeführt wird. Dadurch kommt es fortwährend zur Generierung von Daten, welche auch mit einem entsprechenden Energieverbrauch verbunden ist. Bei der Bilanzierung, der durch die digitale Anwendung verursachten Umweltlasten, muss also zu allererst das Datenaufkommen bzw. der Datenaufwand (z. B. in GB/Jahr) bekannt sein. Dabei kann es helfen, die einzelnen Prozessschritte getrennt voneinander zu betrachten, denn zur Bestimmung der Emissionen sind zudem die Datenübertragungswege (z. B. Drahtloskommunikation vs. kabelgebunden) und die Standorte der Datenaufbereitung und Speicherung von Relevanz (z. B. Cloud-Dienst vs. lokaler Messrechner). Das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung hat für einzelne Prozessschrittbereiche die damit verbundenen kumulierten Energieaufwände (KEA) und Treibhausgasemissionen auf der Wissensplattform zusammengestellt ([Aufwände für Datenverarbeitungsprozesse \(wissen-digital-ewb.de\)](https://wissen-digital-ewb.de)), [Wissenschaftliche Begleitforschung EWB, 2024]. Für die Bilanzierung der Treibhausgasemissionen durch die Daten werden die **Prozessschrittbereiche Datenerfassung, Datenkuration, Datenmanagement, Datenverarbeitung an möglicherweise unterschiedlichen Standorten und Datennutzung** betrachtet und die **verwendeten Datenübertragungswege** berücksichtigt.

Teil 2: Komponenten

Darüber hinaus ist die Durchführung der Datenverarbeitungsprozesse auch immer mit materiellem Einsatz für die Herstellung der Komponenten verbunden. Dabei sind **alle Komponenten zu erfassen, die einen zweckmäßigen Betrieb der digitalen Anwendung sicherstellen**. Je nachdem, welche dieser Komponenten **zusätzlich** für die digitale Anwendung verbaut werden mussten, müssen die entsprechenden Umweltlasten mit in die Bilanz einfließen. Dabei sollen alle Lebenszyklusphasen mit betrachtet werden. Wichtig ist auch die Erfassung der **Energieverbräuche für den Betrieb der Komponenten selbst, wie z. B. Batterien in Sensoren**.

Für die genaue Bilanzierung der jeweiligen Komponenten ist zudem die Kenntnis über die technische Ausführung notwendig. Am Beispiel eines Temperatursensors: je nach Einsatzgebiet werden beispielsweise Thermistoren, digitale Temperatursensoren oder Thermopiles eingesetzt, bei denen dementsprechend auch unterschiedliche Materialien verbaut sind und damit unterschiedliche Umweltlasten entstehen.

Für die häufig eingesetzten Komponenten hat das IÖW eine Übersicht über die Energieverbräuche und THG-Emissionen auf der Wissensplattform unter [Aufwände für verwendete Komponenten \(wissen-digital-ewb.de\)](https://wissen-digital-ewb.de), [Wissenschaftliche Begleitforschung EWB, 2024] zusammengetragen. Es finden sich dort Komponenten aus den Kategorien **Sensoren & Zähler, Infrastruktur, Signalverarbeitung, IT, Aktuatoren & Nutzung**. Ziel dieser Übersicht ist es, wichtige Komponenten, die in den Forschungsprojekten verwendet werden, aufzulisten. Durch die hohe Anzahl unterschiedlicher Technologien und damit verbundenen Komponenten kann aber kein Anspruch auf Vollständigkeit bestehen. Wenn das konkrete Bauteil in der Liste nicht aufgeführt ist, kann jedoch der Wert für ein generisches Bauteil verwendet werden, mit dem die Emissionen abgeschätzt werden können.

Zur vereinfachten Anwendung der Komponentenbilanzierung ist auf der Wissensplattform eine MS Excel-Datei zum Download verfügbar (https://wissen-digital-ewb.de/static/static/downloads/EWB_Digi_Komponenten.xlsx), [Wissenschaftliche Begleitforschung EWB, 2024]:

Hinweise									
Bitte geben Sie der Anzahl/Meter der jeweiligen genutzten Komponenten in die gelb markierten Zellen. Im unteren Teil wird automatisch das Treibhauspotential über den Lebenszyklus (insofern für alle Phasen Daten vorhanden - in Tabellenblatt "Daten" prüfen!), der jährliche Energieverbrauch (Strom), sowie die kritische Lebensdauer des Systems, gemessen an der Komponente mit der geringsten Lebenserwartung, angegeben. Nähere Informationen zu den Komponenten sind im Blatt "Daten" zu finden.									
Eingaben									
Sensorik	Anzahl	Aktuatorik	Anzahl	Signalverarbeitung	Anzahl	Infrastruktur	Anzahl / Meter	IT	Anzahl / Meter
CO2 Sensor		Ventilator klein		Kommunikationsschnittstelle		Stromleitung		LAN Kabel	
Temperatursensor		Ventilator mittel		Anbindungskabel		Wasserleitung		Router	
Kabelloser Temperatursensor		Ventilator groß		Analog/Digitalwandler		Luftleitung		PC	
Feuchtesensor		Volumenstromregler		Leiterplatte		Stromzähler		Laptop	
Präsenzmelder		Umwälzpumpe		Datenlogger		Smart Meter		Monitor	
Lichtsensor		Elektr. Ventil-Stellantrieb klein		BUS-System: KNX BACnet Schnittstelle		BUS-System: KNX Spannungsversorgung			
Wasserzähler		Elektr. Ventil-Stellantrieb groß		BUS-System: KNX DALI Schnittstelle		BUS-System: KNX Zusatzspannungsversorgung			
Wärmehzähler		BUS-System: KNX Sonnenschutzaktor		BUS-System: KNX IP Router-Schnittstelle					
Durchflussmesser		BUS-System: KNX Schalt-Dimmaktor		BUS-System: KNX IP Control Center					
		BUS-System: KNX Thermoantriebaktor		BUS-System: KNX Web-Server					
				BUS-System: KNX Repeater					
				BUS-System: KNX Eingabegerät					
				BUS-System: KNX Ausgabegerät					
Ausgaben		Anmerkungen zur Berechnung							
Treibhauspotential Gesamt (in kg CO ₂ -e)	1042,81	Hier wird die Summe der THG-Emissionen (alle Lebenszyklusphasen) der Einzelkomponenten über deren angegebene Lebensdauer gebildet.							
Spezifisches Treibhauspotential Gesamt (in kg CO ₂ -e/Jahr)	108,32	Hier wird die Summe der THG-Emissionen (alle Lebenszyklusphasen) der Einzelkomponenten für jeweils ein Jahr gebildet.							
Energieverbrauch Nutzungsphase (in kWh/Jahr)	70,70	Hier wird die Summe der Stromverbräuche (nur Nutzungsphase) der Einzelkomponenten für jeweils ein Jahr gebildet.							
Kritische Lebensdauer (in Jahren)	6	Hier wird die Komponentenlebensdauer der digitalen Anwendung angegeben, die am geringsten von allen verwendeten Komponenten ist.							

Leider war es nicht möglich, für die Komponenten den nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf über die Lebenszyklusphasen zusammenzutragen, Kennwerte liegen nur für den Endenergiebedarf für die Nutzungsphase und für die Treibhausgasemissionen über die Lebenszyklusphasen vor.

Wenn das betrachtete Demonstrations- oder Umsetzungsgebäude **keine zusätzlichen Aufwendungen für digitale Lösungen** (Datenverarbeitungsprozesse bzw. entsprechend eingesetzte Komponente) im Vergleich zum Referenzfall enthält, kann auf diesen Schritt verzichtet werden. Bitte dann dies in den Ergebnistabellen dokumentieren und begründen.

7. Skalierung

Mit der Skalierung sollen die Auswirkungen des Forschungsvorhabens nicht nur auf die direkte Anwendung in einem Vorhaben (bei Demonstrationsprojekten bzw. Konzept-/Planungsphasen als Vorbereitung zu einem Umsetzungsprojekt auf die beinhalteten Gebäude) ermittelt werden, sondern erweitert werden auf gleichartige Gebäude oder andere Gebäude, auf die das Konzept anwendbar ist. Die Multiplizierbarkeit eines Konzepts ist eine wichtige Grundlage für eine Förderung durch das BMWK.

Bei der Ermittlung der skalierten Einsparung eines Forschungsprojekts ist in **zwei Schritten** vorzugehen.

Schritt 1: Zunächst wird über die Anzahl oder (Nettoraum-)Fläche oder andere geeignete Kenngröße von gleichartigen Gebäuden eine **theoretisch maximale Skalierung** ermittelt, eigentlich der „Markt“ für die Anwendung des Konzepts (oder einer Technologie) in Deutschland. Sollten auch stark abweichende Gebäudetypen bei der Übertragung einberechnet werden, müssen ggf. die ermittelten Einsparungen (aus Einzelne Schritte, Kapitel 4 bis 6) angepasst werden. Bei der theoretisch maximalen Skalierung berücksichtigt werden sollten bereits:

- Jährliche Umsetzungsraten (z. B. Neubau- oder Sanierungsraten)

- Wirkdauern: wie lange wird das Konzept eingesetzt, wann wird es durch ein anderes Konzept ersetzt (vom Markt verdrängt)? Beim vorgegebenen Betrachtungszeitraum von 5 Jahren ist das vermutlich für wenige Vorhaben eine Einschränkung.

Für die Berechnung der theoretisch maximalen Skalierung wird eine Zeitdauer von 5 Jahren nach Projektende angesetzt. **Die skalierten Einsparungen werden** entsprechend **über die 5 Jahre kumuliert**. Durch die 5 Jahre soll der Zeitrahmen überschaubar sein und auch die Änderungen bei Primärenergiefaktoren und CO₂-Äquivalente begrenzt werden. Es wird nicht erwartet, die Änderungen der Faktoren in der Skalierung zu berücksichtigen, um den Berechnungsaufwand zu begrenzen. Bei der Berechnung der Ökobilanz ist dies auf Grundlage der verfügbaren Daten auch nicht möglich. Sollte es Anwendungen geben, die auf weniger als 5 Jahre ausgerichtet sind, kommen in den letzten Jahren keine weiteren Einsparungen hinzu, es werden nur die Einsparungen der Umsetzungen in den Jahren zuvor fortgeschrieben.

Schritt 2: Danach muss die theoretisch maximale Skalierung durch die Anwendung von Reduktionsfaktoren auf eine **realistische Skalierung** verringert werden. Über die Reduktionsfaktoren muss der **Marktanteil abgeschätzt** werden. Damit erfolgt ein Vergleich mit alternativen, bereits vorhandenen Konzepten oder Technologien unter Berücksichtigung von:

- den jeweiligen Preisen bzw. der Wirtschaftlichkeit
- dem Bekanntheitsgrad
- der Akzeptanz bei Bauherren und Nutzern
- den Technologieproduktionsraten (maximale Produktionskapazität beachten)
- der Förderungen und rechtlichen Rahmenbedingungen
- den möglichen Hemmnissen für die Umsetzung

Die skalierten Einsparungen in den Jahren 1 bis 5 und die kumulierten Einsparungen nach dem fünften Jahr sowie Informationen zum ermittelten Markt und Marktanteil sind zu dokumentieren. Siehe dazu Einzelne Schritte, Kapitel 9 und Anhang „Auszufüllende Tabellen/Bilder/Textinformationen“.

Bei der Ermittlung der gleichartigen Gebäude in Deutschland bzw. möglichen weiteren Anwendungen kann auf unterschiedliche Quellen zurückgegriffen werden. Neben der Nutzung der Daten des Statistischen Bundesamts ([Statistisches Bundesamt, 2023] und [Statistisches Bundesamt, 2024]) wird die Anwendung der TABULA-Datenbank [IWU, 2023-1] für Wohngebäude und der ENOB:dataNWG-Datenbank [IWU, 2023-2] für Nichtwohngebäude empfohlen. Dabei kann für die Nutzung der ENOB.dataNWG ein finanzieller Aufwand für die Recherche entstehen, der ggf. beim Projektantrag eingeplant werden kann⁵. Daten zu Modernisierungsraten von Bauteilen und der Gebäudetechnik können z. B. [Cischinsky, 2018] oder [BuVEG, 2024] entnommen werden. Zusätzlich kann auf Daten aus dem thematischen Umfeld der Förderprojekte zurückgegriffen werden.

8. Ermittlung eines zusätzlichen quantitativen Indikators

Viele Projekte aus dem Forschungsbereich besitzen neben dem Ziel der Energie- und Treibhausgas-Einsparung weitere Ziele, so z. B. die Erhöhung des Komforts oder der Hygiene, eine Störungsreduktion, eine Akzeptanzsteigerung, eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit, eine Optimierung der Planung, etc. Für diese Vorhaben soll abgesehen von

⁵ Gemäß Auskunft des IWU entstehen für eine beantragte Recherche über den IWU-Tabellenkonfigurator Kosten von 40 € plus einmalig 25 € Bearbeitungspauschale (Zeitpunkt der Abfrage: Juli 2023). Ggf. sind für unterschiedliche Gebäudetypen mehrere Recherchen notwendig.

den energetischen und Emissionseinsparungen ein zusätzlicher, vom Projekt identifizierter Indikator zugelassen werden, der aufzeigt, wie groß die erreichte Verbesserung durch das Vorhaben ist. Auch hier soll der Indikator im Vergleich zu einer Referenz gebildet werden.

Der Indikator soll dafür vom Forschungsnehmer definiert, die passende Referenz angegeben und die Verbesserung ermittelt werden. Dafür sollte, wenn möglich, eine Messung, sonst eine Berechnung oder Simulation herangezogen werden. Die zugehörigen Informationen sollen ebenso wie die Einsparungen aus den vorigen Kapiteln in die vordefinierten Tabellen in den Schlussbericht eingetragen werden.

9. Ausfüllen der vordefinierten Tabellen mit den ermittelten Kennwerten und Daten der Grundlagen

Nachdem die Einsparungen für das oder die Gebäude ermittelt wurden und die realistische Skalierung durchgeführt wurde, sollen die Daten in vordefinierte Tabellen eingetragen werden. Zusätzlich sollen die Rahmenbedingungen der Ermittlungen verständlich dokumentiert werden. Dafür empfiehlt sich ein gesondertes Kapitel im Schlussbericht des Vorhabens, das ggf. „Ermittlung des Einsparpotenzials des EWB-Forschungsvorhabens“ genannt werden kann.

Referenzen / Verweise auf Hilfestellungen

- [Agora Energiewende, 2023] Agora Energiewende – Agorameter: Stündliche Daten zu u. a. Stromerzeugung und Stromverbrauch Deutschlands inkl. CO₂-Emissionsfaktor des deutschen Strommix. Verfügbar unter <https://www.agora-energiewende.de/service/agorameter>. Letzter Datenzugriff: 21.06.23
- [BuVEG, 2024] BuVEG – Die Gebäudehülle: Sanierungsquote im Sinkflug – Prognose für 2024: weiter schwach. Pressemeldung des Bundesverbands energieeffiziente Gebäudehülle e.V. (BuVEG). Verfügbar unter <https://buveg.de/pressemeldungen/sanierungsquote-im-sinkflug-prognose-2024-schwach/>. Letzter Datenzugriff: 27.05.24.
- [Cischinsky, 2018] Cischinsky, H; Diefenbach, N.: Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016. Datenerhebung zu den energetischen Merkmalen und Modernisierungsraten im deutschen und hessischen Wohngebäudebestand. Bericht des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU). Darmstadt, 2018. Verfügbar unter https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/gebaeudebestand/2018_IWU_CischinskyEtDiefenbach_Datenerhebung-Wohngeb%C3%A4udebestand-2016.pdf. Letzter Datenzugriff: 27.05.24.
- [DIN EN 15643, 2021] Beuth publishing DIN: DIN EN 15643:2021 – Nachhaltigkeit von Bauwerken – Allgemeine Rahmenbedingungen zur Bewertung von Gebäuden und Ingenieurbauwerken; Deutsche Fassung EN 15643:2021. Verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-15643/335506755>. Letzter Datenzugriff: 12.10.2023.
- [DIN EN 15978, 2012] Beuth publishing DIN: DIN EN 15978:2012 – Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode; Deutsche Fassung EN 15978:2011. Verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-15978/164252701>. Letzter Datenzugriff: 12.10.2023. *Anmerkung: derzeit ist eine Entwurffassung der DIN EN 17978-1 verfügbar, die, sobald sie die gültige Version ist, auch als Grundlage für diesen Leitfaden genutzt werden sollte.*
- [DIN V 18599, 2018] Beuth publishing DIN: DIN V 18599:2018 – Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung. Verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/erweiterte-suche/272754!search?alx.searchType=complex&alx.search.autoSuggest=false&searchA-realId=1&query=DIN+V+18599&facets%5B276612%5D=&hitsPerPage=10>. Letzter Datenzugriff: 21.06.23
- [ENTSO-E Transparency Platform, 2023] ENTSO-E Transparency Platform: Zentrale Sammel- und Publikationsstelle für die Stromerzeugung, den Stromtransport und den Stromverbrauch im Pan-europäischen Markt. Verfügbar unter <https://transparency.entsoe.eu/dashboard/show>. Letzter Datenzugriff: 21.06.23
- [GEG, 2023] Deutscher Bundestag: Gesetz zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor. Darin Artikel 18a – Änderung des Gebäudeenergiegesetzes. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2022, Teil I, Nr. 28. Bonn, 28. Juli 2022. Verfügbar unter http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&jumpTo=bgbl122s1237.pdf oder als nichtamtliche Lesefassung unter <https://www.gesetze-im-internet.de/geg/GEG.pdf>. Letzter Datenzugriff: 21.06.23

[IWU, 2023-1]	IWU: TABULA – Entwicklung von Gebäudetypologien zur energetischen Bewertung des Wohngebäudebestands in 13 europäischen Ländern. Deutsche Gebäudetypologie-Broschüre, Datentabellen im MS Excel-Format, TABULA WebTool. Verfügbar unter https://www.iwu.de/forschung/gebaeudebestand/tabula/ . Letzter Datenzugriff: 03.07.23
[IWU, 2023-2]	IWU, Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Bergische Universität Wuppertal: ENOB:DataNWG – Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude. Schlussbericht, Teilberichte, Forschungsdatenbank und Nichtwohngebäude-Typologie. Verfügbar unter: https://www.datanwg.de/home/aktuelles/ . Das IWU ermöglicht Dritten die Durchführung von eigenen wissenschaftlichen Auswertungen mit der Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude. Dabei gibt es drei Optionen des Datenbankzugriffs, die unterschiedlich weitreichende Möglichkeiten bieten. Letzter Datenzugriff: 03.07.23
[ÖKOBAUDAT, 2023]	Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen: Ökobaudat – Informationsportal Nachhaltiges Bauen. ÖKOBAUDAT-Datensätze. Verfügbar unter https://www.oekobaudat.de/no_cache/datenbank/suche/daten/ . Letzter Datenzugriff 21.06.23.
[QNG, 2023]	Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen: QNG-Siegeldokumente. Insbesondere LCA-Bilanzregeln Wohngebäude und Nichtwohngebäude sowie Ökobilanzierung-Rechenwerte. Verfügbar unter https://www.qng.info/service/ . Letzter Datenzugriff: 21.06.23.
[Statistisches Bundesamt, 2023]	Statistisches Bundesamt: DESTATIS. Webseite des Statistischen Bundesamts. Verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Home/inhalt.html . Letzter Datenzugriff: 03.07.23.
[Statistisches Bundesamt, 2024]	Statistisches Bundesamt: DESTATIS: GENESIS-ONLINE: Die Datenbank des Statistischen Bundesamtes. Inhalte unter anderem Daten zu Baufertigstellungen. Verfügbar unter: https://www-genesis.destatis.de/genesis/online . Letzter Datenzugriff: 27.05.24.
[Umweltbundesamt, 2023]	Itcha, P.; Lauf, T.: Entwicklung der spezifischen Treibhausgas-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 – 2022. Climate Change 20/2023. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. Mai 2023. Verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2023_05_23_climate_change_20-2023_strommix_bf.pdf . Letzter Datenzugriff: 21.06.23
[Wissenschaftliche Begleitforschung EWB, 2024]	Wissenschaftliche Begleitforschung Energiewendebauen, Modul 4: Wissensplattform Digitalisierung Energiewendebauen: Negative Umweltwirkungen. Verfügbar unter Negative Umweltwirkungen (wissen-digital-ewb.de) . Letzter Datenzugriff: 12.09.24.

Anhang: Auszufüllende Tabellen/Bilder/Textinformationen

Folgende Kennwerte und Informationen sollten im Schlussberichtskapitel „Ermittlung des Einsparpotenzials des EWB-Forschungsvorhabens“ dokumentiert sein:

(Können einzelne, eigentlich geforderte Schritte aus der Bewertung (z. B. Ökobilanz oder Skalierung) nicht durchgeführt werden, müssen sinnvolle Begründungen dazu erbracht werden oder dargestellt werden, dass hierdurch kein Mehrwert entstanden wäre.)

A) Allgemeine Informationen	
Projektname:	[Offizieller Projektname, siehe Bewilligung]
Förderkennzeichen:	
Projekttyp :	Demonstrationsgebäude bzw. Konzept-/Planungsphasen als Vorbereitung zu einem Umsetzungsprojekt [oder anderer Projekttyp, siehe dann passenden Leitfaden]
Anzahl beinhaltete Gebäude:	[Zahl] -> bei mehr als einem Gebäude müssen entsprechend andere Zeilen vervielfacht werden und bei Kennwerten eine Summe bzw. ein Mittelwert gebildet werden.
Gebäudetyp:	[z. B. Bürogebäude]
Neubau oder Bestandssanierung :	
Bezugsfläche für alle Kennwerte: Thermisch konditionierte Net- toraumfläche NRF [m ²]:	
Als zusätzliche Information bei Wohngebäuden: A _N [m ²] ge- mäß GEG:	
Beschreibung des Gebäudes:	[Informationen zur Nutzung, ggf. Baujahr, Bauweise, Anzahl Stockwerke, Zonierung, Nutzerprofile, ...]
Grundriss:	[Plan eines beispielhaften Grundrisses]
Ansicht:	[Plan oder Foto einer Ansicht. Bitte auf keinen Fall Bilder aus Google Map der BING o.ä. verwenden. Diese Bilder sind geschützt.]
Demonstrationsinhalt: (Istfall nach Projektumsetzung)	[Was genau wird demonstriert: Beschreibung des Energiekonzepts/der eingesetzten Technologien]
Referenzfall : Art:	[z. B. baubares GEG-Anforderungsgebäude, baubares 140 % Gebäude im Vergleich zum Referenzgebäude aus dem GEG]
Referenzfall : Beschreibung:	[Beschreibung des Referenzfalles -> z. B. welche vom Demonstrationsgebäude/Umsetzungsgebäude abweichende Technologien/Materialien enthält das baubare GEG-Anforderungsgebäude, welche vom Sanierungsfall abweichenden Technologien/Materialien enthält das 140 %-Gebäude]

B) Ermittlung der Einsparungen		
1. Betriebsphase:		
Art der Ermittlung:	[GEG – DIN V 18599 / dynamische Simulation]	
Gewählter Standort bei Berechnungen:	[Potsdam oder Angabe Projektstandort]	
Quelle der Primärenergiefaktoren:	[GEG, ggf. Quelle/Beschreibung der Berechnung der dynamischen Faktoren]	
Kennwerte der genutzten Primärenergiefaktoren:	[Angabe der PEFs je eingesetztem Energieträger]	
Quelle der CO ₂ -Äquivalente:	[GEG, ggf. Quelle/Beschreibung der Berechnung der dynamischen Faktoren]	
Kennwerte der genutzten CO ₂ -Äquivalente:	[Angabe der CO ₂ -Äquivalente je eingesetztem Energieträger]	
Ergebnisse:		
	Istfall nach Projektumsetzung	Referenzfall
Endenergiebedarf [MWh/a]: -> Je Energieträger und als Summe		
Endenergiebedarf bezogen auf NRF [kWh/m ² a]: -> Je Energieträger und als Summe		
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf [MWh/a]:		
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf bezogen auf NRF [kWh/m ² a]:		
Treibhausgasemissionen [t _{CO2,äq.} /a]:		
Treibhausgasemissionen [kg _{CO2,äq.} /m ² a]:		
Endenergieeinsparung [MWh/a]: -> Je Energieträger und als Summe	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen, bitte aufteilen in die eingesetzten Energieträger]	
Endenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]: -> Je Energieträger und als Summe	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen, bitte aufteilen in die eingesetzten Energieträger]	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung [t_{CO2,äq.}/a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung bezogen auf NRF [kg_{CO2,äq.}/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	

2. Alle Lebenszyklusphasen:

Gewählter Bilanzierungsweg:	[Weg A: Vergleich der eingesetzten Technologiekombinationen (Ist vs. Referenz)] -> „Handrechnung“ auf Basis Ökobilanzdatensätze für die Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, C3 und C4. Phase B6 (Energieverbrauch im Betrieb) wird aus GEG-Bewertung genommen oder [Weg B: Durchführung einer detaillierten Ökobilanzierung und Vergleich mit einem Zielwert] -> Ökobilanzmethode des QNG als Ankopplung an ein GEG-Tool für die Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, B6, C3 und C4. Phase B6 muss zusätzlich über eine GEG-Bewertung ermittelt werden, siehe oben unter 1. Für den Kennwert über die gesamten Lebenszyklusphasen wird aber das QNG-Ergebnis herangezogen
Verwendete Datenquellen:	[Ökobilanzierung – Rechenwerte 2023 / ÖKOBAUDAT gemäß EN 15804+A2 / ÖKOBAUDAT gemäß EN 15804+A1 / Herstellerdaten] -> Wenn unterschiedliche Datenquellen herangezogen werden, bitte angeben, welche für welche Materialien/Technologien genutzt wurden

Weg A: (wenn Weg B gewählt wurde, sollte dieser Bereich gelöscht werden)

Beschreibung des Istfalls:	Bewertete Technologien
Beschreibung des Referenzfalls:	Bewertete Technologien

Ergebnisse:

Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, C3 und C4:

	Istfall nach Projektumsetzung	Referenzfall
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf [MWh/a]:		
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf bezogen auf NRF [kWh/m²a]:		
Treibhausgasemissionen [t _{CO2,äq.} /a]:		
Treibhausgasemissionen [kg _{CO2,äq.} /m²a]:		
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,äq.} /a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	

Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, C3, C4 zzgl. B6 aus 1. Betriebsphase:

Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]

Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,äq.} /a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung bezogen auf NRF [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Weg B: (wenn Weg A gewählt wurde, sollte dieser Bereich gelöscht werden) Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, B6, C3 und C3		
Ergebnisse:		
	Istwert Demonstrationsgebäude	[Neubau: Zielwert QNG-Plus -> Zum Zeitpunkt des Bauantrags gültiger Zielwert QNG-Plus für KFN-Anträge] oder Sanierung: baubares 140 % Gebäude im Vergleich zum Referenzgebäude aus dem GEG -> Anforderung für ganzheitliche Sanierungen]
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf bezogen auf NRF [kWh/m²a]:		
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf [MWh/m²a]:		[Umrechnung über NRF]
Treibhausgasemissionen bezogen auf NRF [kg _{CO2,äq.} /m²a]:		
Treibhausgasemissionen [t _{CO2,äq.} /a]:		[Umrechnung über NRF]
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	[Zielwert – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Zielwert – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,äq.} /a]:	[Zielwert – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung bezogen auf NRF [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	[Zielwert – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	

3. Aufwände für digitale Lösungen (nur bei Anwendung von Datenverarbeitungsprozessen, wie z.B. Cloud-Dienste, Displays zu Visualisierung, Messfühlern für Steuerungen, etc.)	
Beschreibung der inkludierten Aufwände im Istfall:	[Art und Anzahl genutzter elektronischer Geräte wie z. B. Displays, Sensoren und Datenaufkommen/Datenaufwand pro Jahr sowie beinhaltete Prozessschritte]
Beschreibung des Referenzfalls:	[Art und Anzahl genutzter elektronischer Geräte wie z. B. Displays, Sensoren und Datenaufkommen/Datenaufwand pro Jahr sowie beinhaltete Prozessschritte]
Gewählte Datengrundlagen:	[z. B. PEF/GWP für Stromverbrauch aus anderen Ländern, Datenmengen, Lebenszyklusdaten für Hardware, etc.]
Ergebnisse: Betriebsphase: Stromverbrauch durch Datenverarbeitungsprozesse	
Mehraufwand an Endenergie Strom [MWh/a]: -> Ggf. aufgeteilt in Stromverbrauch je Land und als Summe	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Mehraufwand an Endenergie Strom bezogen auf NRF [kWh/m²a]: -> Ggf. aufgeteilt in Stromverbrauch je Land und als Summe	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Mehraufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie durch Stromverbrauch [MWh/a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Mehraufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie durch Stromverbrauch bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Mehraufwand an Treibhausgasemissionen durch Stromverbrauch [t _{CO2,äq.} /a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Mehraufwand an Treibhausgasemissionen durch Stromverbrauch bezogen auf NRF [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Ergebnisse: Lebenszyklusbewertung des Mehraufwands der Komponenten inkl. deren Energieverbräuche	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen] -> <i>Derzeit aus der angebotenen Quelle nicht verfügbar</i>
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen] -> <i>Derzeit aus der angebotenen Quelle nicht verfügbar</i>
Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,äq.} /a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Treibhausgasemissions-Einsparung bezogen auf NRF [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Ergebnisse: Summe Lebenszyklus (Betriebsphase Stromverbrauch + Komponenten)	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	

Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	
Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,äq.} /a]:	
Treibhausgasemissions-Einsparung bezogen auf NRF [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	

Zusammenfassung der bisherigen Ergebnisse als Startpunkt für 4. Skalierung	
Betriebsphase: Gebäude und digitale Lösungen -> Werte siehe B) 1. und 3.	
Endenergieeinsparung aus Betriebsphase [MWh/a]: -> Nur als Summe	[Summe Endenergieeinsparung [MWh/a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an Endenergie Strom [MWh/a] aus 3.]
Endenergieeinsparung aus Betriebsphase bezogen auf NRF [kWh/m²a]: -> Nur als Summe	[Summe Endenergieeinsparung [kWh/m²a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an Endenergie Strom [kWh/m²a] aus 3.]
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung aus Betriebsphase [MWh/a]:	[Summe nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie durch Stromverbrauch [MWh/a] aus 3.]
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung aus Betriebsphase bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Summe nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [kWh/m²a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie durch Stromverbrauch [kWh/m²a] aus 3.]
Treibhausgasemissions-Einsparung aus Betriebsphase [t _{CO2,äq.} /a]:	[Summe Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,äq.} /a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an Treibhausgasemissionen durch Stromverbrauch [t _{CO2,äq.} /a] aus 3.]
Treibhausgasemissions-Einsparung aus Betriebsphase bezogen auf NRF [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	[Summe Treibhausgasemissions-Einsparung [kg _{CO2,äq.} /m²a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an Treibhausgasemissionen durch Stromverbrauch [kg _{CO2,äq.} /m²a] aus 3.]
Alle Lebenszyklusphasen: Gebäude und digitale Lösungen -> Werte siehe B) 2. und 3.	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	[Summe nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a] aus 2. plus Summe Lebenszyklus digitale Lösungen [MWh/a] aus 3.]
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Summe nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [kWh/m²a] aus 2. plus Summe Lebenszyklus digitale Lösungen [kWh/m²a] aus 3.]
Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,äq.} /a]:	[Summe Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,äq.} /a] aus 2. plus Lebenszyklus digitale Lösungen [t _{CO2,äq.} /a] aus 3.]
Treibhausgasemissions-Einsparung bezogen auf NRF [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	[Summe Treibhausgasemissions-Einsparung [kg _{CO2,äq.} /m²a] aus 2. plus Lebenszyklus digitale Lösungen [kg _{CO2,äq.} /m²a] aus 3.]

4. Skalierung

Schritt 1: Theoretisch maximale Skalierung (Markt in Deutschland für die Anwendung des Konzepts/der Technologien)

Betroffener Gebäudetyp	[z. B. unsanierte Mehrfamilienhäuser, Krankenhäuser mit einer bestimmten RLT-Anlage, etc.]
Anzahl der betroffenen Gebäude in Deutschland: oder Nettoraumfläche der betroffenen Gebäude in Deutschland:	[Zahl] [Zahl + Einheit] [Angabe der Quellen für die Anzahl/Fläche und möglicherweise berücksichtigten Reduktionsfaktoren]
Weitere berücksichtigte Daten:	[z. B. jährliche Umsetzungsraten, Wirkdauern eines Konzepts bzw. Technologie bitte benennen und jeweils Zahlen und Quellen bzw. „eigene Einschätzung“ angeben]
Anzahl oder Größe der Netto- raumfläche der theoretisch maximalen Umsetzung inner- halb 5 Jahre nach dem Projekt:	[Zahl, Reduktion der Anzahl der betroffenen Gebäude durch Umsetzungsraten und Wirkdauern, Berücksichtigung von maximal 5 Jahren Betrachtungszeit]

Schritt 2: Realistische Skalierung [Abschätzung des Marktanteils]

Beschreibung der verwendeten Reduktionsfaktoren:	[z. B. durch Wirtschaftlichkeit des Konzepts/der Technologie, Bekanntheitsgrad, Akzeptanz bei Bauherren/Nutzern, Technologieproduktionsraten, Förderungen und rechtliche Rahmenbedingungen, Hemmnisse -> bitte nennen Sie den Einflussfaktor, beschreiben Sie die Zusammenhänge und geben Sie den zugehörigen Reduktionsfaktor und die Quelle bzw. „eigene Einschätzung“ an. Der Reduktionsfaktor kann sich ggf. über die 5 Jahre unterscheiden]		
Anzahl oder Größe der Netto- raumfläche der geschätzten Umsetzungen je Jahr:	Jahr 1	[Zahl/Zahl + Einheit]	
	Jahr 2	[Zahl/Zahl + Einheit]	
	Jahr 3	[Zahl/Zahl + Einheit]	
	Jahr 4	[Zahl/Zahl + Einheit]	
	Jahr 5	[Zahl/Zahl + Einheit]	

Ergebnisse:

Skalierte Einsparungen je Jahr in der Betriebsphase: [Basis sind die Einsparungen aus 1. Betriebsphase]		Endenergieein- sparung [MWh/a]	Nicht erneuer- bare Primärener- gieeinsparungen [MWh/a]	Treibhaus- gasemissions- Einsparungen [tCO ₂ ,äq./a]
	Jahr 1			
	Jahr 2			
	Jahr 3			
	Jahr 4			
	Jahr 5			
Kumulierte Einsparungen: [5 * Jahr 1 + 4 * Jahr 2 + ...]	Kumulierte Sum- me über 5 Jahre			
Skalierte Einsparungen je Jahr in allen Lebenszyklusphasen: [Basis sind die Einsparungen aus 2. Alle Lebenszykluspha- sen]		-	Nicht erneuer- bare Primärener- gieeinsparungen [MWh/a]	Treibhaus- gasemissions- Einsparungen [tCO ₂ ,äq./a]
	Jahr 1			
	Jahr 2			

Kumulierte Einsparungen: [5 * Jahr 1 + 4 * Jahr 2 + ...]	Jahr 3			
	Jahr 4			
	Jahr 5			
	Kumulierte Summe über 5 Jahre			

5. <u>Zusätzlicher quantitativer Indikator</u> (-> <i>freiwillig, wo passend</i>)		
Gewählter zusätzlicher Indikator:	[Definition und Erläuterung, ggf. Angabe der Einheit, Status/Entwicklungen vor dem Projekt]	
Referenzfall:	[Beschreibung und Begründung, warum dieser Referenzfall gewählt wurde]	
Ergebnis:		
	Istfall nach Projektumsetzung	Referenzfall
Indikator:	[Zahl und ggf. Einheit]	[Zahl und ggf. Einheit]
Verbesserung (Referenz – Istfall nach Projektumsetzung):	[Zahl und ggf. Einheit]	
	[Prozentzahl, (Referenz – Istfall)/Referenz]	

Leitfaden

Ermittlung von Einspareffekten an Energie und klimaschädlichen Emissionen bei der Umsetzung der Forschungsvorhaben und deren Skalierung

Projekttyp: Studien und Konzeptentwicklung ohne Gebäudeumsetzung

Hintergrund

Die Projekte aus der Forschungsinitiative Energiewendebauen (EWB) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz leisten einen wichtigen Beitrag zur Energiewende und zur angestrebten Klimaneutralität im deutschen Gebäudesektor. Sie entwickeln, demonstrieren und validieren Technologien und Konzepte zur Effizienzsteigerung, zur Integration von erneuerbaren Energien und zur Versorgungssicherheit. Dabei wird ein schneller Transfer der erzielten Forschungsergebnisse in den Markt angestrebt.

Um den Beitrag der geförderten Projekte für die Erreichung der genannten Ziele zu bemessen, sollen die Vorhaben die erreichte Einsparung an Energie und Treibhausgasemissionen gegenüber einem adäquaten Referenzfall ermitteln und für eine Querauswertung zur Verfügung stellen. Dabei sollen vor allem die Einsparpotenziale im Bereich der Endenergie und Treibhausgasemissionen bewertet werden, wo möglich und sinnvoll auch die grauen Energien und Emissionen aus der Herstellung, Instandhaltung, Rückbau und Recycling (Ökobilanzierung) berücksichtigt werden und auch eine Skalierung auf der Basis der möglichen Anwendung der Technologien und Konzepte in weiteren Gebäuden innerhalb Deutschlands.

Viele Projekte aus dem Forschungsbereich besitzen jedoch neben dem Ziel der Energie- und Treibhausgas-Einsparung weitere Ziele, so z. B. die Erhöhung des Komforts oder der Hygiene, eine Störungsreduktion, eine Akzeptanzsteigerung, eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit, eine Optimierung der Planung, etc. Für diese Vorhaben soll abgesehen von den energetischen und Emissionseinsparungen ein zusätzlicher, vom Projekt identifizierter quantitativer Indikator zugelassen werden, der aufzeigt, wie groß die erreichte Verbesserung durch das Vorhaben ist. Auch hier soll der Indikator im Vergleich zu einer Referenz gebildet werden.

Da die Projektansätze im Gebäudebereich der Forschungsinitiative EWB sehr unterschiedlich sind und von Gebäudekonzepten über Monitoring, Technologieentwicklungen und Software-Development bis zu Herstellungsprozesse reichen, muss auch die Ermittlung der Einsparpotenziale an den jeweiligen Projekttyp angepasst werden. Trotzdem soll eine grundsätzlich gleichartige Herangehensweise durch projekttypabhängige Leitfäden gewährleistet werden.

Aufgabe der Projekte

Die Projekte sollen (soweit möglich und sinnvoll) eine Ermittlung der Einsparpotenziale an Endenergie und Treibhausgasemissionen durchführen. Bei davon abweichenden oder wichtigen zusätzlichen Projektzielen kann ein weiterer quantitativer Indikator durch das Projekt hinzugefügt werden. Dieser ersetzt im Normalfall jedoch nicht die beiden grundsätzlich geforderten Einsparpotenziale. Der Zeitpunkt der Ermittlung ist wie folgt definiert:

1. **In der Skizzenphase:** Sofern nicht bereits in der Skizze enthalten, wird der Skizzeneinreicher vom PtJ aufgefordert, das Einsparpotenzial des geplanten Vorhabens abzuschätzen. Die dafür angestrebten Kennwerte (Endenergie, nicht erneuerbare Primärenergie und Treibhausgasemissionen) sowie die zu berücksichtigenden Phasen (Betriebsphase, ggf. auch Herstellung, Rückbau und Entsorgung) sowie die gewünschte Art der Skalierung sind aus dem projektypabhängigen Leitfaden zu entnehmen. Die genaue Bewertungsmethode kann allerdings vom Skizzeneinreicher bestimmt werden und einfacher sein (fundierte Schätzung statt detaillierter Berechnung, ggf. nicht alle Lebenszyklusphasen eines Gebäudes).
2. **In der Projektphase:** Vor Ende des Projekts muss der Projektnehmer die Ermittlung des Einsparpotenzials an Endenergie, nicht erneuerbarer Primärenergie und Treibhausgasemissionen im Rahmen des Projekts vornehmen. Im Abschlussbericht des Vorhabens muss ein Kapitel enthalten sein, das die erforderlichen Kennwerte und weitere Informationen zum Ermittlungsweg (Referenzfall, Gebäude aufgrund dem die Kennwerte ermittelt werden, verwendete CO₂-Äquivalente, etc.) explizit zusammenstellt. Die Vorgaben dazu sind dem projektypabhängigen Leitfaden zu entnehmen.

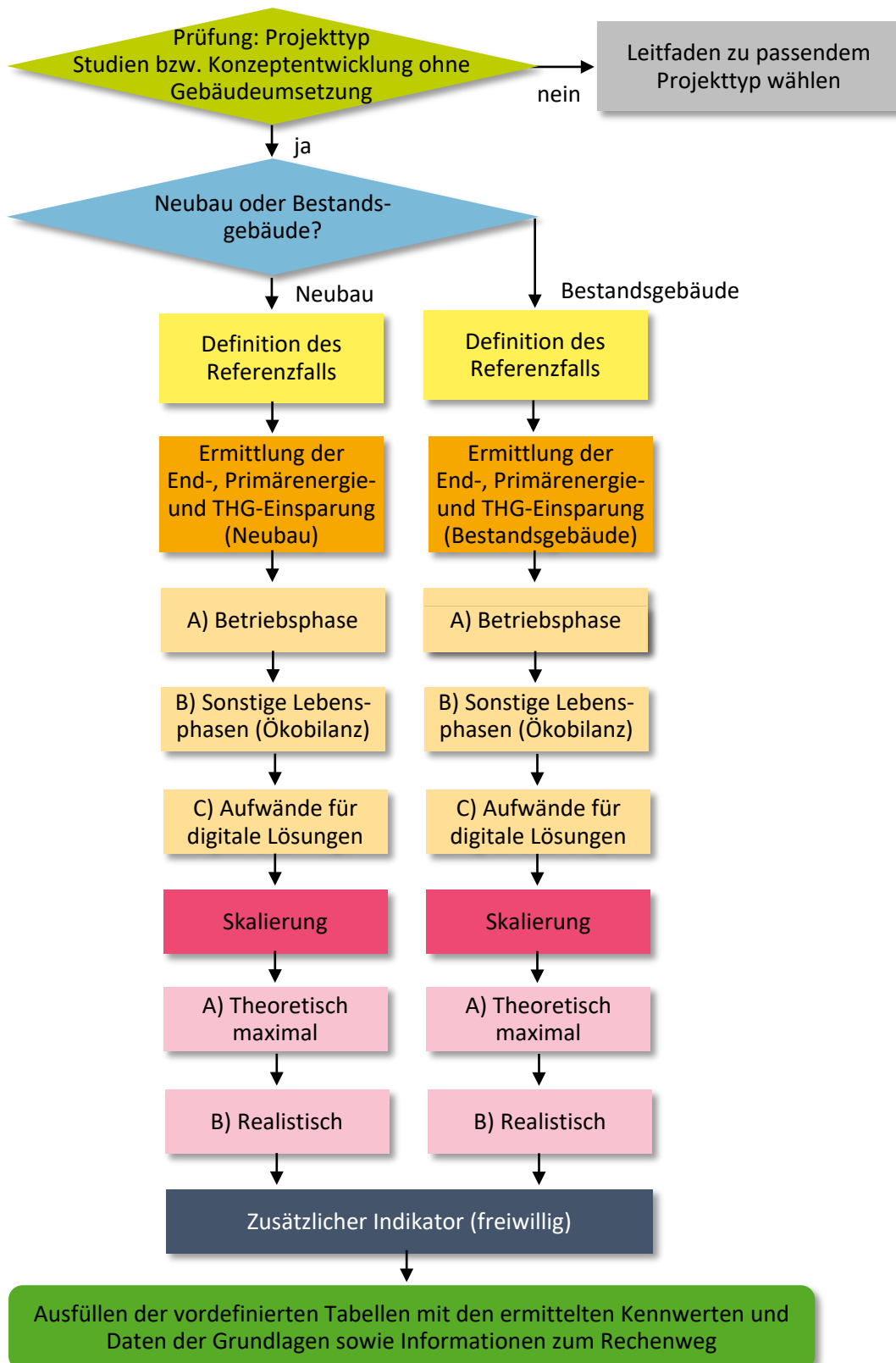
Damit ist eine „einfache“ Abschätzung in der Skizzenphase und eine genaue Ermittlung im Rahmen des Projekts vorgegeben. Es macht Sinn, die Abschätzung in der Skizzenphase soweit wie möglich an die geforderte genaue Ermittlung in der Projektphase anzupassen, denn die Kennwerte aus den beiden Phasen werden ggf. durch den PtJ miteinander verglichen. Der Antragsteller erhält auch spätestens bei der Vorbereitung des Antrags bereits die Definition seiner Aufgabe während der Projektphase und kann entsprechend den benötigten Aufwand oder ggf. ein betreffendes Arbeitspaket einplanen.

Können einzelne, eigentlich geforderte Schritte aus der Bewertung (z. B. Ökobilanz oder Skalierung) nicht durchgeführt werden, müssen sinnvolle Begründungen dazu erbracht werden oder dargestellt werden, dass hierdurch kein Mehrwert entstanden wäre.

Von den Projekten bzw. Projektnehmern werden dabei vor allem Kenntnisse im Bereich energetische Gebäudebewertung gemäß Gebäudeenergiegesetz (GEG)/DIN V 18599, Lebenszyklusbewertung in Anlehnung an BEG/QNG und eine Einschätzung des Marktpotenzials ihrer Technologien bzw. Gebäudekonzepte vorausgesetzt. Da die Ermittlung der Einsparpotenziale meist auf Basis von DIN V 18599-Berechnungen und oft im Vergleich zu den Anforderungen des GEG erfolgt, sollte auch eine entsprechende Software verfügbar und Kenntnisse zur Anwendung der Software vorliegen. Dies ist allerdings nicht der Fall bei Projekten für optimierte Herstellungsprozesse. Hier liegt der Fokus auf den Lebenszyklusphasen Herstellung und Abfallbehandlung/Entsorgung. Damit sind vor allem Kenntnisse im Bereich der ÖKOBAUDAT und BEG/QNG/DGNB hilfreich.

Abfolge der Ermittlung

Das folgende Flussdiagramm zeigt die durchzuführenden Schritte für die Ermittlung der Einsparpotenziale bei den beiden Projekttypen Studien und Konzeptentwicklung ohne Gebäudeumsetzung:



Einzelne Schritte

1. Prüfung Projekttyp Studien bzw. Konzeptentwicklung ohne Gebäudeumsetzung

Die geförderten Projekte im Bereich der Forschungsinitiative Energiewendebauen decken eine große Bandbreite an Projekttypen in Abhängigkeit ihrer Projekthalte und -ziele ab. Grundsätzlich ist zunächst zu trennen in:

- a) Projekte, die die **Anwendung eines Konzepts oder einer/mehrerer Technologien an einem oder ggf. mehreren Gebäuden in der Realität beinhalten**:
 - Umsetzungsprojekte wie Demonstrationsgebäude
 - Konzept-/Planungsphasen als Vorbereitung zu einem Umsetzungsprojekt
 - Technologieentwicklungen mit Gebäudeanwendungen
 - Betriebsoptimierungen an Gebäuden
 - Konzeptentwicklungen inkl. Feldmessungen.
- b) Projekte, die die **Anwendung eines Konzepts oder einer/mehrerer Technologien an einem oder ggf. mehreren Gebäuden rechnerisch bewerten** können:
 - **Studien**
 - **Konzeptentwicklungen ohne Gebäudeumsetzung**
 - Technologieentwicklungen ohne Gebäudeumsetzung
 - Betriebsoptimierungen ohne Gebäudeumsetzung
- c) Projekte, die **nicht direkt mit einem Gebäude oder auch einem typischen Gebäude in Zusammenhang gebracht werden können**:
 - Methodenentwicklungen ohne Feldtest, inkl. Bewertungsmethoden
 - Softwareentwicklungen
 - Messsystementwicklungen
 - Datenerhebungen
 - Leitfäden
 - Materialgrundlagenforschung
 - Herstellungsprozesse

Während die Projekte aus der Projektgruppe a) reale Einsparungen gegenüber dem Ausgangszustand oder zumindest dem Referenzfall erreichen, können für die Projekte aus der Projektgruppe b) zumindest theoretische Einsparungen anhand von passenden Beispielgebäuden ermittelt werden.

Die Projekte aus der Projektgruppe c) sind mit Ausnahme der Herstellungsprozesse nur sehr schwer bezüglich ihres Einsparpotenzials zu bewerten. Entwicklungen von Methoden, Software, Messsystemen und Leitfäden können zwar durch ihre Anwendung in weiteren, dann praktischen Projekten Einsparungen unterstützen oder erleichtern. Wie groß der Einfluss aber wirklich ist, d. h. was wäre ohne die Nutzung der Methode in den praktischen Projekten passiert, lässt sich nicht fundiert abschätzen. Versuche, dies zu tun, führen meist zu einer großen Überschätzung des Einflusses. Trotzdem sind solche Vorhaben wichtig, um den Fortschritt im Bereich Energieeffizienz und Klimaneutralität im Gebäudebereich voranzutreiben. Die Forschung an Materialgrundlagen ist von einer konkreten anwendbaren Technologieanwendung noch so weit entfernt, dass auch dies nicht mit einer Energieeinsparung im Gebäudesektor bewertet werden kann.

Eine Ausnahme bieten die Projekte, die sich mit **Herstellungsprozessen** beschäftigen. Sind diese eine Alternative zu bisher genutzten Herstellungsprozessen einer Gebäudetechnologie, so sollten die Einsparungen an Energie und Treibhausgasemissionen im Ökobilanzbereich „Herstellungsphase“ ermittelt werden“, ggf. unter Berücksichtigung der Phasen Abfallbehandlung und Entsorgung ermittelt werden.

Die Forschungsnehmer müssen ihr Vorhaben zunächst der passenden Projektgruppe zuordnen. Dabei sind folgende **Fragen** zu beantworten:

1. **Sind ein oder mehrere konkrete Gebäude Bestandteil des Projekts?** -> Das Projekt ist dann Projektgruppe a) zuzuordnen. Das Einsparpotenzial wird anhand des konkreten/der konkreten Gebäude ermittelt.
2. **Ist der Projekthinhalt eine Studie, ein Konzept oder eine Technologie, die für eine Gebäudeanwendung durchgeführt oder entwickelt wird, ohne dass dafür ein konkretes Gebäude vorgesehen ist?** -> Dann ist das Projekt der Projektgruppe b) zuzuordnen. Wenn noch keine theoretische Anwendung an einem konkreten Gebäude im Projekt vorgesehen ist, muss für die Ermittlung der Einsparpotenziale ein typisches Gebäude (real oder theoretisch) ausgewählt werden, anhand dem die geforderte Bewertung durchgeführt wird. Das gilt auch für Projekte, in denen im Vorhaben selbst die Umsetzung nur am Versuchsstand durchgeführt wird.
3. **Handelt es sich um eine Entwicklung oder Optimierung eines Herstellungsprozesses?** -> Für das Projekt muss die Einsparung in der Phase „Herstellung“, ggf. auch bei Auswirkungen darauf für die Phasen Abfallbehandlung und Entsorgung, mittels einer Ökobilanzierung durchgeführt werden.
4. **Handelt es sich um ein Vorhaben, dass zum Bereich der anderen Projekttypen aus der Projektgruppe c) zugeordnet werden kann?** -> Dann ist eine Ermittlung des Einsparpotenzials nicht verpflichtend.

Deckt ein Vorhaben mehrere Projektgruppen ab, so ist es jeweils dem höhergeordneten Typ zuzuordnen (also z. B. a) bei einem Vorhaben, das a) und b) beinhaltet).

Dieser Leitfaden ist konkret für Studien bzw. Konzeptentwicklung ohne Gebäudeumsetzung aus der Projektgruppe b) gedacht. Für andere Projekttypen müssen die jeweils passenden Leitfäden angewendet werden, die aus gleichen, teilweise aber auch abweichenden Informationen bestehen.

2. Bestimmung des Anwendungsgebäudes

Bei Studien bzw. Konzeptentwicklungen ohne Gebäudeanwendung wird die **Bewertung des Einsparpotenzials auf der Grundlage eines typischen Gebäudes** durchgeführt. Dieses kann entweder ein reales oder ein theoretisches Gebäude sein. Ein typisches Gebäude kann u.a. mithilfe einer Gebäudetypologie (siehe z. B. [IWU, 2023-1] und [IWU, 2023-2]) bestimmt werden. Alternativ kann basierend auf den Kenntnissen der Projektnehmer ein reales Gebäude bestimmt werden, auf Basis dessen der Einfluss der Studien bzw. Konzepte im Vergleich zur Referenztechnologie berechnet werden kann.

Auch wenn das Konzept nur für einen bestimmten Teilbereich eines Gebäudes geeignet ist (z. B. eine Zone oder ein spezifischer Raum (bspw. einen OP-Saal in einem Krankenhaus), **muss ein gesamtes typisches Gebäude bei der Bewertung herangezogen werden**, damit die auf die Energiebezugsfläche bezogenen Kennwerte sinnvolle Werte ergeben.

3. Neubau oder Bestandssanierung

Bei vielen Projekttypen, so auch bei den Studien und bei den Konzeptentwicklungen ohne Gebäudeumsetzung, ist die Ermittlungsmethode und der Referenzfall davon abhängig, ob es sich bei dem typischen Gebäude (oder den typischen Gebäuden) um einen Neubau oder eine Bestandssanierung handelt.

Neubau: Ein grundsätzlich neues Gebäude. Der Referenzfall basiert auf den zum Zeitpunkt des Vorhabens gültigen gesetzlichen Anforderungen für neue Gebäude. Diese werden im Gebäudeenergiegesetz festgelegt (GEG, [GEG, 2023]). Die Ermittlung der Einsparung kann durch eine Berechnung bzw. Simulation durchgeführt werden.

Bestandssanierung: Eine Veränderung/Optimierung eines bestehenden Gebäudes. Als Referenzfall wird hier die gesetzliche Anforderung für eine ganzheitliche Sanierung eines Gebäudes (derzeit 140 % des Jahresprimärenergiebedarfs des Referenzgebäudes) vorgeschrieben. Bei ausschließlich baulichen Einzelmaßnahmen an Außenbauteilen kann alternativ der Referenzfall für das jeweilige Außenbauteil aus der entsprechenden Tabelle für den Mindestwärmeschutz im GEG bestimmt werden (derzeit GEG Anlage 7). Die Ermittlung der Einsparungen kann durch eine Berechnung oder eine Simulation durchgeführt werden.

Bei einer Studie bzw. einer Konzeptentwicklung mit sowohl Neubauten als auch Bestandssanierungen muss der jeweilig passende Referenzfall und Ermittlungsweg gewählt werden.

4. Definition Referenzfall

Da die Forschungsnehmenden für ihre Vorhaben Einsparpotenziale ermitteln sollen, wird für jedes Vorhaben ein Referenzfall benötigt. Aufgrund der Diversität der Forschungsvorhaben kann in diesem Leitfaden kein allgemein anwendbarer Referenzfall vorgegeben werden. **Die Forschungsnehmenden müssen selbst den konkreten Referenzfall auf Basis der Hinweise in diesem Leitfaden bestimmen und entsprechend den Vorgaben im Anhang „Auszufüllende Tabellen/Bilder/Textinformationen“ dokumentieren.** Grundsätzlich kann bei Studien bzw. Konzeptentwicklungen ohne Umsetzung bei der Art des typischen Gebäudes in Neubauten und Bestandssanierung unterteilt werden (s. Einzelne Schritte, Kapitel 2).

Im Fall von **Neubauten** muss mit den zum Zeitpunkt des Vorhabens (Bauantrag, sonst Projektbeginn) gültigen gesetzlichen Anforderungen an die Energieeffizienz des Gebäudes verglichen werden. Diese sind derzeit im Gebäudeenergiegesetz festgeschrieben. Dabei bildet der maximal zulässige Primärenergiebedarf - berechnet über ein gespiegeltes Gebäude bestückt mit definierten baulichen und anlagentechnischen Referenztechnologien (sog. GEG-Referenzgebäude), dessen resultierender Primärenergiebedarf derzeit abschließend mit dem Faktor 0,55 multipliziert wird - die energetische Vorgabe. Anforderungen an die Endenergie und die Treibhausgasemissionen gibt es keine. Um dennoch Einsparpotenziale im Bereich Treibhausgasemissionen (und Endenergie) ermitteln zu können, muss ein „**baubares GEG-Anforderungsgebäude**“ erarbeitet werden, also ein gespiegeltes Gebäude, dass genau die primärenergetischen Anforderungen des GEG erfüllt. Dazu gibt es keine genauen Vorgaben, wie die Anlagentechnik und die Hüllflächenqualitäten anzusetzen sind, abgesehen von den Anforderungen an die Nutzung von erneuerbaren Energien und die maximalen mittleren U-Werte der Hüllflächen¹. Ein Weg wäre es z. B. die Referenztechnologien aus dem GEG-Referenzgebäude, soweit es geht, gleich zu lassen, aber eine Außenluft-Wärmepumpe mit so angepassten Hüllflächenqualitäten zu verwenden, dass der zulässige Primärenergiebedarf für das Gebäude eingehalten wird. (Hintergrund: eine Abluft-Wärmepumpe ist an fast jedem Standort einsetzbar. Dem Projektnehmer ist es aber freigestellt, andere anerkannte und zulässige bauliche und anlagentechnische Kombinationen auszuwählen, die die primärenergetischen Anforderungen erfüllen.)

¹ Die Zusammenstellung des baubaren GEG-Anforderungsgebäudes hat Einfluss auf die Höhe der resultierenden Einsparungen bei Endenergie, Primärenergie und Treibhausgasen sowohl in der Betriebsphase als auch in den anderen Lebenszyklusphasen. Die Projektnehmer sollten deshalb möglichst gängige Kombinationen von Bauteilqualitäten und Anlagentechniken einsetzen und wenn möglich nicht zu viele Bestandteile gegenüber dem geplanten Gebäude des Forschungsvorhabens verändern, um das Ergebnis nicht zu stark zu beeinflussen. Die Anforderung an die Heizung mit 65 % erneuerbaren Energien muss eingehalten werden.



Ist-Gebäude

Umsetzung gemäß Forschungsantrag

Primärenergiebedarf $Q_{p,ist} (< Q_{p,zul.})$

Ziel: Einsparungsermittlung gegenüber gesetzlichen Anforderungen



GEG-Referenzgebäude

Gespiegeltes Gebäude belegt mit Referenztechnologien aus dem GEG

Primärenergiebedarf $Q_{p,Ref}$

Ergibt über Faktor 0,55 nur PE-Vergleichswert (nicht Endenergie, nicht THG-Emissionen)



Baubares GEG-Anforderungsgebäude

Gespiegeltes Gebäude belegt mit Technologien, die die primärenergetischen Anforderungen des GEG erfüllen

Primärenergiebedarf $Q_{p,zul.} = 0,55 * Q_{p,Ref}$

Tipp: Außenluft-WP + Anpassung der Hüllflächen U-Werte

Ermöglicht Endenergie- und THG-Emissions-Vergleichswert

Für Neubauten gilt ab Januar 2024 die **zusätzliche Anforderung, dass die Heizung in Neubaugebieten zu mindestens 65 % mit erneuerbaren Energien betrieben werden muss**. Außerhalb von Neubaugebieten gilt das erst ab Januar 2026. Vereinfachend sollte diese Anforderung bei Neubaugebäuden auch im baubaren GEG-Anforderungsgebäude (als Referenzfall für die Einsparberechnungen) abgebildet werden - egal ob innerhalb oder außerhalb eines Neubaugebietes. Mit dem Ansatz einer Außenluft-Wärmepumpe als Heizenergieerzeuger wäre das beispielsweise eingehalten.

Im Fall von **Bestandssanierungen** ist der Referenzfall die **gesetzliche Anforderung für eine ganzheitliche Sanierung**. Diese wird **im derzeit gültigen Gebäudeenergiegesetz mit einem Jahresprimärenergiebedarf von 140 % im Vergleich zum sogenannten Referenzgebäude** festgelegt, siehe § 50 GEG. Das Referenzgebäude ist dafür ein gespiegeltes Ist-Gebäude, das mit im GEG festgeschriebenen Technologien und Qualitäten im Bereich der Außenbauteile und der Anlagentechnik belegt wird.

Für die Erfüllung der 140 %-Anforderung können entsprechend schlechtere U-Werte bei den Außenbauteilen und/oder eine weniger effiziente Anlagentechnik eingesetzt werden. Damit wird ein baubares 140 %-Gebäude als Referenzfall definiert². Dieses wird benötigt, damit neben der primärenergetischen Einsparung auch eine Treibhausgas-Einsparung (und auf diesem Weg notwendigerweise auch eine Endenergieeinsparung) ermittelt werden kann. Zusätzlich bildet das 140 %-Gebäude auch den Referenzfall der Einsparungen während der anderen Lebenszyklusphasen. Dafür müssen für das Gebäude die Bauteilhüllflächen und Heizungs-, Lüftungs-, Beleuchtungs- sowie ggf. Kühltechnologien bestimmt werden, die einen Primärenergieaufwand von 140 % des GEG-Referenzgebäudes ergeben. Eine ausschließliche Bestimmung des 140 %-Primärenergiebedarfs genügt nicht.

Anmerkung: Je weniger bauliche und anlagentechnische Technologien sich gegenüber dem Ist-Gebäude verändern, desto einfacher ist die Ermittlung der Differenz in der Lebenszyklusbewertung. Allerdings sollten die alternativ eingesetzten Technologien realitätsnah sein (und auch in der Lebenszyklusbewertung über die Datenquellen abbildbar sein).

² Die Zusammenstellung des baubaren 140 %-Gebäudes hat Einfluss auf die Höhe der resultierenden Einsparungen bei Endenergie, Primärenergie und Treibhausgasen sowohl in der Betriebsphase als auch in den anderen Lebenszyklusphasen. Die Projektnehmer sollten deshalb möglichst gängige Kombinationen von Bauteilqualitäten und Anlagentechniken einsetzen und nicht zu viele Bestandteile gegenüber dem Istzustand zu verändern, um das Ergebnis nicht zu stark zu beeinflussen.

Die zu ermittelnden Einsparungen sind damit die Reduzierungen des Endenergiebedarfs je Energieträger bzw. des Primärenergiebedarfs und der ausgestoßenen Treibhausgase aufgrund einer Sanierung über die gesetzlichen Anforderungen an eine ganzheitliche Sanierung hinaus.

Bei **rein baulichen Konzepten für eine oder mehrere Außenhüllflächen** kann der Referenzfall alternativ auch über die Anforderungen an die Wärmedurchgangskoeffizienten aus GEG Anlage 7 ermittelt werden. Hier werden dann im Vergleich zum Istgebäude bessere Hüllflächenqualitäten als Referenzfall eingesetzt. Für die Betriebsphase genügt dabei der Einsatz der vorgegebenen U-Werte, für die anderen Lebenszyklen müssen die Hüllflächen im Referenzfall entsprechend baubar in Abhängigkeit des Istzustands inklusive der dafür benötigten Materialien abgebildet werden.

Die zu ermittelnden Einsparungen sind damit die Reduzierungen des Endenergiebedarfs je Energieträger bzw. des Primärenergiebedarfs und der ausgestoßenen Treibhausgase aufgrund einer Sanierung über die gesetzlichen Anforderungen an die Erneuerung oder den Ersatz von Außenbauteilen hinaus.

Sollte über die EU-Gebäudeeffizienzrichtlinie (EPBD) die Sanierung der Worst Performance Buildings verpflichtend werden oder ähnliche Ansätze in Deutschland gesetzlich vorgeschrieben werden, muss der Referenzfall entsprechend auf die dadurch entstehenden ggf. höherwertigen Mindestanforderungen angepasst werden. Gleiches gilt für die für die Zukunft bereits geplanten Anforderungen an den Einsatz von erneuerbaren Energien (voraussichtlich 65 %) bei einem Ersatz der Heizungsanlage.

5. Betriebsphase

Der Endenergiebedarf und die entstehenden Treibhausgasemissionen in der Betriebsphase sind derzeit in den meisten Projekten im Fokus. Die Endenergie je eingesetztem Energieträger und darauf basierend die Treibhausgasemissionen (CO₂-äquivalente Emissionen) des Ist-Gebäudes und des Referenzfalls sollen möglichst **auf Basis der zum Zeitpunkt des Projektantrags (Ermittlung für den Projektantrag) bzw. der Baugenehmigung (Ermittlung innerhalb der Projektphase) gültigen gesetzlichen Gebäudeeffizienzbewertung** durchgeführt werden. Derzeit ist das das Gebäudeenergiegesetz (GEG) 2023 [GEG, 2023]. Dieses verweist auf die deutsche Norm DIN V 18599 [DIN V 18599, 2018] als Berechnungsmethode. Das dabei verwendete Monatsbilanzverfahren ist ausreichend für die meisten Anwendungsfälle.

Sollte das Forschungsvorhaben jedoch z. B. auf Einsparungen an (Kosten und) Treibhausgasemissionen durch **zeitliche Verschiebe** abzielen, sollte die Bewertung mittels einer **dynamischen Simulation** mit einer wissenschaftlich anerkannten Software durchgeführt werden. Generell kann freiwillig eine dynamische Simulation zur Ermittlung der Endenergieeinsparung und darauf basierend der Primärenergie- und Treibhausgas-Einsparung verwendet werden. Die Software sollte dann in der Dokumentation benannt und beschrieben werden. Die dynamischen Nutzerprofile sollten mit den statischen Nutzerprofilen der DIN V 18599 abgestimmt werden (bzw. diese in stündliche Nutzerprofile übersetzt werden), wenn es nicht stichhaltige Gründe für andere Nutzerprofile gibt. Diese Gründe dann bitte angeben und die Abweichung inhaltlich erläutern. Auch weitere vom GEG/der DIN V 18599 abweichende Randbedingungen sollten angegeben werden. Trotzdem müssen aber die Referenzfälle entsprechend den GEG-Anforderungen (baubares GEG-Anforderungsgebäude bzw. baubares 140 %-Gebäude oder bei einer rein baulichen Sanierung gemäß GEG Anlage 7 (beschrieben in Einzelne Schritte, Kapitel 3)) abgebildet werden. Dies kann jedoch innerhalb der dynamischen Simulation erfolgen, ausgehend von der Abbildung der GEG-Referenztechnologien.

Als **Projektstandort** kann entweder Potsdam (wie im GEG-Nachweis) gewählt werden oder der reale Projektstandort. Letzteres kann z. B. zu Veränderungen bei den Transmissionswärmeverlusten, den solaren Gewinnen und den Energiegewinnen von solaren Systemen führen. Die Wahl steht dem Projektnehmer frei, der gewählte Standort sollte jedoch angegeben werden.

Für die Betriebsphase sollen die **Primärenergiefaktoren** und **CO₂-Äquivalente der Energieträger aus dem GEG** eingesetzt werden. Bei einer dynamischen Simulation mit dem Fokus auf zeitliche Verschiebe im Strombereich sollten entsprechend dynamische Primärenergiefaktoren und CO₂-Äquivalente für den deutschen Strommix angesetzt werden. Siehe dazu z. B. folgende Quellen in den Referenzen: [Agora Energiewende, 2023], [ENTSO-E Transparency Platform, 2023]. Eine Umrechnung von CO₂-Faktoren auf CO₂-äquivalente Faktoren kann vereinfachend mit einem mittleren statischen Faktor aus den letzten Jahren für den deutschen Strommix durchgeführt werden, der z. B. mithilfe von [Umweltbundesamt, 2023] bzw. aktualisierten Veröffentlichungen dieser Reihe ermittelt werden kann³.

6. Sonstige bzw. alle Lebenszyklusphasen

Ähnlich wie die Bewertung der Betriebsphase soll die Bewertung der weiteren Lebensphasen eines Gebäudes auf Basis derzeit verfügbarer und mehrheitlich angewendeter Bewertungsmethoden erfolgen. Hierfür wird die **Methode des Qualitätssiegels Nachhaltiges Gebäude** (QNG, [QNG 203]) empfohlen, die auch die Basis für die seit 2023 angebotene Bundesförderung für effiziente Gebäude – **Klimafreundlicher Neubau** (KFN) bildet. Alternativ können jedoch auch andere Bewertungsmethoden herangezogen werden, solange sie die gleichen Rahmenbedingungen (**Grundlage der Ökobilanz DIN EN 15643:2021** [DIN EN 15643, 2021] und **DIN EN 15978-1** [DIN EN 15978-1, 2012], in die Bilanz eingehende Module und Lebenszyklusphasen) einhalten.

Die zu bewerteten Lebenszyklusphasen sind:

- **Herstellung:** Module A1 Rohstoffbeschaffung, A2 Transport, A3 Produktion
- **Betrieb und Nutzung:** Modul B4 Austausch. Das Modul B6 Energieverbrauch im Betrieb kann vereinfachend aus der GEG-Bewertung, siehe Einzelne Schritte, Kapitel 4. Betriebsphase, entnommen werden oder alternativ einmal gemäß GEG und zusätzlich gemäß QNG berechnet werden⁴.
- **Rückbau, Abfallbehandlung und Entsorgung:** C3 Abfallbehandlung, C4 Entsorgung. Die Phase D1 Recyclingpotenzial wird wie im QNG nicht in die Summe über die Lebenszyklusphasen mitaufgenommen.

Die Kennwerte für den (nicht erneuerbaren) primärenergetischen Aufwand und die Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalent-Emissionen) in den obigen Lebenszyklusphasen sollen dabei folgenden Datenquellen entnommen werden, wobei auch auf die Reihenfolge geachtet werden sollte. D.h. zunächst sollte in der ersten Datenquelle gesucht werden, danach in der zweiten, etc.:

1. Ökobilanzierung – Rechenwerte 2023 [QNG, 2023]
2. ÖKOBAUDAT gemäß EN 15804+A2 [ÖKOBAUDAT, 2023], basierend auf der neuen Norm DIN EN 15804+A2
3. ÖKOBAUDAT gemäß EN 15804+A1 [ÖKOBAUDAT, 2023], basierend auf der Norm DIN EN 15804+A1
4. Herstellerdaten

³ Das GEG verwendet rückblickende Daten für den Strommix. Die dynamischen Daten sind aktuell. Der Unterschied ist klar, jedoch wird die Datenverfügbarkeit und bei nichtdynamischen Abbildungen die Datenvergleichbarkeit untereinander und mit der gesetzlich vorgeschriebenen Gebäudebewertung als wichtig erachtet.

⁴ Bei der GEG-Bewertung und der QNG-Bewertung werden voneinander abweichende THG-Emissionsfaktoren und nicht erneuerbare Primärenergiefaktoren verwendet. Zusätzlich ist die Anrechnung des PV-Stroms unterschiedlich. Da für die meisten Vorhaben die Betriebsphase entscheidend ist, soll hier bis zu einem Abgleich der Bewertungsmethoden in der Betriebsphase die gesetzlich geforderte Systematik gemäß GEG verwendet werden. In der Bewertung über alle Lebenszyklusphasen müssen aufgrund der Datenverfügbarkeit zumindest die restlichen Phasen die Kennwerte aus den QNG-Rechenwerten bzw. der ÖKOBAUDAT verwendet werden.

Anmerkung: Die zu verwendenden Kennwerte können in den Datenquellen anders bezeichnet sein, so z. B.:

- nicht erneuerbarer primärenergetischer Aufwand: PENRT (Total nicht-erneuerbare Primärenergie)
- Treibhausgasemissionen: GWP (Globales Erwärmungspotenzial)

Grundsätzlich gibt es **zwei Möglichkeiten die Einsparungen oder Mehraufwände beim Primärenergiebedarf und den Treibhausgasemissionen** in den betroffenen Lebensphasen zu ermitteln.

Weg A: Vergleich der eingesetzten Technologiekombinationen (Ist (gemäß Forschungsvorhaben) vs. Referenz):

- ➔ Dies kann in einer einfachen Handrechnung (z.B. mit MS Excel) unter Nutzung der Ökobilanzdaten aus den obigen Datenquellen erfolgen.

Weg B: Durchführung einer detaillierten Ökobilanzierung und Vergleich mit einem Zielwert:

- ➔ Dafür sollte die Ökobilanz-Rechenmethode des QNG umgesetzt in GEG-Bewertungstools, alternativ ggf. eine Bewertung nach DGNB verwendet werden.

Die Ergebnisse (Einsparungen bzgl. Primärenergie und Treibhausgasemissionen) sind bei den beiden Wegen nicht identisch, schon allein, weil Weg A für die Betriebsphase B6 auf die GEG-Bewertung (oder dynamische Simulation) aus Einzelne Schritte, Kapitel 4 zurückgreift, die gegenüber der QNG-Bilanzierung andere nicht erneuerbare Primärenergiefaktoren und CO₂-Äquivalente für Energieträger nutzt.

Da der Fokus der Energiewendebauen-Projekte auf Einsparungen in der Betriebsphase liegt, wird von den Projekten gefordert, die **Betriebsphase B6 in jedem Fall separat und unter Anwendung der GEG-Rahmenbedingungen und Primär- bzw. THG-Faktoren mit der DIN V 18599, oder wenn nötig mit einer dynamischen Simulation, zu bewerten**. Die daraus berechneten Einsparungen sollen in den Ergebnistabellen dokumentiert werden. Da die QNG-Bewertung (Weg B) an GEG-Bewertungstools angekoppelt ist, verursacht das keinen Mehraufwand. Allerdings muss damit bei Neubauvorhaben das baubare GEG-Anforderungsgebäude (siehe Einzelne Schritte, Kapitel 3) als Variante für die Ermittlung der Treibhausgasemissions-Einsparung und der Endenergieeinsparung abgebildet werden. Ähnlich ist es bei Sanierungen mit dem 140 %-Gebäude. Bei der Bewertung des gesamten Lebenszyklus (Phasen wie oben beschrieben) kann dann der Vergleich des Neubaugebäudes mit dem Zielwert des QNG-Plus erfolgen. Dieser ggf. anspruchsvoller als eine QNG-Bewertung des baubaren GEG-Anforderungsgebäude. Dafür kann aber Arbeitszeit für die QNG-Bewertung der Variante baubares GEG-Anforderungsgebäude entfallen.

Die beiden Ermittlungswege werden im Folgenden erläutert:

Weg A: Vergleich der eingesetzten Technologiekombinationen (Ist (gemäß Forschungsvorhaben) vs. Referenz)

Das gewählte typische Gebäude mit seinen gemäß Studie bzw. Konzept eingesetzten baulichen und anlagentechnischen Technologien und das vom Forschungsnehmer anhand des Leitfadens definierte Referenzgebäude werden für die Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, C3 und C4 in einer „Handrechnung“ bewertet. Dabei müssen eigentlich nur die voneinander abweichenden Technologien bewertet werden. Die Lebenszyklusphase B6 (die auch eine Komplett-eingabe der Gebäudevarianten in den QNG-Teil erfordert) wird aus der GEG-Bewertung bzw. der dynamischen Simulation genommen.

Neubauvorhaben: Vergleich der voneinander abweichenden baulichen und anlagentechnischen Maßnahmen (Technologien) von Ist-Gebäude und baubarem GEG-Anforderungsgebäude. Die Kennwerte für die nicht erneuerbaren Primärenergieaufwände und CO₂-Äquivalenten Emissionen für die Lebenszyklusphasen außer B6 sind aus den Datenquellen 1 bis 4 (siehe oben) zu entnehmen. Dokumentiert werden die Einsparungen aus B6 (GEG-Bewertung), die Einsparungen aus A1, A2, A3, B4, C3 und C4 (Handrechnung), sowie die Summe der beiden Ermittlungen.

Bestandssanierungen: Vergleich der voneinander abweichenden baulichen und anlagentechnischen Maßnahmen (Technologien) des Gebäudes vor und nach der Sanierung. Dabei werden die bei der Sanierung entfernten Technologien vernachlässigt und nur die neu eingesetzten Technologien bewertet. Die Kennwerte für die nicht erneuerbaren Primärenergieaufwände und CO₂-Äquivalenten Emissionen für die Lebenszyklusphasen außer B6 sind aus den Datenquellen 1 bis 4 (siehe oben) zu entnehmen. Dokumentiert werden die Einsparungen aus B6 (GEG-Bewertung), die Einsparungen aus A1, A2, A3, B4, C3 und C4 (Handrechnung), sowie die Summe der beiden Ermittlungen.

➔ **Weg A wird vor allem für Sanierungsvorhaben empfohlen.**

Weg B: Durchführung einer detaillierten Ökobilanzierung und Vergleich mit einem Zielwert

Das gewählte typische Gebäude mit seinen gemäß Studie bzw. Konzept eingesetzten baulichen und anlagentechnischen Technologien und das vom Forschungsnehmer anhand des Leitfadens definierte Referenzgebäude werden für die Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, B6, C3 und C4 bewertet. Dabei erfolgt eine komplette Ökobilanzierung gemäß QNG für die beiden Fälle.

Neubauvorhaben: Vereinfachend kann für ein Neubauvorhaben für die komplette Ökobilanzierung der Vergleich zwischen dem Ist-Gebäude und dem Zielwert QNG-Plus durchgeführt werden. Alternativ kann der Vergleich auch mit dem baubaren GEG-Anforderungsgebäude erfolgen. Dabei ergeben sich unterschiedliche Einsparungen, beide Varianten werden jedoch akzeptiert, um ggf. den Aufwand geringer zu halten. (In beiden Fällen müssen für die Betriebsphase B6 auch die Einsparungen zum baubaren GEG-Anforderungsgebäude nach GEG-Bewertung ermittelt werden). Der Vergleich mit dem Zielwert QNG-Plus empfiehlt sich vor allem dann, wenn eine KFN-Förderung für das Gebäude angestrebt wird.

Bestandssanierungen: Ermittlung der ökobilanziellen Kennwerte nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf und Treibhausgasemissionen für die für die energetische Sanierung eingesetzten Technologien. Dafür muss das an die GEG-Bilanzierung angeschlossene QNG-Tool Ergebnisse auswerfen, auch wenn nur ein Teil der eingesetzten Technologien aus dem Zustand nach der Sanierung (eben die neu eingesetzten energetisch relevanten Technologien) ökobilanziell verglichen werden. Der Referenzfall ist mit den entsprechenden Technologien aus dem 140 %-Referenzgebäude (bzw. den rein baulichen Technologien aus GEG-Anlage 7) abzubilden. Die Differenz zwischen den beiden Fällen ist die Einsparung oder der Mehraufwand an Primärenergiebedarf bzw. Treibhausgasemissionen. Alternativ kann auf die Handrechnung aus Weg A zurückgegriffen werden. Hier muss darauf geachtet werden, dass die Lebenszyklusphase B6 entweder aus der GEG-Bilanzierung genommen wird oder aber aus der QNG-Bilanzierung. Bei Weg B für die Bestandsgebäude sollte vorab abgeklärt werden, ob das verwendete GEG-Tool eine „reduzierte“ QNG-Bewertung zulässt und somit der Aufwand der Eingaben verringert werden kann.

➔ **-> Weg B wird vor allem für Neubauten empfohlen. Sollte dabei eine KFN-Förderung angestrebt werden, sind die meisten Arbeiten sowieso dafür nötig.**

Weitere Informationen zur Durchführung einer Lebenszyklusbewertung, wie z. B. die Betrachtungsdauer von 50 Jahren, die danach auf ein Jahr heruntergerechnet wird (d. h. durch 50 a geteilt wird) und die zu wählenden Lebensdauern von unterschiedlichen Technologien für die Phase Austausch (Modul B4) können [QNG, 2003] entnommen werden, insbesondere den Anhängen mit den Bilanzierungsregeln. Bei der Phase Austausch (Modul B4) muss sowohl die Herstellung (A1-A3) als auch die Abfallbehandlung und die Entsorgung (C3, C4) betrachtet werden. Die Daten für den nicht-erneuerbaren primärenergetischen Aufwand müssen zusätzlich von der Einheit MJ in kWh umgerechnet werden (durch 3,6 kWh/MJ geteilt werden).

7. Aufwände für digitale Lösungen

Der materielle und energetische Aufwand und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen für die Nutzung digitaler Technologien soll ebenfalls ermittelt werden. Dieser setzt sich zum einen aus den **Aufwänden für die Herstellung der Komponenten** selbst zusammen, die für digitale Anwendung im Forschungsprojekt zusätzlich installiert wurden. Zum anderen müssen aber auch die **materiellen und energetischen Aufwände für die Datenerhebung und -verarbeitung** bilanziert werden. Von den Projektnehmern muss zusätzlich die „Referenzausführung“ bestimmt werden, also die Ausführung, mit der verglichen wird. Das kann bei Bestandsprojekten der Zustand vor dem Projekt sein und bei Neubauten eine standardmäßige Ausführung. Dadurch kann der Mehraufwand an Energie bzw. die erhöhten Emissionen für zusätzliche Komponenten und die Datenerhebung und -verarbeitung bestimmt werden, welcher dann entsprechend von den berechneten Einsparungen aus den anderen Bewertungsschritten abgezogen wird. Im Folgenden wird zuerst auf die Bilanzierung der Datenverarbeitungsprozesse eingegangen und anschließend werden die zusätzlichen Komponenten für die digitale Anwendung betrachtet.

Wichtig ist, dass **nur Aufwände berücksichtigt** werden müssen, die **bei weiteren entsprechenden Umsetzungen abermals auftreten**. Der nur im Forschungsprojekt auftretende Aufwand für z. B. Datenmonitoring (2-jährige Messperiode zur Evaluierung des Konzepts in der Praxis) muss nicht als Mehraufwand bestimmt werden. Aufwände für Steuerungen und Regelungen, die auch bei einer weiteren Umsetzung in diesem Umfang oder entsprechend der Projektgröße angepasst auftreten werden müssen berücksichtigt und eingetragen werden.

Teil 1: Datenverarbeitungsprozesse

Bei der Nutzung digitaler Technologien für den Einsatz in Gebäuden und Quartieren werden unterschiedliche Datenverarbeitungsprozesse durchlaufen. Hinter jedem Datenverarbeitungsprozessschritt steht eine programmierte Anweisung, die oftmals in Schleifen ausgeführt wird. Dadurch kommt es fortwährend zur Generierung von Daten, welche auch mit einem entsprechenden Energieverbrauch verbunden ist. Bei der Bilanzierung, der durch die digitale Anwendung verursachten Umweltlasten, muss also zu allererst das Datenaufkommen bzw. der Datenaufwand (z. B. in GB/Jahr) bekannt sein. Dabei kann es helfen, die einzelnen Prozessschritte getrennt voneinander zu betrachten, denn zur Bestimmung der Emissionen sind zudem die Datenübertragungswege (z. B. Drahtloskommunikation vs. kabelgebunden) und die Standorte der Datenaufbereitung und Speicherung von Relevanz (z. B. Cloud-Dienst vs. lokaler Messrechner). Das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung hat für einzelne Prozessschrittbereiche die damit verbundenen kumulierten Energieaufwände (KEA) und Treibhausgasemissionen auf der Wissensplattform zusammengestellt ([Aufwände für Datenverarbeitungsprozesse \(wissen-digital-ewb.de\)](https://www.wissen-digital-ewb.de)), [Wissenschaftliche Begleitforschung EWB, 2024]. Für die Bilanzierung der Treibhausgasemissionen durch die Daten werden die **Prozessschrittbereiche Datenerfassung, Datenkuration, Datenmanagement, Datenverarbeitung an möglicherweise unterschiedlichen Standorten und Datennutzung** betrachtet und die **verwendeten Datenübertragungswege** berücksichtigt.

Teil 2: Komponenten

Darüber hinaus ist die Durchführung der Datenverarbeitungsprozesse auch immer mit materiellem Einsatz für die Herstellung der Komponenten verbunden. Dabei sind **alle Komponenten zu erfassen, die einen zweckmäßigen Betrieb der digitalen Anwendung sicherstellen**. Je nachdem, welche dieser Komponenten **zusätzlich** für die digitale Anwendung verbaut werden mussten, müssen die entsprechenden Umweltlasten mit in die Bilanz einfließen. Dabei sollen alle Lebenszyklusphasen mit betrachtet werden. Wichtig ist auch die Erfassung der **Energieverbräuche für den Betrieb der Komponenten selbst, wie z. B. Batterien in Sensoren**.

Für die genaue Bilanzierung der jeweiligen Komponenten ist zudem die Kenntnis über die technische Ausführung notwendig. Am Beispiel eines Temperatursensors: je nach Einsatzgebiet werden beispielsweise Thermistoren, digitale Temperatursensoren oder Thermopiles eingesetzt, bei denen dementsprechend auch unterschiedliche Materialien verbaut sind und damit unterschiedliche Umweltlasten entstehen.

Für die häufig eingesetzten Komponenten hat das IÖW eine Übersicht über die Energieverbräuche und THG-Emissionen auf der Wissensplattform unter Aufwände für verwendete Komponenten (wissen-digital-ewb.de), [Wissenschaftliche Begleitforschung EWB, 2024] zusammengetragen. Es finden sich dort Komponenten aus den Kategorien **Sensoren & Zähler, Infrastruktur, Signalverarbeitung, IT, Aktuatoren & Nutzung**. Ziel dieser Übersicht ist es, wichtige Komponenten, die in den Forschungsprojekten verwendet werden, aufzulisten. Durch die hohe Anzahl unterschiedlicher Technologien und damit verbundenen Komponenten kann aber kein Anspruch auf Vollständigkeit bestehen. Wenn das konkrete Bauteil in der Liste nicht aufgeführt ist, kann jedoch der Wert für ein generisches Bauteil verwendet werden, mit dem die Emissionen abgeschätzt werden können.

Zur vereinfachten Anwendung der Komponentenbilanzierung ist auf der Wissensplattform eine MS Excel-Datei zum Download verfügbar (https://wissen-digital-ewb.de/static/static/downloads/EWB_Digi_Komponenten.xlsx), [Wissenschaftliche Begleitforschung EWB, 2024]:

Hinweise									
Bitte geben Sie der Anzahl/Meter der jeweiligen genutzten Komponenten in die gelb markierten Zellen. Im unteren Teil wird automatisch das Treibhauspotential über den Lebenszyklus (insofern für alle Phasen Daten vorhanden - in Tabellenblatt "Daten" prüfen!), der jährliche Energieverbrauch (Strom), sowie die kritische Lebensdauer des Systems, gemessen an der Komponente mit der geringsten Lebenserwartung, angegeben. Nähere Informationen zu den Komponenten sind im Blatt "Daten" zu finden.									
Eingaben									
Sensorik	Anzahl	Aktuatorik	Anzahl	Signalverarbeitung	Anzahl	Infrastruktur	Anzahl / Meter	IT	Anzahl / Meter
CO2 Sensor		Ventilator klein		Kommunikationsschnittstelle		Stromleitung		LAN Kabel	
Temperatursensor		Ventilator mittel		Anbindungskabel		Wasserleitung		Router	
Kabelloser Temperatursensor		Ventilator groß		Analog/Digitalwandler		Luftleitung		PC	
Feuchtesensor		Volumenstromregler		Leiterplatte		Stromzähler		Laptop	
Präsenzmelder		Umwälzpumpe		Datenlogger		Smart Meter		Monitor	
Lichtsensor		Elektr. Ventil-Stellantrieb klein		BUS-System: KNX BACnet Schnittstelle		BUS-System: KNX Spannungsversorgung			
Wasserzähler		Elektr. Ventil-Stellantrieb groß		BUS-System: KNX DALI Schnittstelle		BUS-System: KNX Zusatzspannungsversorgung			
Wärmezähler		BUS-System: KNX Sonnenschutzaktor		BUS-System: KNX IP Router-Schnittstelle					
Durchflussmesser		BUS-System: KNX Schalt-Dimmaktor		BUS-System: KNX IP Control Center					
		BUS-System: KNX Thermoantriebsaktor		BUS-System: KNX Web-Server					
				BUS-System: KNX Repeater					
				BUS-System: KNX Eingabegerät					
				BUS-System: KNX Ausgabegerät					
Ausgaben		Anmerkungen zur Berechnung							
Treibhauspotential Gesamt (in kg CO ₂ -e)	1042,81	Hier wird die Summe der THG-Emissionen (alle Lebenszyklusphasen) der Einzelkomponenten über deren angegebene Lebensdauer gebildet.							
Spezifisches Teilhauspotential Gesamt (in kg CO ₂ -e/Jahr)	108,32	Hier wird die Summe der THG-Emissionen (alle Lebenszyklusphasen) der Einzelkomponenten für jeweils ein Jahr gebildet.							
Energieverbrauch Nutzungsphase (in kWh/Jahr)	70,70	Hier wird die Summe der Stromverbräuche (nur Nutzungsphase) der Einzelkomponenten für jeweils ein Jahr gebildet.							
Kritische Lebensdauer (in Jahren)	6	Hier wird die Komponentenlebensdauer der digitalen Anwendung angegeben, die am geringsten von allen verwendeten Komponenten ist.							

Leider war es nicht möglich, für die Komponenten den nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf über die Lebenszyklusphasen zusammenzutragen, Kennwerte liegen nur für den Endenergiebedarf für die Nutzungsphase und für die Treibhausgasemissionen über die Lebenszyklusphasen vor.

Wenn das betrachtete typische Gebäude **keine zusätzlichen Aufwendungen für digitale Lösungen** (Datenverarbeitungsprozesse bzw. entsprechend eingesetzte Komponente) im Vergleich zum Referenzfall enthält, kann auf diesen Schritt verzichtet werden. Bitte dann dies in den Ergebnistabellen dokumentieren und begründen.

8. Skalierung

Mit der Skalierung sollen die Auswirkungen des Forschungsvorhabens nicht nur auf die direkte Anwendung in einem Vorhaben (bei Studien bzw. Konzeptentwicklungsprojekte ohne Gebäudeanwendung auf das gewählte typische Gebäude) ermittelt werden, sondern erweitert werden auf gleichartige Gebäude oder andere Gebäude, auf die das Konzept anwendbar ist. Die Multiplizierbarkeit eines Konzepts ist eine wichtige Grundlage für eine Förderung durch das BMWK.

Bei der Ermittlung der skalierten Einsparung eines Forschungsprojekts ist in **zwei Schritten** vorzugehen.

Schritt 1: Zunächst wird über die Anzahl oder (Nettoraum-)Fläche oder andere geeignete Kenngröße von gleichartigen Gebäuden eine **theoretisch maximale Skalierung** ermittelt, eigentlich der „**Markt**“ für die **Anwendung des Konzepts** (oder einer Technologie) in Deutschland. Sollten auch stark abweichende Gebäudetypen bei der Übertragung einberechnet werden, müssen ggf. die ermittelten Einsparungen (aus Einzelne Schritte, Kapitel 4 bis 6) angepasst werden. Bei der theoretisch maximalen Skalierung berücksichtigt werden sollten bereits:

- Jährliche Umsetzungsraten (z. B. Neubau- oder Sanierungsraten)
- Wirkdauern: wie lange wird das Konzept eingesetzt, wann wird es durch ein anderes Konzept ersetzt (vom Markt verdrängt)? Beim vorgegebenen Betrachtungszeitraum von 5 Jahren ist das vermutlich für wenige Vorhaben eine Einschränkung.

Für die Berechnung der theoretisch maximalen Skalierung wird eine Zeitdauer von 5 Jahren nach Projektende angesetzt. **Die skalierten Einsparungen werden** entsprechend **über die 5 Jahre kumuliert**. Durch die 5 Jahre soll der Zeitrahmen überschaubar sein und auch die Änderungen bei Primärenergiefaktoren und CO₂-Äquivalente begrenzt werden. Es wird nicht erwartet, die Änderungen der Faktoren in der Skalierung zu berücksichtigen, um den Berechnungsaufwand zu begrenzen. Bei der Berechnung der Ökobilanz ist dies auf Grundlage der verfügbaren Daten auch nicht möglich. Sollte es Anwendungen geben, die auf weniger als 5 Jahre ausgerichtet sind, kommen in den letzten Jahren keine weiteren Einsparungen hinzu, es werden nur die Einsparungen der Umsetzungen in den Jahren zuvor fortgeschrieben.

Schritt 2: Danach muss die theoretisch maximale Skalierung durch die Anwendung von Reduktionsfaktoren auf eine **realistische Skalierung** verringert werden. Über die Reduktionsfaktoren muss der **Marktanteil abgeschätzt** werden. Damit erfolgt ein Vergleich mit alternativen, bereits vorhandenen Konzepten oder Technologien unter Berücksichtigung von:

- den jeweiligen Preisen bzw. der Wirtschaftlichkeit
- dem Bekanntheitsgrad
- der Akzeptanz bei Bauherren und Nutzern
- den Technologieproduktionsraten (maximale Produktionskapazität beachten)
- der Förderungen und rechtlichen Rahmenbedingungen
- den möglichen Hemmnissen für die Umsetzung

Die skalierten Einsparungen in den Jahren 1 bis 5 und die kumulierten Einsparungen nach dem fünften Jahr sowie Informationen zum ermittelten Markt und Marktanteil sind zu dokumentieren. Siehe dazu Einzelne Schritte, Kapitel 9 und Anhang „Auszufüllende Tabellen/Bilder/Textinformationen“.

Bei der Ermittlung der gleichartigen Gebäude in Deutschland bzw. möglichen weiteren Anwendungen kann auf unterschiedliche Quellen zurückgegriffen werden. Neben der Nutzung der Daten des Statistischen Bundesamts ([Statistisches Bundesamt, 2023] und [Statistisches Bundesamt, 2024]) wird die Anwendung der TABULA-Datenbank [IWU, 2023-1] für Wohngebäude und der ENOB:dataNWG-Datenbank [IWU, 2023-2] für Nichtwohngebäude empfohlen.

Dabei kann für die Nutzung der ENOB.dataNWG ein finanzieller Aufwand für die Recherche entstehen, der ggf. beim Projektantrag eingeplant werden kann⁵. Daten zu Modernisierungsraten von Bauteilen und der Gebäudetechnik können z. B. [Cischinsky, 2018] oder [BuVEG, 2024] entnommen werden. Zusätzlich kann auf Daten aus dem thematischen Umfeld der Förderprojekte zurückgegriffen werden.

8. Ermittlung eines zusätzlichen quantitativen Indikators

Viele Projekte aus dem Forschungsbereich besitzen neben dem Ziel der Energie- und Treibhausgas-Einsparung weitere Ziele, so z. B. die Erhöhung des Komforts oder der Hygiene, eine Störungsreduktion, eine Akzeptanzsteigerung, eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit, eine Optimierung der Planung, etc. Für diese Vorhaben soll abgesehen von den energetischen und Emissionseinsparungen ein zusätzlicher, vom Projekt identifizierter Indikator zugelassen werden, der aufzeigt, wie groß die erreichte Verbesserung durch das Vorhaben ist. Auch hier soll der Indikator im Vergleich zu einer Referenz gebildet werden.

Der Indikator soll dafür vom Forschungsnehmer definiert, die passende Referenz angegeben und die Verbesserung ermittelt werden. Dafür sollte, wenn möglich, eine Messung, sonst eine Berechnung oder Simulation herangezogen werden. Die zugehörigen Informationen sollen ebenso wie die Einsparungen aus den vorigen Kapiteln in die vordefinierten Tabellen in den Schlussbericht eingetragen werden.

9. Ausfüllen der vordefinierten Tabellen mit den ermittelten Kennwerten und Daten der Grundlagen

Nachdem die Einsparungen für das typische oder die typischen Gebäude ermittelt wurden und die realistische Skalierung durchgeführt wurde, sollen die Daten in vordefinierte Tabellen eingetragen werden. Zusätzlich sollen die Rahmenbedingungen der Ermittlungen verständlich dokumentiert werden. Dafür empfiehlt sich ein gesondertes Kapitel im Schlussbericht des Vorhabens, das ggf. „Ermittlung des Einsparpotenzials des EWB-Forschungsvorhabens“ genannt werden kann.

⁵ Gemäß Auskunft des IWU entstehen für eine beantragte Recherche über den IWU-Tabellenkonfigurator Kosten von 40 € plus einmalig 25 € Bearbeitungspauschale (Zeitpunkt der Abfrage: Juli 2023). Ggf. sind für unterschiedliche Gebäudetypen mehrere Recherchen notwendig.

Referenzen / Verweise auf Hilfestellungen

- [Agora Energiewende, 2023] Agora Energiewende – Agorameter: Stündliche Daten zu u. a. Stromerzeugung und Stromverbrauch Deutschlands inkl. CO₂-Emissionsfaktor des deutschen Strommix. Verfügbar unter <https://www.agora-energiewende.de/service/agorameter>. Letzter Datenzugriff: 21.06.23
- [BuVEG, 2024] BuVEG – Die Gebäudehülle: Sanierungsquote im Sinkflug – Prognose für 2024: weiter schwach. Pressemeldung des Bundesverbands energieeffiziente Gebäudehülle e.V. (BuVEG). Verfügbar unter <https://buveg.de/pressemeldungen/sanierungsquote-im-sinkflug-prognose-2024-schwach/>. Letzter Datenzugriff: 27.05.24.
- [Cischinsky, 2018] Cischinsky, H; Diefenbach, N.: Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016. Datenerhebung zu den energetischen Merkmalen und Modernisierungsraten im deutschen und hessischen Wohngebäudebestand. Bericht des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU). Darmstadt, 2018. Verfügbar unter https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/gebaeudebestand/2018_IWU_CischinskyEtDiefenbach_Datenerhebung-Wohngeb%C3%A4udebestand-2016.pdf. Letzter Datenzugriff: 27.05.24.
- [DIN EN 15643, 2021] Beuth publishing DIN: DIN EN 15643:2021 – Nachhaltigkeit von Bauwerken – Allgemeine Rahmenbedingungen zur Bewertung von Gebäuden und Ingenieurbauwerken; Deutsche Fassung EN 15643:2021. Verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-15643/335506755>. Letzter Datenzugriff: 12.10.2023.
- [DIN EN 15978, 2012] Beuth publishing DIN: DIN EN 15978:2012 – Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode; Deutsche Fassung EN 15978:2011. Verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-15978/164252701>. Letzter Datenzugriff: 12.10.2023. *Anmerkung: derzeit ist eine Entwurffassung der DIN EN 17978-1 verfügbar, die, sobald sie die gültige Version ist, auch als Grundlage für diesen Leitfaden genutzt werden sollte.*
- [DIN V 18599, 2018] Beuth publishing DIN: DIN V 18599:2018 – Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung. Verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/erweiterte-suche/272754!search?alx.searchType=complex&alx.search.autoSuggest=false&searchA-realId=1&query=DIN+V+18599&facets%5B276612%5D=&hitsPerPage=10>. Letzter Datenzugriff: 21.06.23
- [ENTSO-E Transparency Platform, 2023] ENTSO-E Transparency Platform: Zentrale Sammel- und Publikationsstelle für die Stromerzeugung, den Stromtransport und den Stromverbrauch im Pan-europäischen Markt. Verfügbar unter <https://transparency.entsoe.eu/dashboard/show>. Letzter Datenzugriff: 21.06.23
- [GEG, 2023] Deutscher Bundestag: Gesetz zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor. Darin Artikel 18a – Änderung des Gebäudeenergiegesetzes. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2022, Teil I, Nr. 28. Bonn, 28. Juli 2022. Verfügbar unter http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&jumpTo=bgbl122s1237.pdf oder als nichtamtliche Lesefassung unter <https://www.gesetze-im-internet.de/geg/GEG.pdf>. Letzter Datenzugriff: 21.06.23

[IWU, 2023-1]	IWU: TABULA – Entwicklung von Gebäudetypologien zur energetischen Bewertung des Wohngebäudebestands in 13 europäischen Ländern. Deutsche Gebäudetypologie-Broschüre, Datentabellen im MS Excel-Format, TABULA WebTool. Verfügbar unter https://www.iwu.de/forschung/gebaeudebestand/tabula/ . Letzter Datenzugriff: 03.07.23
[IWU, 2023-2]	IWU, Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Bergische Universität Wuppertal: ENOB:DataNWG – Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude. Schlussbericht, Teilberichte, Forschungsdatenbank und Nichtwohngebäude-Typologie. Verfügbar unter: https://www.datanwg.de/home/aktuelles/ . Das IWU ermöglicht Dritten die Durchführung von eigenen wissenschaftlichen Auswertungen mit der Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude. Dabei gibt es drei Optionen des Datenbankzugriffs, die unterschiedlich weitreichende Möglichkeiten bieten. Letzter Datenzugriff: 03.07.23
[ÖKOBAUDAT, 2023]	Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen: Ökobaudat – Informationsportal Nachhaltiges Bauen. ÖKOBAUDAT-Datensätze. Verfügbar unter https://www.oekobaudat.de/no_cache/datenbank/suche/daten/ . Letzter Datenzugriff 21.06.23.
[QNG, 2023]	Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen: QNG-Siegeldokumente. Insbesondere LCA-Bilanzregeln Wohngebäude und Nichtwohngebäude sowie Ökobilanzierung-Rechenwerte. Verfügbar unter https://www.qng.info/service/ . Letzter Datenzugriff: 21.06.23.
[Statistisches Bundesamt, 2023]	Statistisches Bundesamt: DESTATIS. Webseite des Statistischen Bundesamts. Verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Home/inhalt.html . Letzter Datenzugriff: 03.07.23.
[Statistisches Bundesamt, 2024]	Statistisches Bundesamt: DESTATIS: GENESIS-ONLINE: Die Datenbank des Statistischen Bundesamtes. Inhalte unter anderem Daten zu Baufertigstellungen. Verfügbar unter: https://www-genesis.destatis.de/genesis/online . Letzter Datenzugriff: 27.05.24.
[Umweltbundesamt, 2023]	Itcha, P.; Lauf, T.: Entwicklung der spezifischen Treibhausgas-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 – 2022. Climate Change 20/2023. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. Mai 2023. Verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2023_05_23_climate_change_20-2023_strommix_bf.pdf . Letzter Datenzugriff: 21.06.23
[Wissenschaftliche Begleitforschung EWB, 2024]	Wissenschaftliche Begleitforschung Energiewendebauen, Modul 4: Wissensplattform Digitalisierung Energiewendebauen: Negative Umweltwirkungen. Verfügbar unter Negative Umweltwirkungen (wissen-digital-ewb.de) . Letzter Datenzugriff: 12.09.24.

Anhang: Auszufüllende Tabellen/Bilder/Textinformationen

Folgende Kennwerte und Informationen sollten im Schlussberichtskapitel „Ermittlung des Einsparpotenzials des EWB-Forschungsvorhabens“ dokumentiert sein:

(Können einzelne, eigentlich geforderte Schritte aus der Bewertung (z. B. Ökobilanz oder Skalierung) nicht durchgeführt werden, müssen sinnvolle Begründungen dazu erbracht werden oder dargestellt werden, dass hierdurch kein Mehrwert entstanden wäre.)

A) Allgemeine Informationen	
Projektname:	[Offizieller Projektname, siehe Bewilligung]
Förderkennzeichen:	
Projekttyp :	Konzeptentwicklung inkl. Feldmessung [oder anderer Projekttyp, siehe dann passenden Leitfaden]
Anzahl beinhaltete Gebäude:	[Zahl] -> bei mehr als einem Gebäude müssen entsprechend andere Zeilen vervielfacht werden und bei Kennwerten eine Summe bzw. ein Mittelwert gebildet werden.
Gebäudetyp:	[z. B. Bürogebäude]
Neubau oder Bestandssanierung :	
Bezugsfläche für alle Kennwerte: Thermisch konditionierte Net- toraumfläche NRF [m²]:	
Als zusätzliche Information bei Wohngebäuden: A _N [m²] ge- mäß GEG:	
Beschreibung des typischen Gebäudes: (bei mehreren Gebäuden mehrmals einfügen)	[Informationen zur Nutzung, ggf. Baujahr, Bauweise, Anzahl Stockwerke, Zonierung, Nutzerprofile, ...]
Grundriss: (bei mehreren Gebäuden mehrmals einfügen)	[Plan eines beispielhaften Grundrisses]
Ansicht: (bei mehreren Gebäuden mehrmals einfügen)	[Plan oder Foto einer Ansicht. Bitte auf keinen Fall Bilder aus Google Map der BING o.ä. verwenden. Diese Bilder sind geschützt.]
Konzeptinhalt: (Istfall nach Projektumset- zung)	[Was genau wird umgesetzt: Beschreibung des Energiekonzepts/der eingesetzten Technologien]
Referenzfall : Art:	[z. B. baubares GEG-Anforderungsgebäude, baubares 140 % Gebäude im Vergleich zum Referenzgebäude aus dem GEG]
Referenzfall : Beschreibung:	[Beschreibung des Referenzfalles -> z. B. welche vom Umsetzungsgebäude abweichende Technologien/Materialien enthält das baubare GEG-Anforderungsgebäude, welche vom Sanierungsfall abweichenden Technologien/Materialien enthält das 140 %-Gebäude]

B) Ermittlung der Einsparungen		
1. Betriebsphase:		
Art der Ermittlung:	[GEG – DIN V 18599 / dynamische Simulation]	
Gewählter Standort bei Berechnungen:	[Potsdam oder Angabe Projektstandort]	
Quelle der Primärenergiefaktoren:	[GEG, ggf. Quelle/Beschreibung der Berechnung der dynamischen Faktoren]	
Kennwerte der genutzten Primärenergiefaktoren:	[Angabe der PEFs je eingesetztem Energieträger]	
Quelle der CO ₂ -Äquivalente:	[GEG, ggf. Quelle/Beschreibung der Berechnung der dynamischen Faktoren]	
Kennwerte der genutzten CO ₂ -Äquivalente	[Angabe der CO ₂ -Äquivalente je eingesetztem Energieträger]	
Ergebnisse:		
	Istfall nach Projektumsetzung	Referenzfall
Endenergiebedarf [MWh/a]: -> Je Energieträger und als Summe		
Endenergiebedarf bezogen auf NRF [kWh/m ² a] -> Je Energieträger und als Summe		
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf [MWh/a]:		
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf bezogen auf NRF [kWh/m ² a]		
Treibhausgasemissionen [t _{CO2,Äq.} /a]		
Treibhausgasemissionen [kg _{CO2,Äq.} /m ² a]		
Endenergieeinsparung [MWh/a]: -> Je Energieträger und als Summe	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen, bitte aufteilen in die eingesetzten Energieträger]	
Endenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]: -> Je Energieträger und als Summe	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen, bitte aufteilen in die eingesetzten Energieträger]	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung [t_{CO2,Äq.}/a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung bezogen auf NRF [kg_{CO2,Äq.}/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	

2. Alle Lebenszyklusphasen:

Gewählter Bilanzierungsweg:	[Weg A: Vergleich der eingesetzten Technologiekombinationen (Ist vs. Referenz)] -> „Handrechnung“ auf Basis Ökobilanzdatensätze für die Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, C3 und C4. Phase B6 (Energieverbrauch im Betrieb) wird aus GEG-Bewertung genommen oder [Weg B: Durchführung einer detaillierten Ökobilanzierung und Vergleich mit einem Zielwert] -> Ökobilanzmethode des QNG als Ankopplung an ein GEG-Tool für die Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, B6, C3 und C4. Phase B6 muss zusätzlich über eine GEG-Bewertung ermittelt werden, siehe oben unter 1. Für den Kennwert über die gesamten Lebenszyklusphasen wird aber das QNG-Ergebnis herangezogen
Verwendete Datenquellen:	[Ökobilanzierung – Rechenwerte 2023 / ÖKOBAUDAT gemäß EN 15804+A2 / ÖKOBAUDAT gemäß EN 15804+A1 / Herstellerdaten] -> Wenn unterschiedliche Datenquellen herangezogen werden, bitte angeben, welche für welche Materialien/Technologien genutzt wurden

Weg A: (wenn Weg B gewählt wurde, sollte dieser Bereich gelöscht werden)

Beschreibung des Istfalls:	Bewertete Technologien
Beschreibung des Referenzfalls:	Bewertete Technologien

Ergebnisse:

Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, C3 und C4:

	Istfall nach Projektumsetzung	Referenzfall
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf [MWh/a]:		
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf bezogen auf NRF [kWh/m²a]:		
Treibhausgasemissionen [t _{CO2,äq.} /a]:		
Treibhausgasemissionen [kg _{CO2,äq.} /m²a]:		
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,äq.} /a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	

Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, C3, C4 zzgl. B6 aus 1. Betriebsphase:

Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]

Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO₂,äq.} /a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung bezogen auf NRF [kg _{CO₂,äq.} /m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Weg B: (wenn Weg A gewählt wurde, sollte dieser Bereich gelöscht werden) Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, B6, C3 und C3		
Ergebnisse:		
	Istwert Umsetzungsgebäude	[Neubau: Zielwert QNG-Plus -> Zum Zeitpunkt des Bauantrags gültiger Zielwert QNG-Plus für KFN-Anträge] oder Sanierung: baubares 140 % Gebäude im Vergleich zum Referenzgebäude aus dem GEG -> Anforderung für ganzheitliche Sanierungen]
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf bezogen auf NRF [kWh/m²a]:		
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf [MWh/m²a]:		[Umrechnung über NRF]
Treibhausgasemissionen bezogen auf NRF [kg _{CO₂,äq.} /m²a]:		
Treibhausgasemissionen [t _{CO₂,äq.} /a]:		[Umrechnung über NRF]
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	[Zielwert – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Zielwert – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO₂,äq.} /a]:	[Zielwert – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung bezogen auf NRF [kg _{CO₂,äq.} /m²a]:	[Zielwert – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	

3. Aufwände für digitale Lösungen (nur bei Anwendung von Datenverarbeitungsprozessen, wie z.B. Cloud-Dienste, Displays zu Visualisierung, Messfühlern für Steuerungen, etc.)	
Beschreibung der inkludierten Aufwände im Istfall:	[Art und Anzahl genutzter elektronischer Geräte wie z. B. Displays, Sensoren und Datenaufkommen/Datenaufwand pro Jahr sowie beinhaltete Prozessschritte]
Beschreibung des Referenzfalls:	[Art und Anzahl genutzter elektronischer Geräte wie z. B. Displays, Sensoren und Datenaufkommen/Datenaufwand pro Jahr sowie beinhaltete Prozessschritte]
Gewählte Datengrundlagen:	[z. B. PEF/GWP für Stromverbrauch aus anderen Ländern, Datenmengen, Lebenszyklusdaten für Hardware, etc.]
Ergebnisse: Betriebsphase: Stromverbrauch durch Datenverarbeitungsprozesse	
Mehraufwand an Endenergie Strom [MWh/a]: -> Ggf. aufgeteilt in Stromverbrauch je Land und als Summe	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Mehraufwand an Endenergie Strom bezogen auf NRF [kWh/m²a]: -> Ggf. aufgeteilt in Stromverbrauch je Land und als Summe	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Mehraufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie durch Stromverbrauch [MWh/a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Mehraufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie durch Stromverbrauch bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Mehraufwand an Treibhausgasemissionen durch Stromverbrauch [t _{CO2,äq.} /a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Mehraufwand an Treibhausgasemissionen durch Stromverbrauch bezogen auf NRF [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Ergebnisse: Lebenszyklusbewertung des Mehraufwands der Komponenten inkl. deren Energieverbräuche	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen] -> <i>Derzeit aus der angebotenen Quelle nicht verfügbar</i>
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen] -> <i>Derzeit aus der angebotenen Quelle nicht verfügbar</i>
Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,äq.} /a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Treibhausgasemissions-Einsparung bezogen auf NRF [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Ergebnisse: Summe Lebenszyklus (Betriebsphase Stromverbrauch + Komponenten)	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	

Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	
Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,äq.} /a]:	
Treibhausgasemissions-Einsparung bezogen auf NRF [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	

Zusammenfassung der bisherigen Ergebnisse als Startpunkt für 4. Skalierung	
Betriebsphase: Gebäude und digitale Lösungen -> Werte siehe B) 1. und 3.	
Endenergieeinsparung aus Betriebsphase [MWh/a]: -> Nur als Summe	[Summe Endenergieeinsparung [MWh/a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an Endenergie Strom [MWh/a] aus 3.]
Endenergieeinsparung aus Betriebsphase bezogen auf NRF [kWh/m²a]: -> Nur als Summe	[Summe Endenergieeinsparung [kWh/m²a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an Endenergie Strom [kWh/m²a] aus 3.]
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung aus Betriebsphase [MWh/a]:	[Summe nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie durch Stromverbrauch [MWh/a] aus 3.]
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung aus Betriebsphase bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Summe nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [kWh/m²a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie durch Stromverbrauch [kWh/m²a] aus 3.]
Treibhausgasemissions-Einsparung aus Betriebsphase [t _{CO2,äq.} /a]:	[Summe Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,äq.} /a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an Treibhausgasemissionen durch Stromverbrauch [t _{CO2,äq.} /a] aus 3.]
Treibhausgasemissions-Einsparung aus Betriebsphase bezogen auf NRF [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	[Summe Treibhausgasemissions-Einsparung [kg _{CO2,äq.} /m²a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an Treibhausgasemissionen durch Stromverbrauch [kg _{CO2,äq.} /m²a] aus 3.]
Alle Lebenszyklusphasen: Gebäude und digitale Lösungen -> Werte siehe B) 2. und 3.	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	[Summe nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a] aus 2. plus Summe Lebenszyklus digitale Lösungen [MWh/a] aus 3.]
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Summe nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [kWh/m²a] aus 2. plus Summe Lebenszyklus digitale Lösungen [kWh/m²a] aus 3.]
Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,äq.} /a]:	[Summe Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,äq.} /a] aus 2. plus Lebenszyklus digitale Lösungen [t _{CO2,äq.} /a] aus 3.]
Treibhausgasemissions-Einsparung bezogen auf NRF [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	[Summe Treibhausgasemissions-Einsparung [kg _{CO2,äq.} /m²a] aus 2. plus Lebenszyklus digitale Lösungen [kg _{CO2,äq.} /m²a] aus 3.]

4. Skalierung

Schritt 1: Theoretisch maximale Skalierung (Markt in Deutschland für die Anwendung des Konzepts/der Technologien)

Betroffener Gebäudetyp:	[z. B. unsanierte Mehrfamilienhäuser, Krankenhäuser mit einer bestimmten RLT-Anlage, etc.]
Anzahl der betroffenen Gebäude in Deutschland: oder Nettoraumfläche der betroffenen Gebäude in Deutschland:	[Zahl] [Zahl + Einheit] [Angabe der Quellen für die Anzahl/Fläche und möglicherweise berücksichtigten Reduktionsfaktoren]
Weitere berücksichtigte Daten:	[z. B. jährliche Umsetzungsraten, Wirkdauern eines Konzepts bzw. Technologie bitte benennen und jeweils Zahlen und Quellen bzw. „eigene Einschätzung“ angeben]
Anzahl oder Größe der Netto- raumfläche der theoretisch maximalen Umsetzung inner- halb 5 Jahre nach dem Projekt:	[Zahl, Reduktion der Anzahl der betroffenen Gebäude durch Umsetzungsraten und Wirkdauern, Berücksichtigung von maximal 5 Jahren Betrachtungszeit]

Schritt 2: Realistische Skalierung [Abschätzung des Marktanteils]

Beschreibung der verwendeten Reduktionsfaktoren:	[z. B. durch Wirtschaftlichkeit des Konzepts/der Technologie, Bekanntheitsgrad, Akzeptanz bei Bauherren/Nutzern, Technologieproduktionsraten, Förderungen und rechtliche Rahmenbedingungen, Hemmnisse -> bitte nennen Sie den Einflussfaktor, beschreiben Sie die Zusammenhänge und geben Sie den zugehörigen Reduktionsfaktor und die Quelle bzw. „eigene Einschätzung“ an. Der Reduktionsfaktor kann sich ggf. über die 5 Jahre unterscheiden]		
Anzahl oder Größe der Netto- raumfläche der geschätzten Umsetzungen je Jahr:	Jahr 1	[Zahl/Zahl + Einheit]	
	Jahr 2	[Zahl/Zahl + Einheit]	
	Jahr 3	[Zahl/Zahl + Einheit]	
	Jahr 4	[Zahl/Zahl + Einheit]	
	Jahr 5	[Zahl/Zahl + Einheit]	

Ergebnisse:

Skalierte Einsparungen je Jahr in der Betriebsphase: [Basis sind die Einsparungen aus 1. Betriebsphase]		Endenergieein- sparung [MWh/a]	Nicht erneuer- bare Primärener- gieeinsparungen [MWh/a]	Treibhaus- gasemissions- Einsparungen [t _{CO2,äq.} /a]
	Jahr 1			
	Jahr 2			
	Jahr 3			
	Jahr 4			
	Jahr 5			
Kumulierte Einsparungen: [5 * Jahr 1 + 4 * Jahr 2 + ...]	Kumulierte Sum- me über 5 Jahre			
Skalierte Einsparungen je Jahr in allen Lebenszyklusphasen: [Basis sind die Einsparungen aus 2. Alle Lebenszykluspha- sen]		-	Nicht erneuer- bare Primärener- gieeinsparungen [MWh/a]	Treibhaus- gasemissions- Einsparungen [t _{CO2,äq.} /a]
	Jahr 1			
	Jahr 2			

Kumulierte Einsparungen: [5 * Jahr 1 + 4 * Jahr 2 + ...]	Jahr 3			
	Jahr 4			
	Jahr 5			
	Kumulierte Summe über 5 Jahre			

5. <u>Zusätzlicher quantitativer Indikator</u> (-> <i>freiwillig, wo passend</i>)		
Gewählter zusätzlicher Indikator:	[Definition und Erläuterung, ggf. Angabe der Einheit, Status/Entwicklungen vor dem Projekt]	
Referenzfall:	[Beschreibung und Begründung, warum dieser Referenzfall gewählt wurde]	
Ergebnis:		
	Istfall nach Projektumsetzung	Referenzfall
Indikator:	[Zahl und ggf. Einheit]	[Zahl und ggf. Einheit]
Verbesserung (Referenz – Istfall nach Projektumsetzung):	[Zahl und ggf. Einheit]	
	[Prozentzahl, (Referenz – Istfall)/Referenz]	

Leitfaden

Ermittlung von Einspareffekten an Energie und klimaschädlichen Emissionen bei der Umsetzung der Forschungsvorhaben und deren Skalierung

Projekttyp: Konzeptentwicklung inkl. Feldmessung

Hintergrund

Die Projekte aus der Forschungsinitiative Energiewendebauen (EWB) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz leisten einen wichtigen Beitrag zur Energiewende und zur angestrebten Klimaneutralität im deutschen Gebäudesektor. Sie entwickeln, demonstrieren und validieren Technologien und Konzepte zur Effizienzsteigerung, zur Integration von erneuerbaren Energien und zur Versorgungssicherheit. Dabei wird ein schneller Transfer der erzielten Forschungsergebnisse in den Markt angestrebt.

Um den Beitrag der geförderten Projekte für die Erreichung der genannten Ziele zu bemessen, sollen die Vorhaben die erreichte Einsparung an Energie und Treibhausgasemissionen gegenüber einem adäquaten Referenzfall ermitteln und für eine Querauswertung zur Verfügung stellen. Dabei sollen vor allem die Einsparpotenziale im Bereich der Endenergie und Treibhausgasemissionen bewertet werden, wo möglich und sinnvoll auch die grauen Energien und Emissionen aus der Herstellung, Instandhaltung, Rückbau und Recycling (Ökobilanzierung) berücksichtigt werden und auch eine Skalierung auf der Basis der möglichen Anwendung der Technologien und Konzepte in weiteren Gebäuden innerhalb Deutschlands.

Viele Projekte aus dem Forschungsbereich besitzen jedoch neben dem Ziel der Energie- und Treibhausgas-Einsparung weitere Ziele, so z. B. die Erhöhung des Komforts oder der Hygiene, eine Störungsreduktion, eine Akzeptanzsteigerung, eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit, eine Optimierung der Planung, etc. Für diese Vorhaben soll abgesehen von den energetischen und Emissionseinsparungen ein zusätzlicher, vom Projekt identifizierter quantitativer Indikator zugelassen werden, der aufzeigt, wie groß die erreichte Verbesserung durch das Vorhaben ist. Auch hier soll der Indikator im Vergleich zu einer Referenz gebildet werden.

Da die Projektansätze im Gebäudebereich der Forschungsinitiative EWB sehr unterschiedlich sind und von Gebäudekonzepten über Monitoring, Technologieentwicklungen und Software-Development bis zu Herstellungsprozesse reichen, muss auch die Ermittlung der Einsparpotenziale an den jeweiligen Projekttyp angepasst werden. Trotzdem soll eine grundsätzlich gleichartige Herangehensweise durch projekttypabhängige Leitfäden gewährleistet werden.

Aufgabe der Projekte

Die Projekte sollen (soweit möglich und sinnvoll) eine Ermittlung der Einsparpotenziale an Endenergie und Treibhausgasemissionen durchführen. Bei davon abweichenden oder wichtigen zusätzlichen Projektzielen kann ein weiterer quantitativer Indikator durch das Projekt hinzugefügt werden. Dieser ersetzt im Normalfall jedoch nicht die beiden grundsätzlich geforderten Einsparpotenziale. Der Zeitpunkt der Ermittlung ist wie folgt definiert:

1. **In der Skizzenphase:** Sofern nicht bereits in der Skizze enthalten, wird der Skizzeneinreicher vom PtJ aufgefordert, das Einsparpotenzial des geplanten Vorhabens abzuschätzen. Die dafür angestrebten Kennwerte (Endenergie, nicht erneuerbare Primärenergie und Treibhausgasemissionen) sowie die zu berücksichtigenden Phasen (Betriebsphase, ggf. auch Herstellung, Rückbau und Entsorgung) sowie die gewünschte Art der Skalierung sind aus dem projekttypabhängigen Leitfaden zu entnehmen. Die genaue Bewertungsmethode kann allerdings vom Skizzeneinreicher bestimmt werden und einfacher sein (fundierte Schätzung statt detaillierter Berechnung, ggf. nicht alle Lebenszyklusphasen eines Gebäudes).
2. **In der Projektphase:** Vor Ende des Projekts muss der Projektnehmer die Ermittlung des Einsparpotenzials an Endenergie, nicht erneuerbarer Primärenergie und Treibhausgasemissionen im Rahmen des Projekts vornehmen. Im Abschlussbericht des Vorhabens muss ein Kapitel enthalten sein, das die erforderlichen Kennwerte und weitere Informationen zum Ermittlungsweg (Referenzfall, Gebäude aufgrund dem die Kennwerte ermittelt werden, verwendete CO₂-Äquivalente, etc.) explizit zusammenstellt. Die Vorgaben dazu sind dem projekttypabhängigen Leitfaden zu entnehmen.

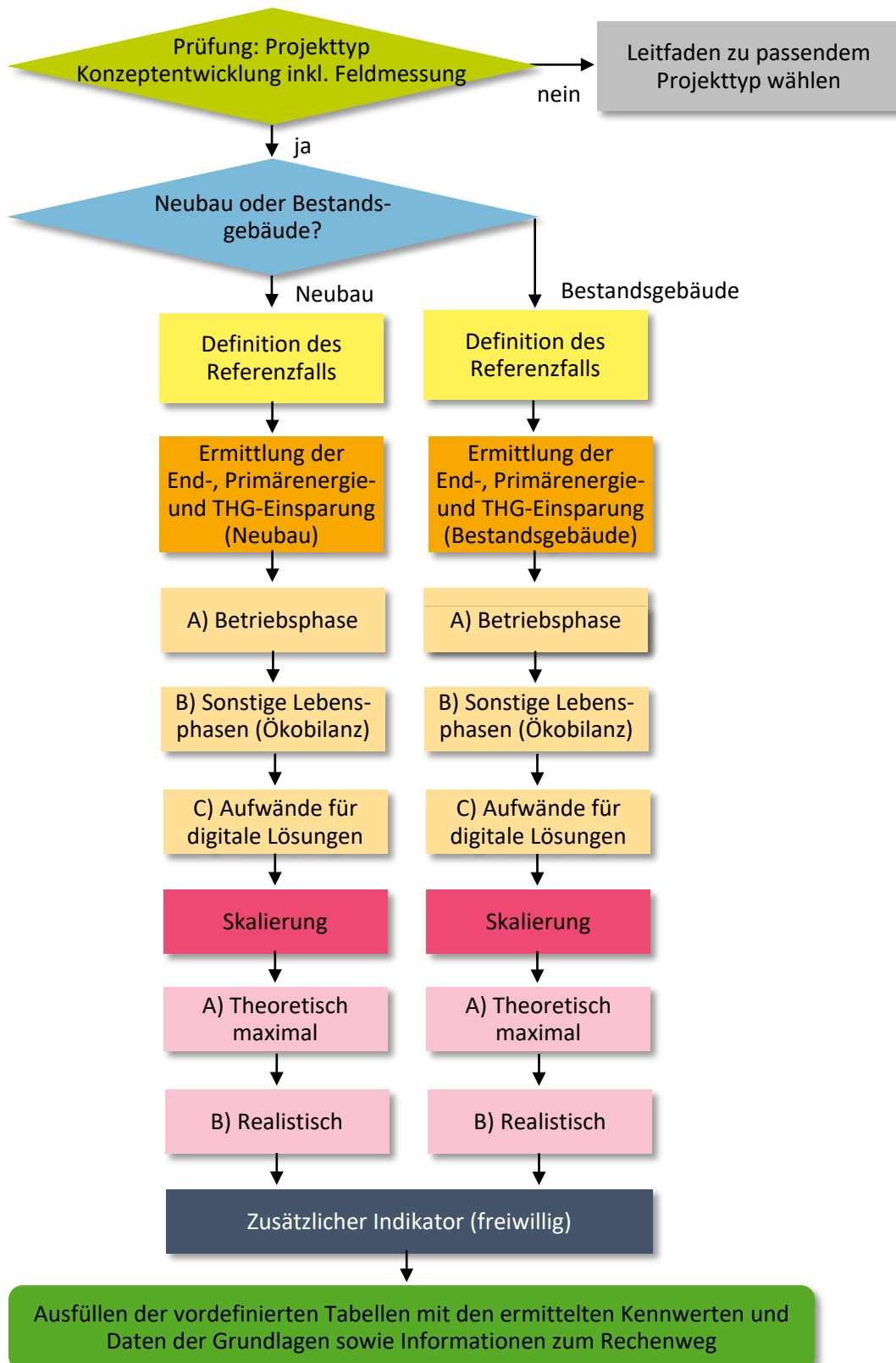
Damit ist eine „einfache“ Abschätzung in der Skizzenphase und eine genaue Ermittlung im Rahmen des Projekts vorgegeben. Es macht Sinn, die Abschätzung in der Skizzenphase soweit wie möglich an die geforderte genaue Ermittlung in der Projektphase anzupassen, denn die Kennwerte aus den beiden Phasen werden ggf. durch den PtJ miteinander verglichen. Der Antragsteller erhält auch spätestens bei der Vorbereitung des Antrags bereits die Definition seiner Aufgabe während der Projektphase und kann entsprechend den benötigten Aufwand oder ggf. ein betreffendes Arbeitspaket einplanen.

Können einzelne, eigentlich geforderte Schritte aus der Bewertung (z. B. Ökobilanz oder Skalierung) nicht durchgeführt werden, müssen sinnvolle Begründungen dazu erbracht werden oder dargestellt werden, dass hierdurch kein Mehrwert entstanden wäre.

Von den Projekten bzw. Projektnehmern werden dabei vor allem Kenntnisse im Bereich energetische Gebäudebewertung gemäß Gebäudeenergiegesetz (GEG)/DIN V 18599, Lebenszyklusbewertung in Anlehnung an BEG/QNG und eine Einschätzung des Marktpotenzials ihrer Technologien bzw. Gebäudekonzepte vorausgesetzt. Da die Ermittlung der Einsparpotenziale meist auf Basis von DIN V 18599-Berechnungen und oft im Vergleich zu den Anforderungen des GEG erfolgt, sollte auch eine entsprechende Software verfügbar und Kenntnisse zur Anwendung der Software vorliegen. Dies ist allerdings nicht der Fall bei Projekten für optimierte Herstellungsprozesse. Hier liegt der Fokus auf den Lebenszyklusphasen Herstellung und Abfallbehandlung/Entsorgung. Damit sind vor allem Kenntnisse im Bereich der ÖKOBAUDAT und BEG/QNG/DGNB hilfreich.

Abfolge der Ermittlung

Das folgende Flussdiagramm zeigt die durchzuführenden Schritte für die Ermittlung der Einsparpotenziale beim Projekttyp Konzeptentwicklung inkl. Feldmessung:



Einzelne Schritte

1. Prüfung Projekttyp Konzeptentwicklung inkl. Feldmessung

Die geförderten Projekte im Bereich der Forschungsinitiative Energiewendebauen decken eine große Bandbreite an Projekttypen in Abhängigkeit ihrer Projekthalte und -ziele ab. Grundsätzlich ist zunächst zu trennen in:

- a) Projekte, die die **Anwendung eines Konzepts oder einer/mehrerer Technologien an einem oder ggf. mehreren Gebäuden in der Realität beinhalten**:
 - Umsetzungsprojekte wie Demonstrationsgebäude
 - Technologieentwicklungen mit Gebäudeanwendungen
 - Betriebsoptimierungen an Gebäuden
 - **Konzeptentwicklung inkl. Feldmessungen.**
- b) Projekte, die die **Anwendung eines Konzepts oder einer/mehrerer Technologien an einem oder ggf. mehreren Gebäuden rechnerisch bewerten** können:
 - Studien
 - Konzept-/Planungsphasen als Vorbereitung zu einem Umsetzungsprojekt
 - Konzeptentwicklungen
 - Technologieentwicklungen
 - Betriebsoptimierungen ohne Gebäudeumsetzung
- c) Projekte, die **nicht direkt mit einem Gebäude oder auch einem typischen Gebäude in Zusammenhang gebracht werden können**:
 - Methodenentwicklungen ohne Feldtest, inkl. Bewertungsmethoden
 - Softwareentwicklungen
 - Messsystementwicklungen
 - Datenerhebungen
 - Leitfäden
 - Materialgrundlagenforschung
 - Herstellungsprozesse

Während die Projekte aus der Projektgruppe a) reale Einsparungen gegenüber dem Ausgangszustand oder zumindest dem Referenzfall erreichen, können für die Projekte aus der Projektgruppe b) zumindest theoretische Einsparungen anhand von passenden Beispielgebäuden ermittelt werden.

Die Projekte aus der Projektgruppe c) sind mit Ausnahme der Herstellungsprozesse nur sehr schwer bezüglich ihres Einsparpotenzials zu bewerten. Entwicklungen von Methoden, Software, Messsystemen und Leitfäden können zwar durch ihre Anwendung in weiteren, dann praktischen Projekten Einsparungen unterstützen oder erleichtern. Wie groß der Einfluss aber wirklich ist, d. h. was wäre ohne die Nutzung der Methode in den praktischen Projekten passiert, lässt sich nicht fundiert abschätzen. Versuche, dies zu tun, führen meist zu einer großen Überschätzung des Einflusses. Trotzdem sind solche Vorhaben wichtig, um den Fortschritt im Bereich Energieeffizienz und Klimaneutralität im Gebäudebereich voranzutreiben. Die Forschung an Materialgrundlagen ist von einer konkreten anwendbaren Technologieanwendung noch so weit entfernt, dass auch dies nicht mit einer Energieeinsparung im Gebäudesektor bewertet werden kann.

Eine Ausnahme bieten die Projekte, die sich mit **Herstellungsprozessen** beschäftigen. Sind diese eine Alternative zu bisher genutzten Herstellungsprozessen einer Gebäudetechnologie, so sollten die Einsparungen an Energie und Treibhausgasemissionen im Ökobilanzbereich „Herstellungsphase“ ermittelt werden“, ggf. unter Berücksichtigung der Phasen Abfallbehandlung und Entsorgung ermittelt werden.

Die Forschungsnehmer müssen ihr Vorhaben zunächst der passenden Projektgruppe zuordnen. Dabei sind folgende **Fragen** zu beantworten:

1. **Sind ein oder mehrere konkrete Gebäude Bestandteil des Projekts?** -> Das Projekt ist dann Projektgruppe a) zuzuordnen. Das Einsparpotenzial wird anhand des konkreten/der konkreten Gebäude ermittelt.
2. **Ist der Projekthinhalt eine Studie, ein Konzept oder eine Technologie, die für eine Gebäudeanwendung durchgeführt oder entwickelt wird, ohne dass dafür ein konkretes Gebäude vorgesehen ist?** -> Dann ist das Projekt der Projektgruppe b) zuzuordnen. Wenn noch keine theoretische Anwendung an einem konkreten Gebäude im Projekt vorgesehen ist, muss für die Ermittlung der Einsparpotenziale ein typisches Gebäude (real oder theoretisch) ausgewählt werden, anhand dem die geforderte Bewertung durchgeführt wird. Das gilt auch für Projekte, in denen im Vorhaben selbst die Umsetzung nur am Versuchsstand durchgeführt wird.
3. **Handelt es sich um eine Entwicklung oder Optimierung eines Herstellungsprozesses?** -> Für das Projekt muss die Einsparung in der Phase „Herstellung“, ggf. auch bei Auswirkungen darauf für die Phasen Abfallbehandlung und Entsorgung, mittels einer Ökobilanzierung durchgeführt werden.
4. **Handelt es sich um ein Vorhaben, dass zum Bereich der anderen Projekttypen aus der Projektgruppe c) zugeordnet werden kann?** -> Dann ist eine Ermittlung des Einsparpotenzials nicht verpflichtend.

Deckt ein Vorhaben mehrere Projektgruppen ab, so ist es jeweils dem höhergeordneten Typ zuzuordnen (also z. B. a) bei einem Vorhaben, das a) und b) beinhaltet).

Dieser Leitfaden ist konkret für Konzeptentwicklungen inkl. Feldmessung aus der Projektgruppe a) gedacht. Für andere Projekttypen müssen die jeweils passenden Leitfäden angewendet werden, die aus gleichen, teilweise aber auch abweichenden Informationen bestehen. Bei Konzeptentwicklungen inkl. Feldmessungen wird die **Bewertung des Einsparpotenzials auf der Grundlage der im Vorhaben genutzten Umsetzungsgebäude** durchgeführt. Diese Vorhaben charakterisieren sich dadurch, dass ein oder mehrere sehr ähnliche Konzepte an mehreren Gebäuden umgesetzt und dadurch getestet werden. Ist die Anzahl an Umsetzungsgebäuden begrenzt (2-3 Gebäude), sollte die Bewertung auch alle Umsetzungsgebäude umfassen. Bei einer größeren Anzahl an Umsetzungsgebäuden, kann die Bewertung vereinfacht an einem „mittleren“ bzw. typischen Gebäude durchgeführt werden.

2. Neubau oder Bestandssanierung

Bei vielen Projekttypen, so auch bei den Konzeptentwicklungen inkl. Feldmessung, ist die Ermittlungsmethode und der Referenzfall davon abhängig, ob es sich bei dem Gebäude (oder den Gebäuden) um einen Neubau oder eine Bestandssanierung handelt.

Neubau: Ein grundsätzlich neues Gebäude. Der Referenzfall basiert auf den zum Zeitpunkt des Vorhabens gültigen gesetzlichen Anforderungen für neue Gebäude. Diese werden im Gebäudeenergiegesetz festgelegt (GEG, [GEG, 2023]). Die Ermittlung der Einsparung kann durch eine Berechnung bzw. Simulation durchgeführt werden.

Bestandssanierung: Eine Veränderung/Optimierung eines bestehenden Gebäudes. Als Referenzfall wird hier die gesetzliche Anforderung für eine ganzheitliche Sanierung eines Gebäudes (derzeit 140 % des Jahresprimärenergiebedarfs des Referenzgebäudes) vorgeschrieben. Bei ausschließlich baulichen Einzelmaßnahmen an Außenbauteilen kann alternativ der Referenzfall für das jeweilige Außenbauteil aus der entsprechenden Tabelle für den Mindestwärmeschutz im GEG bestimmt werden (derzeit GEG Anlage 7). Die Ermittlung der Einsparungen kann durch eine Berechnung oder eine Simulation durchgeführt werden.

Bei einer Konzeptumsetzung mit sowohl Neubauten als auch Bestandssanierungen muss der jeweilig passende Referenzfall und Ermittlungsweg gewählt werden.

3. Definition Referenzfall

Da die Forschungsnehmenden für ihre Vorhaben Einsparpotenziale ermitteln sollen, wird für jedes Vorhaben ein Referenzfall benötigt. Aufgrund der Diversität der Forschungsvorhaben kann in diesem Leitfaden kein allgemein anwendbarer Referenzfall vorgegeben werden. **Die Forschungsnehmenden müssen selbst den konkreten Referenzfall auf Basis der Hinweise in diesem Leitfaden bestimmen und entsprechend den Vorgaben im Anhang „Auszufüllende Tabellen/Bilder/Textinformationen“ dokumentieren.** Grundsätzlich kann bei Konzeptentwicklungen inkl. Feldmessung in Neubauten und Bestandssanierung unterteilt werden (s. Einzelne Schritte, Kapitel 2).

Im Fall von **Neubauten** muss mit den zum Zeitpunkt des Vorhabens (Bauantrag, sonst Projektbeginn) gültigen gesetzlichen Anforderungen an die Energieeffizienz des Gebäudes verglichen werden. Diese sind derzeit im Gebäudeenergiegesetz festgeschrieben. Dabei bildet der maximal zulässige Primärenergiebedarf - berechnet über ein gespiegeltes Gebäude bestückt mit definierten baulichen und anlagentechnischen Referenztechnologien (sog. GEG-Referenzgebäude), dessen resultierender Primärenergiebedarf derzeit abschließend mit dem Faktor 0,55 multipliziert wird - die energetische Vorgabe. Anforderungen an die Endenergie und die Treibhausgasemissionen gibt es keine. Um dennoch Einsparpotenziale im Bereich Treibhausgasemissionen (und Endenergie) ermitteln zu können, muss ein „**baubares GEG-Anforderungsgebäude**“ erarbeitet werden, also ein gespiegeltes Gebäude, dass genau die primärenergetischen Anforderungen des GEG erfüllt. Dazu gibt es keine genauen Vorgaben, wie die Anlagentechnik und die Hüllflächenqualitäten anzusetzen sind, abgesehen von den Anforderungen an die Nutzung von erneuerbaren Energien und die maximalen mittleren U-Werte der Hüllflächen¹. Ein Weg wäre es z. B. die Referenztechnologien aus dem GEG-Referenzgebäude, soweit es geht, gleich zu lassen, aber eine Außenluft-Wärmepumpe mit so angepassten Hüllflächenqualitäten zu verwenden, dass der zulässige Primärenergiebedarf für das Gebäude eingehalten wird. (Hintergrund: eine Abluft-Wärmepumpe ist an fast jedem Standort einsetzbar. Dem Projektnehmer ist es aber freigestellt, andere anerkannte und zulässige bauliche und anlagentechnische Kombinationen auszuwählen, die die primärenergetischen Anforderungen erfüllen.)

¹ Die Zusammenstellung des baubaren GEG-Anforderungsgebäudes hat Einfluss auf die Höhe der resultierenden Einsparungen bei Endenergie, Primärenergie und Treibhausgasen sowohl in der Betriebsphase als auch in den anderen Lebenszyklusphasen. Die Projektnehmer sollten deshalb möglichst gängige Kombinationen von Bauteilqualitäten und Anlagentechniken einsetzen und wenn möglich nicht zu viele Bestandteile gegenüber dem geplanten Gebäude des Forschungsvorhabens verändern, um das Ergebnis nicht zu stark zu beeinflussen. Die Anforderung an die Heizung mit 65 % erneuerbaren Energien muss eingehalten werden.



Ist-Gebäude

Umsetzung gemäß Forschungsantrag

Primärenergiebedarf $Q_{p,ist} (< Q_{p,zul.})$

Ziel: Einsparungsermittlung gegenüber gesetzlichen Anforderungen



GEG-Referenzgebäude

Gespiegeltes Gebäude belegt mit Referenztechnologien aus dem GEG

Primärenergiebedarf $Q_{p,Ref}$

Ergibt über Faktor 0,55 nur PE-Vergleichswert (nicht Endenergie, nicht THG-Emissionen)



Baubares GEG-Anforderungsgebäude

Gespiegeltes Gebäude belegt mit Technologien, die die primärenergetischen Anforderungen des GEG erfüllen

Primärenergiebedarf $Q_{p,zul.} = 0,55 * Q_{p,Ref}$

Tipp: Außenluft-WP + Anpassung der Hüllflächen U-Werte

Ermöglicht Endenergie- und THG-Emissions-Vergleichswert

Für Neubauten gilt ab Januar 2024 die **zusätzliche Anforderung, dass die Heizung in Neubaugebieten zu mindestens 65 % mit erneuerbaren Energien betrieben werden muss**. Außerhalb von Neubaugebieten gilt das erst ab Januar 2026. Vereinfachend sollte diese Anforderung bei Neubaugebäuden auch im baubaren GEG-Anforderungsgebäude (als Referenzfall für die Einsparberechnungen) abgebildet werden - egal ob innerhalb oder außerhalb eines Neubaugebietes. Mit dem Ansatz einer Außenluft-Wärmepumpe als Heizenergieerzeuger wäre das beispielsweise eingehalten.

Im Fall von **Bestandssanierungen** ist der Referenzfall die **gesetzliche Anforderung für eine ganzheitliche Sanierung**. Diese wird **im derzeit gültigen Gebäudeenergiegesetz mit einem Jahresprimärenergiebedarf von 140 % im Vergleich zum sogenannten Referenzgebäude** festgelegt, siehe § 50 GEG. Das Referenzgebäude ist dafür ein gespiegeltes Ist-Gebäude, das mit im GEG festgeschriebenen Technologien und Qualitäten im Bereich der Außenbauteile und der Anlagentechnik belegt wird.

Für die Erfüllung der 140 %-Anforderung können entsprechend schlechtere U-Werte bei den Außenbauteilen und/oder eine weniger effiziente Anlagentechnik eingesetzt werden. Damit wird ein baubares 140 %-Gebäude als Referenzfall definiert². Dieses wird benötigt, damit neben der primärenergetischen Einsparung auch eine Treibhausgas-Einsparung (und auf diesem Weg notwendigerweise auch eine Endenergieeinsparung) ermittelt werden kann. Zusätzlich bildet das 140 %-Gebäude auch den Referenzfall der Einsparungen während der anderen Lebenszyklusphasen. Dafür müssen für das Gebäude die Bauteilhüllflächen und Heizungs-, Lüftungs-, Beleuchtungs- sowie ggf. Kühltechnologien bestimmt werden, die einen Primärenergieaufwand von 140 % des GEG-Referenzgebäudes ergeben. Eine ausschließliche Bestimmung des 140 %-Primärenergiebedarfs genügt nicht.

Anmerkung: Je weniger bauliche und anlagentechnische Technologien sich gegenüber dem Ist-Gebäude verändern, desto einfacher ist die Ermittlung der Differenz in der Lebenszyklusbewertung. Allerdings sollten die alternativ eingesetzten Technologien realitätsnah sein (und auch in der Lebenszyklusbewertung über die Datenquellen abbildbar sein).

² Die Zusammenstellung des baubaren 140 %-Gebäudes hat Einfluss auf die Höhe der resultierenden Einsparungen bei Endenergie, Primärenergie und Treibhausgasen sowohl in der Betriebsphase als auch in den anderen Lebenszyklusphasen. Die Projektnehmer sollten deshalb möglichst gängige Kombinationen von Bauteilqualitäten und Anlagentechniken einsetzen und nicht zu viele Bestandteile gegenüber dem Istzustand zu verändern, um das Ergebnis nicht zu stark zu beeinflussen.

Die zu ermittelnden Einsparungen sind damit die Reduzierungen des Endenergiebedarfs je Energieträger bzw. des Primärenergiebedarfs und der ausgestoßenen Treibhausgase aufgrund einer Sanierung über die gesetzlichen Anforderungen an eine ganzheitliche Sanierung hinaus.

Bei **rein baulichen Konzepten für eine oder mehrere Außenhüllflächen** kann der Referenzfall alternativ auch über die Anforderungen an die Wärmedurchgangskoeffizienten aus GEG Anlage 7 ermittelt werden. Hier werden dann im Vergleich zum Istgebäude bessere Hüllflächenqualitäten als Referenzfall eingesetzt. Für die Betriebsphase genügt dabei der Einsatz der vorgegebenen U-Werte, für die anderen Lebenszyklen müssen die Hüllflächen im Referenzfall entsprechend baubar in Abhängigkeit des Istzustands inklusive der dafür benötigten Materialien abgebildet werden.

Die zu ermittelnden Einsparungen sind damit die Reduzierungen des Endenergiebedarfs je Energieträger bzw. des Primärenergiebedarfs und der ausgestoßenen Treibhausgase aufgrund einer Sanierung über die gesetzlichen Anforderungen an die Erneuerung oder den Ersatz von Außenbauteilen hinaus.

Sollte über die EU-Gebäudeeffizienzrichtlinie (EPBD) die Sanierung der Worst Performance Buildings verpflichtend werden oder ähnliche Ansätze in Deutschland gesetzlich vorgeschrieben werden, muss der Referenzfall entsprechend auf die dadurch entstehenden ggf. höherwertigen Mindestanforderungen angepasst werden. Gleiches gilt für die für die Zukunft bereits geplanten Anforderungen an den Einsatz von erneuerbaren Energien (voraussichtlich 65 %) bei einem Ersatz der Heizungsanlage.

4. Betriebsphase

Der Endenergiebedarf und die entstehenden Treibhausgasemissionen in der Betriebsphase sind derzeit in den meisten Projekten im Fokus. Die Endenergie je eingesetztem Energieträger und darauf basierend die Treibhausgasemissionen (CO₂-äquivalente Emissionen) des Ist-Gebäudes und des Referenzfalls sollen möglichst **auf Basis der zum Zeitpunkt des Projektantrags (Ermittlung für den Projektantrag) bzw. der Baugenehmigung (Ermittlung innerhalb der Projektphase) gültigen gesetzlichen Gebäudeeffizienzbewertung** durchgeführt werden. Derzeit ist das das Gebäudeenergiegesetz (GEG) 2023 [GEG, 2023]. Dieses verweist auf die deutsche Norm DIN V 18599 [DIN V 18599, 2018] als Berechnungsmethode. Das dabei verwendete Monatsbilanzverfahren ist ausreichend für die meisten Anwendungsfälle.

Sollte das Forschungsvorhaben jedoch z. B. auf Einsparungen an (Kosten und) Treibhausgasemissionen durch **zeitliche Verschiebe** abzielen, sollte die Bewertung mittels einer **dynamischen Simulation** mit einer wissenschaftlich anerkannten Software durchgeführt werden. Generell kann freiwillig eine dynamische Simulation zur Ermittlung der Endenergieeinsparung und darauf basierend der Primärenergie- und Treibhausgas-Einsparung verwendet werden. Die Software sollte dann in der Dokumentation benannt und beschrieben werden. Die dynamischen Nutzerprofile sollten mit den statischen Nutzerprofilen der DIN V 18599 abgestimmt werden (bzw. diese in stündliche Nutzerprofile übersetzt werden), wenn es nicht stichhaltige Gründe für andere Nutzerprofile gibt. Diese Gründe dann bitte angeben und die Abweichung inhaltlich erläutern. Auch weitere vom GEG/der DIN V 18599 abweichende Randbedingungen sollten angegeben werden. Trotzdem müssen aber die Referenzfälle entsprechend den GEG-Anforderungen (baubare GEG-Anforderungsgebäude bzw. baubares 140 %-Gebäude oder bei einer rein baulichen Sanierung gemäß GEG Anlage 7 (beschrieben in Einzelne Schritte, Kapitel 3)) abgebildet werden. Dies kann jedoch innerhalb der dynamischen Simulation erfolgen, ausgehend von der Abbildung der GEG-Referenztechnologien.

Als **Projektstandort** kann entweder Potsdam (wie im GEG-Nachweis) gewählt werden oder der reale Projektstandort. Letzteres kann z. B. zu Veränderungen bei den Transmissionswärmeverlusten, den solaren Gewinnen und den Energiegewinnen von solaren Systemen führen. Die Wahl steht dem Projektnehmer frei, der gewählte Standort sollte jedoch angegeben werden.

Für die Betriebsphase sollen die **Primärenergiefaktoren** und **CO₂-Äquivalente der Energieträger aus dem GEG** eingesetzt werden. Bei einer dynamischen Simulation mit dem Fokus auf zeitliche Verschiebe im Strombereich sollten entsprechend dynamische Primärenergiefaktoren und CO₂-Äquivalente für den deutschen Strommix angesetzt werden. Siehe dazu z. B. folgende Quellen in den Referenzen: [Agora Energiewende, 2023], [ENTSO-E Transparency Platform, 2023]. Eine Umrechnung von CO₂-Faktoren auf CO₂-äquivalente Faktoren kann vereinfachend mit einem mittleren statischen Faktor aus den letzten Jahren für den deutschen Strommix durchgeführt werden, der z. B. mithilfe von [Umweltbundesamt, 2023] bzw. aktualisierten Veröffentlichungen dieser Reihe ermittelt werden kann³.

5. Sonstige bzw. alle Lebenszyklusphasen

Ähnlich wie die Bewertung der Betriebsphase soll die Bewertung der weiteren Lebensphasen eines Gebäudes auf Basis derzeit verfügbarer und mehrheitlich angewendeter Bewertungsmethoden erfolgen. Hierfür wird die **Methode des Qualitätssiegels Nachhaltiges Gebäude** (QNG, [QNG 203]) empfohlen, die auch die Basis für die seit 2023 angebotene Bundesförderung für effiziente Gebäude – **Klimafreundlicher Neubau** (KFN) bildet. Alternativ können jedoch auch andere Bewertungsmethoden herangezogen werden, solange sie die gleichen Rahmenbedingungen (**Grundlage der Ökobilanz DIN EN 15643:2021** [DIN EN 15643, 2021] und **DIN EN 15978-1** [DIN EN 15978-1, 2012], in die Bilanz eingehende Module und Lebenszyklusphasen) einhalten.

Die zu bewerteten Lebenszyklusphasen sind:

- **Herstellung:** Module A1 Rohstoffbeschaffung, A2 Transport, A3 Produktion
- **Betrieb und Nutzung:** Modul B4 Austausch. Das Modul B6 Energieverbrauch im Betrieb kann vereinfachend aus der GEG-Bewertung, siehe Einzelne Schritte, Kapitel 4. Betriebsphase, entnommen werden oder alternativ einmal gemäß GEG und zusätzlich gemäß QNG berechnet werden⁴.
- **Rückbau, Abfallbehandlung und Entsorgung:** C3 Abfallbehandlung, C4 Entsorgung. Die Phase D1 Recyclingpotenzial wird wie im QNG nicht in die Summe über die Lebenszyklusphasen mitaufgenommen.

Die Kennwerte für den (nicht erneuerbaren) primärenergetischen Aufwand und die Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalent-Emissionen) in den obigen Lebenszyklusphasen sollen dabei folgenden Datenquellen entnommen werden, wobei auch auf die Reihenfolge geachtet werden sollte. D.h. zunächst sollte in der ersten Datenquelle gesucht werden, danach in der zweiten, etc.:

1. Ökobilanzierung – Rechenwerte 2023 [QNG, 2023]
2. ÖKOBAUDAT gemäß EN 15804+A2 [ÖKOBAUDAT, 2023], basierend auf der neuen Norm DIN EN 15804+A2
3. ÖKOBAUDAT gemäß EN 15804+A1 [ÖKOBAUDAT, 2023], basierend auf der Norm DIN EN 15804+A1
4. Herstellerdaten

³ Das GEG verwendet rückblickende Daten für den Strommix. Die dynamischen Daten sind aktuell. Der Unterschied ist klar, jedoch wird die Datenverfügbarkeit und bei nichtdynamischen Abbildungen die Datenvergleichbarkeit untereinander und mit der gesetzlich vorgeschriebenen Gebäudebewertung als wichtig erachtet.

⁴ Bei der GEG-Bewertung und der QNG-Bewertung werden voneinander abweichende THG-Emissionsfaktoren und nicht erneuerbare Primärenergiefaktoren verwendet. Zusätzlich ist die Anrechnung des PV-Stroms unterschiedlich. Da für die meisten Vorhaben die Betriebsphase entscheidend ist, soll hier bis zu einem Abgleich der Bewertungsmethoden in der Betriebsphase die gesetzlich geforderte Systematik gemäß GEG verwendet werden. In der Bewertung über alle Lebenszyklusphasen müssen aufgrund der Datenverfügbarkeit zumindest die restlichen Phasen die Kennwerte aus den QNG-Rechenwerten bzw. der ÖKOBAUDAT verwendet werden.

Anmerkung: Die zu verwendenden Kennwerte können in den Datenquellen anders bezeichnet sein, so z. B.:

- nicht erneuerbarer primärenergetischer Aufwand: PENRT (Total nicht-erneuerbare Primärenergie)
- Treibhausgasemissionen: GWP (Globales Erwärmungspotenzial)

Grundsätzlich gibt es **zwei Möglichkeiten die Einsparungen oder Mehraufwände beim Primärenergiebedarf und den Treibhausgasemissionen** in den betroffenen Lebensphasen zu ermitteln.

Weg A: Vergleich der eingesetzten Technologiekombinationen (Ist (gemäß Forschungsvorhaben) vs. Referenz):

- ➔ Dies kann in einer einfachen Handrechnung (z.B. mit MS Excel) unter Nutzung der Ökobilanzdaten aus den obigen Datenquellen erfolgen.

Weg B: Durchführung einer detaillierten Ökobilanzierung und Vergleich mit einem Zielwert:

- ➔ Dafür sollte die Ökobilanz-Rechenmethode des QNG umgesetzt in GEG-Bewertungstools, alternativ ggf. eine Bewertung nach DGNB verwendet werden.

Die Ergebnisse (Einsparungen bzgl. Primärenergie und Treibhausgasemissionen) sind bei den beiden Wegen nicht identisch, schon allein, weil Weg A für die Betriebsphase B6 auf die GEG-Bewertung (oder dynamische Simulation) aus Einzelne Schritte, Kapitel 4 zurückgreift, die gegenüber der QNG-Bilanzierung andere nicht erneuerbare Primärenergiefaktoren und CO₂-Äquivalente für Energieträger nutzt.

Da der Fokus der Energiewendebauen-Projekte auf Einsparungen in der Betriebsphase liegt, wird von den Projekten gefordert, die **Betriebsphase B6 in jedem Fall separat und unter Anwendung der GEG-Rahmenbedingungen und Primär- bzw. THG-Faktoren mit der DIN V 18599, oder wenn nötig mit einer dynamischen Simulation, zu bewerten**. Die daraus berechneten Einsparungen sollen in den Ergebnistabellen dokumentiert werden. Da die QNG-Bewertung (Weg B) an GEG-Bewertungstools angekoppelt ist, verursacht das keinen Mehraufwand. Allerdings muss damit bei Neubauvorhaben das baubare GEG-Anforderungsgebäude (siehe Einzelne Schritte, Kapitel 3) als Variante für die Ermittlung der Treibhausgasemissions-Einsparung und der Endenergieeinsparung abgebildet werden. Ähnlich ist es bei Sanierungen mit dem 140 %-Gebäude. Bei der Bewertung des gesamten Lebenszyklus (Phasen wie oben beschrieben) kann dann der Vergleich des Neubaugebäudes mit dem Zielwert des QNG-Plus erfolgen. Dieser ggf. anspruchsvoller als eine QNG-Bewertung des baubaren GEG-Anforderungsgebäude. Dafür kann aber Arbeitszeit für die QNG-Bewertung der Variante baubares GEG-Anforderungsgebäude entfallen.

Die beiden Ermittlungswege werden im Folgenden erläutert:

Weg A: Vergleich der eingesetzten Technologiekombinationen (Ist (gemäß Forschungsvorhaben) vs. Referenz)

Das Umsetzungsgebäude mit seinen eingesetzten baulichen und anlagentechnischen Technologien und das vom Forschungsnehmer anhand des Leitfadens definierte Referenzgebäude werden für die Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, C3 und C4 in einer „Handrechnung“ bewertet. Dabei müssen eigentlich nur die voneinander abweichenden Technologien bewertet werden. Die Lebenszyklusphase B6 (die auch eine Kompletteingabe der Gebäudevarianten in den QNG-Teil erfordert) wird aus der GEG-Bewertung bzw. der dynamischen Simulation genommen.

Neubauvorhaben: Vergleich der voneinander abweichenden baulichen und anlagentechnischen Maßnahmen (Technologien) von Ist-Gebäude und baubarem GEG-Anforderungsgebäude. Die Kennwerte für die nicht erneuerbaren Primärenergieaufwände und CO₂-Äquivalenten Emissionen für die Lebenszyklusphasen außer B6 sind aus den Datenquellen 1 bis 4 (siehe oben) zu entnehmen. Dokumentiert werden die Einsparungen aus B6 (GEG-Bewertung), die Einsparungen aus A1, A2, A3, B4, C3 und C4 (Handrechnung), sowie die Summe der beiden Ermittlungen.

Bestandssanierungen: Vergleich der voneinander abweichenden baulichen und anlagentechnischen Maßnahmen (Technologien) des Gebäudes vor und nach der Sanierung. Dabei werden die bei der Sanierung entfernten Technologien vernachlässigt und nur die neu eingesetzten Technologien bewertet. Die Kennwerte für die nicht erneuerbaren Primärenergieaufwände und CO₂-Äquivalenten Emissionen für die Lebenszyklusphasen außer B6 sind aus den Datenquellen 1 bis 4 (siehe oben) zu entnehmen. Dokumentiert werden die Einsparungen aus B6 (GEG-Bewertung), die Einsparungen aus A1, A2, A3, B4, C3 und C4 (Handrechnung), sowie die Summe der beiden Ermittlungen.

➔ **Weg A wird vor allem für Sanierungsvorhaben empfohlen.**

Weg B: Durchführung einer detaillierten Ökobilanzierung und Vergleich mit einem Zielwert

Das Umsetzungsgebäude mit seinen eingesetzten baulichen und anlagentechnischen Technologien und das vom Forschungsnehmer anhand des Leitfadens definierte Referenzgebäude werden für die Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, B6, C3 und C4 bewertet. Dabei erfolgt eine komplette Ökobilanzierung gemäß QNG für die beiden Fälle.

Neubauvorhaben: Vereinfachend kann für ein Neubauvorhaben für die komplette Ökobilanzierung der Vergleich zwischen dem Ist-Gebäude und dem Zielwert QNG-Plus durchgeführt werden. Alternativ kann der Vergleich auch mit dem baubaren GEG-Anforderungsgebäude erfolgen. Dabei ergeben sich unterschiedliche Einsparungen, beide Varianten werden jedoch akzeptiert, um ggf. den Aufwand geringer zu halten. (In beiden Fällen müssen für die Betriebsphase B6 auch die Einsparungen zum baubaren GEG-Anforderungsgebäude nach GEG-Bewertung ermittelt werden). Der Vergleich mit dem Zielwert QNG-Plus empfiehlt sich vor allem dann, wenn eine KFN-Förderung für das Gebäude angestrebt wird.

Bestandssanierungen: Ermittlung der ökobilanziellen Kennwerte nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf und Treibhausgasemissionen für die für die energetische Sanierung eingesetzten Technologien. Dafür muss das an die GEG-Bilanzierung angeschlossene QNG-Tool Ergebnisse auswerfen, auch wenn nur ein Teil der eingesetzten Technologien aus dem Zustand nach der Sanierung (eben die neu eingesetzten energetisch relevanten Technologien) ökobilanziell verglichen werden. Der Referenzfall ist mit den entsprechenden Technologien aus dem 140 %-Referenzgebäude (bzw. den rein baulichen Technologien aus GEG-Anlage 7) abzubilden. Die Differenz zwischen den beiden Fällen ist die Einsparung oder der Mehraufwand an Primärenergiebedarf bzw. Treibhausgasemissionen. Alternativ kann auf die Handrechnung aus Weg A zurückgegriffen werden. Hier muss darauf geachtet werden, dass die Lebenszyklusphase B6 entweder aus der GEG-Bilanzierung genommen wird oder aber aus der QNG-Bilanzierung. Bei Weg B für die Bestandsgebäude sollte vorab abgeklärt werden, ob das verwendete GEG-Tool eine „reduzierte“ QNG-Bewertung zulässt und somit der Aufwand der Eingaben verringert werden kann.

➔ **-> Weg B wird vor allem für Neubauten empfohlen. Sollte dabei eine KFN-Förderung angestrebt werden, sind die meisten Arbeiten sowieso dafür nötig.**

Weitere Informationen zur Durchführung einer Lebenszyklusbewertung, wie z. B. die Betrachtungsdauer von 50 Jahren, die danach auf ein Jahr heruntergerechnet wird (d. h. durch 50 a geteilt wird) und die zu wählenden Lebensdauern von unterschiedlichen Technologien für die Phase Austausch (Modul B4) können [QNG, 2003] entnommen werden, insbesondere den Anhängen mit den Bilanzierungsregeln. Bei der Phase Austausch (Modul B4) muss sowohl die Herstellung (A1-A3) als auch die Abfallbehandlung und die Entsorgung (C3, C4) betrachtet werden. Die Daten für den nicht-erneuerbaren primärenergetischen Aufwand müssen zusätzlich von der Einheit MJ in kWh umgerechnet werden (durch 3,6 kWh/MJ geteilt werden).

6. Aufwände für digitale Lösungen

Der materielle und energetische Aufwand und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen für die Nutzung digitaler Technologien soll ebenfalls ermittelt werden. Dieser setzt sich zum einen aus den **Aufwänden für die Herstellung der Komponenten** selbst zusammen, die für digitale Anwendung im Forschungsprojekt zusätzlich installiert wurden. Zum anderen müssen aber auch die **materiellen und energetischen Aufwände für die Datenerhebung und -verarbeitung** bilanziert werden. Von den Projektnehmern muss zusätzlich die „Referenzausführung“ bestimmt werden, also die Ausführung, mit der verglichen wird. Das kann bei Bestandsprojekten der Zustand vor dem Projekt sein und bei Neubauten eine standardmäßige Ausführung. Dadurch kann der Mehraufwand an Energie bzw. die erhöhten Emissionen für zusätzliche Komponenten und die Datenerhebung und -verarbeitung bestimmt werden, welcher dann entsprechend von den berechneten Einsparungen aus den anderen Bewertungsschritten abgezogen wird. Im Folgenden wird zuerst auf die Bilanzierung der Datenverarbeitungsprozesse eingegangen und anschließend werden die zusätzlichen Komponenten für die digitale Anwendung betrachtet.

Wichtig ist, dass **nur Aufwände berücksichtigt** werden müssen, die **bei weiteren entsprechenden Umsetzungen abermals auftreten**. Der nur im Forschungsprojekt auftretende Aufwand für z. B. Datenmonitoring (2-jährige Messperiode zur Evaluierung des Konzepts in der Praxis) muss nicht als Mehraufwand bestimmt werden. Aufwände für Steuerungen und Regelungen, die auch bei einer weiteren Umsetzung in diesem Umfang oder entsprechend der Projektgröße angepasst auftreten werden müssen berücksichtigt und eingetragen werden.

Teil 1: Datenverarbeitungsprozesse

Bei der Nutzung digitaler Technologien für den Einsatz in Gebäuden und Quartieren werden unterschiedliche Datenverarbeitungsprozesse durchlaufen. Hinter jedem Datenverarbeitungsprozessschritt steht eine programmierte Anweisung, die oftmals in Schleifen ausgeführt wird. Dadurch kommt es fortwährend zur Generierung von Daten, welche auch mit einem entsprechenden Energieverbrauch verbunden ist. Bei der Bilanzierung, der durch die digitale Anwendung verursachten Umweltlasten, muss also zu allererst das Datenaufkommen bzw. der Datenaufwand (z. B. in GB/Jahr) bekannt sein. Dabei kann es helfen, die einzelnen Prozessschritte getrennt voneinander zu betrachten, denn zur Bestimmung der Emissionen sind zudem die Datenübertragungswege (z. B. Drahtloskommunikation vs. kabelgebunden) und die Standorte der Datenaufbereitung und Speicherung von Relevanz (z. B. Cloud-Dienst vs. lokaler Messrechner). Das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung hat für einzelne Prozessschrittbereiche die damit verbundenen kumulierten Energieaufwände (KEA) und Treibhausgasemissionen auf der Wissensplattform zusammengestellt ([Aufwände für Datenverarbeitungsprozesse \(wissen-digital-ewb.de\)](https://wissen-digital-ewb.de)), [Wissenschaftliche Begleitforschung EWB, 2024]. Für die Bilanzierung der Treibhausgasemissionen durch die Daten werden die **Prozessschrittbereiche Datenerfassung, Datenkuration, Datenmanagement, Datenverarbeitung an möglicherweise unterschiedlichen Standorten und Datennutzung** betrachtet und die **verwendeten Datenübertragungswege** berücksichtigt.

Teil 2: Komponenten

Darüber hinaus ist die Durchführung der Datenverarbeitungsprozesse auch immer mit materiellem Einsatz für die Herstellung der Komponenten verbunden. Dabei sind **alle Komponenten zu erfassen, die einen zweckmäßigen Betrieb der digitalen Anwendung sicherstellen**. Je nachdem, welche dieser Komponenten **zusätzlich** für die digitale Anwendung verbaut werden mussten, müssen die entsprechenden Umweltlasten mit in die Bilanz einfließen. Dabei sollen alle Lebenszyklusphasen mit betrachtet werden. Wichtig ist auch die Erfassung der **Energieverbräuche für den Betrieb der Komponenten selbst, wie z. B. Batterien in Sensoren**.

Für die genaue Bilanzierung der jeweiligen Komponenten ist zudem die Kenntnis über die technische Ausführung notwendig. Am Beispiel eines Temperatursensors: je nach Einsatzgebiet werden beispielsweise Thermistoren, digitale Temperatursensoren oder Thermopiles eingesetzt, bei denen dementsprechend auch unterschiedliche Materialien verbaut sind und damit unterschiedliche Umweltlasten entstehen.

Für die häufig eingesetzten Komponenten hat das IÖW eine Übersicht über die Energieverbräuche und THG-Emissionen auf der Wissensplattform unter Aufwände für verwendete Komponenten (wissen-digital-ewb.de), [Wissenschaftliche Begleitforschung EWB, 2024] zusammengetragen. Es finden sich dort Komponenten aus den Kategorien **Sensoren & Zähler, Infrastruktur, Signalverarbeitung, IT, Aktuatoren & Nutzung**. Ziel dieser Übersicht ist es, wichtige Komponenten, die in den Forschungsprojekten verwendet werden, aufzulisten. Durch die hohe Anzahl unterschiedlicher Technologien und damit verbundenen Komponenten kann aber kein Anspruch auf Vollständigkeit bestehen. Wenn das konkrete Bauteil in der Liste nicht aufgeführt ist, kann jedoch der Wert für ein generisches Bauteil verwendet werden, mit dem die Emissionen abgeschätzt werden können.

Zur vereinfachten Anwendung der Komponentenbilanzierung ist auf der Wissensplattform eine MS Excel-Datei zum Download verfügbar (https://wissen-digital-ewb.de/static/static/downloads/EWB_Digi_Komponenten.xlsx), [Wissenschaftliche Begleitforschung EWB, 2024]:

Hinweise									
Bitte geben Sie der Anzahl/Meter der jeweiligen genutzten Komponenten in die gelb markierten Zellen. Im unteren Teil wird automatisch das Treibhauspotential über den Lebenszyklus (insofern für alle Phasen Daten vorhanden - in Tabellenblatt "Daten" prüfen!), der jährliche Energieverbrauch (Strom), sowie die kritische Lebensdauer des Systems, gemessen an der Komponente mit der geringsten Lebenserwartung, angegeben. Nähere Informationen zu den Komponenten sind im Blatt "Daten" zu finden.									
Eingaben									
Sensorik	Anzahl	Aktuatorik	Anzahl	Signalverarbeitung	Anzahl	Infrastruktur	Anzahl / Meter	IT	Anzahl / Meter
CO2 Sensor		Ventilator klein		Kommunikationsschnittstelle		Stromleitung		LAN Kabel	
Temperatursensor		Ventilator mittel		Anbindungskabel		Wasserleitung		Router	
Kabelloser Temperatursensor		Ventilator groß		Analog/Digitalwandler		Luftleitung		PC	
Feuchtesensor		Volumenstromregler		Leiterplatte		Stromzähler		Laptop	
Präsenzmelder		Umwälzpumpe		Datenlogger		Smart Meter		Monitor	
Lichtsensor		Elektr. Ventil-Stellantrieb klein		BUS-System: KNX BACnet Schnittstelle		BUS-System: KNX Spannungsversorgung			
Wasserzähler		Elektr. Ventil-Stellantrieb groß		BUS-System: KNX DALI Schnittstelle		BUS-System: KNX Zusatzspannungsversorgung			
Wärmezähler		BUS-System: KNX Sonnenschutzaktor		BUS-System: KNX IP Router-Schnittstelle					
Durchflussmesser		BUS-System: KNX Schalt-Dimmaktor		BUS-System: KNX IP Control Center					
		BUS-System: KNX Thermoantriebsaktor		BUS-System: KNX Web-Server					
				BUS-System: KNX Repeater					
				BUS-System: KNX Eingabegerät					
				BUS-System: KNX Ausgabegerät					
Ausgaben		Anmerkungen zur Berechnung							
Treibhauspotential Gesamt (in kg CO ₂ -e)	1042,81	Hier wird die Summe der THG-Emissionen (alle Lebenszyklusphasen) der Einzelkomponenten über deren angegebene Lebensdauer gebildet.							
Spezifisches Teilhauspotential Gesamt (in kg CO ₂ -e/Jahr)	108,32	Hier wird die Summe der THG-Emissionen (alle Lebenszyklusphasen) der Einzelkomponenten für jeweils ein Jahr gebildet.							
Energieverbrauch Nutzungsphase (in kWh/Jahr)	70,70	Hier wird die Summe der Stromverbräuche (nur Nutzungsphase) der Einzelkomponenten für jeweils ein Jahr gebildet.							
Kritische Lebensdauer (in Jahren)	6	Hier wird die Komponentenlebensdauer der digitalen Anwendung angegeben, die am geringsten von allen verwendeten Komponenten ist.							

Leider war es nicht möglich, für die Komponenten den nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf über die Lebenszyklusphasen zusammenzutragen, Kennwerte liegen nur für den Endenergiebedarf für die Nutzungsphase und für die Treibhausgasemissionen über die Lebenszyklusphasen vor.

Wenn das betrachtete Umsetzungsgebäude **keine zusätzlichen Aufwendungen für digitale Lösungen** (Datenverarbeitungsprozesse bzw. entsprechend eingesetzte Komponente) im Vergleich zum Referenzfall enthält, kann auf diesen Schritt verzichtet werden. Bitte dann dies in den Ergebnistabellen dokumentieren und begründen.

7. Skalierung

Mit der Skalierung sollen die Auswirkungen des Forschungsvorhabens nicht nur auf die direkte Anwendung in einem Vorhaben (bei Konzeptentwicklungsprojekte inkl. Feldmessungen auf die beinhalteten Gebäude) ermittelt werden,

sondern erweitert werden auf gleichartige Gebäude oder andere Gebäude, auf die das Konzept anwendbar ist. Die Multiplizierbarkeit eines Konzepts ist eine wichtige Grundlage für eine Förderung durch das BMWK.

Bei der Ermittlung der skalierten Einsparung eines Forschungsprojekts ist in **zwei Schritten** vorzugehen.

Schritt 1: Zunächst wird über die Anzahl oder (Nettoraum-)Fläche oder andere geeignete Kenngröße von gleichartigen Gebäuden eine **theoretisch maximale Skalierung** ermittelt, eigentlich der „**Markt**“ für die **Anwendung des Konzepts** (oder einer Technologie) in Deutschland. Sollten auch stark abweichende Gebäudetypen bei der Übertragung einberechnet werden, müssen ggf. die ermittelten Einsparungen (aus Einzelne Schritte, Kapitel 4 bis 6) angepasst werden. Bei der theoretisch maximalen Skalierung berücksichtigt werden sollten bereits:

- Jährliche Umsetzungsraten (z. B. Neubau- oder Sanierungsraten)
- Wirkdauern: wie lange wird das Konzept eingesetzt, wann wird es durch ein anderes Konzept ersetzt (vom Markt verdrängt)? Beim vorgegebenen Betrachtungszeitraum von 5 Jahren ist das vermutlich für wenige Vorhaben eine Einschränkung.

Für die Berechnung der theoretisch maximalen Skalierung wird eine Zeitdauer von 5 Jahren nach Projektende angesetzt. **Die skalierten Einsparungen werden** entsprechend **über die 5 Jahre kumuliert**. Durch die 5 Jahre soll der Zeitrahmen überschaubar sein und auch die Änderungen bei Primärenergiefaktoren und CO₂-Äquivalente begrenzt werden. Es wird nicht erwartet, die Änderungen der Faktoren in der Skalierung zu berücksichtigen, um den Berechnungsaufwand zu begrenzen. Bei der Berechnung der Ökobilanz ist dies auf Grundlage der verfügbaren Daten auch nicht möglich. Sollte es Anwendungen geben, die auf weniger als 5 Jahre ausgerichtet sind, kommen in den letzten Jahren keine weiteren Einsparungen hinzu, es werden nur die Einsparungen der Umsetzungen in den Jahren zuvor fortgeschrieben.

Schritt 2: Danach muss die theoretisch maximale Skalierung durch die Anwendung von Reduktionsfaktoren auf eine **realistische Skalierung** verringert werden. Über die Reduktionsfaktoren muss der **Marktanteil abgeschätzt** werden. Damit erfolgt ein Vergleich mit alternativen, bereits vorhandenen Konzepten oder Technologien unter Berücksichtigung von:

- den jeweiligen Preisen bzw. der Wirtschaftlichkeit
- dem Bekanntheitsgrad
- der Akzeptanz bei Bauherren und Nutzern
- den Technologieproduktionsraten (maximale Produktionskapazität beachten)
- der Förderungen und rechtlichen Rahmenbedingungen
- den möglichen Hemmnissen für die Umsetzung

Die skalierten Einsparungen in den Jahren 1 bis 5 und die kumulierten Einsparungen nach dem fünften Jahr sowie Informationen zum ermittelten Markt und Marktanteil sind zu dokumentieren. Siehe dazu Einzelne Schritte, Kapitel 9 und Anhang „Auszufüllende Tabellen/Bilder/Textinformationen“.

Bei der Ermittlung der gleichartigen Gebäude in Deutschland bzw. möglichen weiteren Anwendungen kann auf unterschiedliche Quellen zurückgegriffen werden. Neben der Nutzung der Daten des Statistischen Bundesamts ([Statistisches Bundesamt, 2023] und [Statistisches Bundesamt, 2024]) wird die Anwendung der TABULA-Datenbank [IWU, 2023-1] für Wohngebäude und der ENOB:dataNWG-Datenbank [IWU, 2023-2] für Nichtwohngebäude empfohlen. Dabei kann für die Nutzung der ENOB.dataNWG ein finanzieller Aufwand für die Recherche entstehen, der ggf. beim

Projektantrag eingeplant werden kann⁵. Daten zu Modernisierungsraten von Bauteilen und der Gebäudetechnik können z. B. [Cischinsky, 2018] oder [BuVEG, 2024] entnommen werden. Zusätzlich kann auf Daten aus dem thematischen Umfeld der Förderprojekte zurückgegriffen werden.

8. Ermittlung eines zusätzlichen quantitativen Indikators

Viele Projekte aus dem Forschungsbereich besitzen neben dem Ziel der Energie- und Treibhausgas-Einsparung weitere Ziele, so z. B. die Erhöhung des Komforts oder der Hygiene, eine Störungsreduktion, eine Akzeptanzsteigerung, eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit, eine Optimierung der Planung, etc. Für diese Vorhaben soll abgesehen von den energetischen und Emissionseinsparungen ein zusätzlicher, vom Projekt identifizierter Indikator zugelassen werden, der aufzeigt, wie groß die erreichte Verbesserung durch das Vorhaben ist. Auch hier soll der Indikator im Vergleich zu einer Referenz gebildet werden.

Der Indikator soll dafür vom Forschungsnehmer definiert, die passende Referenz angegeben und die Verbesserung ermittelt werden. Dafür sollte, wenn möglich, eine Messung, sonst eine Berechnung oder Simulation herangezogen werden. Die zugehörigen Informationen sollen ebenso wie die Einsparungen aus den vorigen Kapiteln in die vordefinierten Tabellen in den Schlussbericht eingetragen werden.

9. Ausfüllen der vordefinierten Tabellen mit den ermittelten Kennwerten und Daten der Grundlagen

Nachdem die Einsparungen für das oder die Gebäude ermittelt wurden und die realistische Skalierung durchgeführt wurde, sollen die Daten in vordefinierte Tabellen eingetragen werden. Zusätzlich sollen die Rahmenbedingungen der Ermittlungen verständlich dokumentiert werden. Dafür empfiehlt sich ein gesondertes Kapitel im Schlussbericht des Vorhabens, das ggf. „Ermittlung des Einsparpotenzials des EWB-Forschungsvorhabens“ genannt werden kann.

⁵ Gemäß Auskunft des IWU entstehen für eine beantragte Recherche über den IWU-Tabellenkonfigurator Kosten von 40 € plus einmalig 25 € Bearbeitungspauschale (Zeitpunkt der Abfrage: Juli 2023). Ggf. sind für unterschiedliche Gebäudetypen mehrere Recherchen notwendig.

Referenzen / Verweise auf Hilfestellungen

- [Agora Energiewende, 2023] Agora Energiewende – Agorameter: Stündliche Daten zu u. a. Stromerzeugung und Stromverbrauch Deutschlands inkl. CO₂-Emissionsfaktor des deutschen Strommix. Verfügbar unter <https://www.agora-energiewende.de/service/agorameter>. Letzter Datenzugriff: 21.06.23
- [BuVEG, 2024] BuVEG – Die Gebäudehülle: Sanierungsquote im Sinkflug – Prognose für 2024: weiter schwach. Pressemeldung des Bundesverbands energieeffiziente Gebäudehülle e.V. (BuVEG). Verfügbar unter <https://buveg.de/pressemeldungen/sanierungsquote-im-sinkflug-prognose-2024-schwach/>. Letzter Datenzugriff: 27.05.24.
- [Cischinsky, 2018] Cischinsky, H; Diefenbach, N.: Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016. Datenerhebung zu den energetischen Merkmalen und Modernisierungsraten im deutschen und hessischen Wohngebäudebestand. Bericht des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU). Darmstadt, 2018. Verfügbar unter https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/gebaeudebestand/2018_IWU_CischinskyEtDiefenbach_Datenerhebung-Wohngeb%C3%A4udebestand-2016.pdf. Letzter Datenzugriff: 27.05.24.
- [DIN EN 15643, 2021] Beuth publishing DIN: DIN EN 15643:2021 – Nachhaltigkeit von Bauwerken – Allgemeine Rahmenbedingungen zur Bewertung von Gebäuden und Ingenieurbauwerken; Deutsche Fassung EN 15643:2021. Verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-15643/335506755>. Letzter Datenzugriff: 12.10.2023.
- [DIN EN 15978, 2012] Beuth publishing DIN: DIN EN 15978:2012 – Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode; Deutsche Fassung EN 15978:2011. Verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-15978/164252701>. Letzter Datenzugriff: 12.10.2023. *Anmerkung: derzeit ist eine Entwurffassung der DIN EN 17978-1 verfügbar, die, sobald sie die gültige Version ist, auch als Grundlage für diesen Leitfaden genutzt werden sollte.*
- [DIN V 18599, 2018] Beuth publishing DIN: DIN V 18599:2018 – Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung. Verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/erweiterte-suche/272754!search?alx.searchType=complex&alx.search.autoSuggest=false&searchA-realId=1&query=DIN+V+18599&facets%5B276612%5D=&hitsPerPage=10>. Letzter Datenzugriff: 21.06.23
- [ENTSO-E Transparency Platform, 2023] ENTSO-E Transparency Platform: Zentrale Sammel- und Publikationsstelle für die Stromerzeugung, den Stromtransport und den Stromverbrauch im Pan-europäischen Markt. Verfügbar unter <https://transparency.entsoe.eu/dashboard/show>. Letzter Datenzugriff: 21.06.23
- [GEG, 2023] Deutscher Bundestag: Gesetz zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor. Darin Artikel 18a – Änderung des Gebäudeenergiegesetzes. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2022, Teil I, Nr. 28. Bonn, 28. Juli 2022. Verfügbar unter http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&jumpTo=bgbl122s1237.pdf oder als nichtamtliche Lesefassung unter <https://www.gesetze-im-internet.de/geg/GEG.pdf>. Letzter Datenzugriff: 21.06.23

- [IWU, 2023-1] IWU: TABULA – Entwicklung von Gebäudetypologien zur energetischen Bewertung des Wohngebäudebestands in 13 europäischen Ländern. Deutsche Gebäudetypologie-Broschüre, Datentabellen im MS Excel-Format, TABULA WebTool. Verfügbar unter <https://www.iwu.de/forschung/gebaeudebestand/tabula/>. Letzter Datenzugriff: 03.07.23
- [IWU, 2023-2] IWU, Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Bergische Universität Wuppertal: ENOB:DataNWG – Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude. Schlussbericht, Teilberichte, Forschungsdatenbank und Nichtwohngebäude-Typologie. Verfügbar unter: <https://www.datanwg.de/home/aktuelles/>. Das IWU ermöglicht Dritten die Durchführung von eigenen wissenschaftlichen Auswertungen mit der Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude. Dabei gibt es drei Optionen des Datenbankzugriffs, die unterschiedlich weitreichende Möglichkeiten bieten. Letzter Datenzugriff: 03.07.23
- [ÖKOBAUDAT, 2023] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen: Ökobaudat – Informationsportal Nachhaltiges Bauen. ÖKOBAUDAT-Datensätze. Verfügbar unter https://www.oekobaudat.de/no_cache/datenbank/suche/daten/. Letzter Datenzugriff 21.06.23.
- [QNG, 2023] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen: QNG-Siegeldokumente. Insbesondere LCA-Bilanzregeln Wohngebäude und Nichtwohngebäude sowie Ökobilanzierung-Rechenwerte. Verfügbar unter <https://www.qng.info/service/>. Letzter Datenzugriff: 21.06.23.
- [Statistisches Bundesamt, 2023] Statistisches Bundesamt: DESTATIS. Webseite des Statistischen Bundesamts. Verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/Home/inhalt.html>. Letzter Datenzugriff: 03.07.23.
- [Statistisches Bundesamt, 2024] Statistisches Bundesamt: DESTATIS: GENESIS-ONLINE: Die Datenbank des Statistischen Bundesamtes. Inhalte unter anderem Daten zu Baufertigstellungen. Verfügbar unter: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online>. Letzter Datenzugriff: 27.05.24.
- [Umweltbundesamt, 2023] Itcha, P.; Lauf, T.: Entwicklung der spezifischen Treibhausgas-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 – 2022. Climate Change 20/2023. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. Mai 2023. Verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2023_05_23_climate_change_20-2023_strommix_bf.pdf. Letzter Datenzugriff: 21.06.23
- [Wissenschaftliche Begleitforschung EWB, 2024] Wissenschaftliche Begleitforschung Energiewendebauen, Modul 4: Wissensplattform Digitalisierung Energiewendebauen: Negative Umweltwirkungen. Verfügbar unter [Negative Umweltwirkungen \(wissen-digital-ewb.de\)](https://www.wissen-digital-ewb.de). Letzter Datenzugriff: 12.09.24.

Anhang: Auszufüllende Tabellen/Bilder/Textinformationen

Folgende Kennwerte und Informationen sollten im Schlussberichtskapitel „Ermittlung des Einsparpotenzials des EWB-Forschungsvorhabens“ dokumentiert sein:

(Können einzelne, eigentlich geforderte Schritte aus der Bewertung (z. B. Ökobilanz oder Skalierung) nicht durchgeführt werden, müssen sinnvolle Begründungen dazu erbracht werden oder dargestellt werden, dass hierdurch kein Mehrwert entstanden wäre.)

A) Allgemeine Informationen	
Projektname:	[Offizieller Projektname, siehe Bewilligung]
Förderkennzeichen:	
Projekttyp :	Konzeptentwicklung inkl. Feldmessung [oder anderer Projekttyp, siehe dann passenden Leitfaden]
Anzahl beinhaltete Gebäude:	[Zahl] -> bei mehr als einem Gebäude müssen entsprechend andere Zeilen vervielfacht werden und bei Kennwerten eine Summe bzw. ein Mittelwert gebildet werden.
Gebäudetyp:	[z. B. Bürogebäude]
Neubau oder Bestandssanierung :	
Bezugsfläche für alle Kennwerte: Thermisch konditionierte Net- toraumfläche NRF [m²]:	
Als zusätzliche Information bei Wohngebäuden: A _N [m²] ge- mäß GEG:	
Beschreibung des Gebäudes: (bei mehreren Gebäuden mehrmals einfügen)	[Informationen zur Nutzung, ggf. Baujahr, Bauweise, Anzahl Stockwerke, Zonierung, Nutzerprofile, ...]
Grundriss: (bei mehreren Gebäuden mehrmals einfügen)	[Plan eines beispielhaften Grundrisses]
Ansicht: (bei mehreren Gebäuden mehrmals einfügen)	[Plan oder Foto einer Ansicht. Bitte auf keinen Fall Bilder aus Google Map der BING o.ä. verwenden. Diese Bilder sind geschützt.]
Konzeptinhalt: (Istfall nach Projektumsetzung)	[Was genau wird umgesetzt: Beschreibung des Energiekonzepts/der eingesetzten Technologien]
Referenzfall : Art:	[z. B. baubares GEG-Anforderungsgebäude, baubares 140 % Gebäude im Vergleich zum Referenzgebäude aus dem GEG]
Referenzfall : Beschreibung:	[Beschreibung des Referenzfalles -> z. B. welche vom Umsetzungsgebäude abweichende Technologien/Materialien enthält das baubare GEG-Anforderungsgebäude, welche vom Sanierungsfall abweichenden Technologien/Materialien enthält das 140 %-Gebäude]

B) Ermittlung der Einsparungen		
1. Betriebsphase:		
Art der Ermittlung:	[GEG – DIN V 18599 / dynamische Simulation]	
Gewählter Standort bei Berechnungen:	[Potsdam oder Angabe Projektstandort]	
Quelle der Primärenergiefaktoren:	[GEG, ggf. Quelle/Beschreibung der Berechnung der dynamischen Faktoren]	
Kennwerte der genutzten Primärenergiefaktoren:	[Angabe der PEFs je eingesetztem Energieträger]	
Quelle der CO ₂ -Äquivalente:	[GEG, ggf. Quelle/Beschreibung der Berechnung der dynamischen Faktoren]	
Kennwerte der genutzten CO ₂ -Äquivalente:	[Angabe der CO ₂ -Äquivalente je eingesetztem Energieträger]	
Ergebnisse:		
	Istfall nach Projektumsetzung	Referenzfall
Endenergiebedarf [MWh/a]: -> Je Energieträger und als Summe		
Endenergiebedarf bezogen auf NRF [kWh/m ² a]: -> Je Energieträger und als Summe		
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf [MWh/a]:		
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf bezogen auf NRF [kWh/m ² a]:		
Treibhausgasemissionen [t _{CO2,äq.} /a]:		
Treibhausgasemissionen [kg _{CO2,äq.} /m ² a]:		
Endenergieeinsparung [MWh/a]: -> Je Energieträger und als Summe	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen, bitte aufteilen in die eingesetzten Energieträger]	
Endenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]: -> Je Energieträger und als Summe	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen, bitte aufteilen in die eingesetzten Energieträger]	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung [t_{CO2,äq.}/a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung bezogen auf NRF [kg_{CO2,äq.}/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	

2. Alle Lebenszyklusphasen:

Gewählter Bilanzierungsweg:	[Weg A: Vergleich der eingesetzten Technologiekombinationen (Ist vs. Referenz)] -> „Handrechnung“ auf Basis Ökobilanzdatensätze für die Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, C3 und C4. Phase B6 (Energieverbrauch im Betrieb) wird aus GEG-Bewertung genommen oder [Weg B: Durchführung einer detaillierten Ökobilanzierung und Vergleich mit einem Zielwert] -> Ökobilanzmethode des QNG als Ankopplung an ein GEG-Tool für die Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, B6, C3 und C4. Phase B6 muss zusätzlich über eine GEG-Bewertung ermittelt werden, siehe oben unter 1. Für den Kennwert über die gesamten Lebenszyklusphasen wird aber das QNG-Ergebnis herangezogen
Verwendete Datenquellen:	[Ökobilanzierung – Rechenwerte 2023 / ÖKOBAUDAT gemäß EN 15804+A2 / ÖKOBAUDAT gemäß EN 15804+A1 / Herstellerdaten] -> Wenn unterschiedliche Datenquellen herangezogen werden, bitte angeben, welche für welche Materialien/Technologien genutzt wurden

Weg A: (wenn Weg B gewählt wurde, sollte dieser Bereich gelöscht werden)

Beschreibung des Istfalls:	Bewertete Technologien
Beschreibung des Referenzfalls:	Bewertete Technologien

Ergebnisse:

Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, C3 und C4:

	Istfall nach Projektumsetzung	Referenzfall
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf [MWh/a]:		
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf bezogen auf NRF [kWh/m²a]:		
Treibhausgasemissionen [t _{CO2,äq.} /a]:		
Treibhausgasemissionen [kg _{CO2,äq.} /m²a]:		
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,äq.} /a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	

Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, C3, C4 zzgl. B6 aus 1. Betriebsphase:

Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]

Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,äq.} /a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung bezogen auf NRF [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Weg B: (wenn Weg A gewählt wurde, sollte dieser Bereich gelöscht werden)		
Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, B6, C3 und C3		
Ergebnisse:		
	Istwert Umsetzungsgebäude	[Neubau: Zielwert QNG-Plus -> Zum Zeitpunkt des Bauantrags gültiger Zielwert QNG-Plus für KFN-Anträge] oder Sanierung: baubares 140 % Gebäude im Vergleich zum Referenzgebäude aus dem GEG -> Anforderung für ganzheitliche Sanierungen]
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf bezogen auf NRF [kWh/m²a]:		
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf [MWh/m²a]:		[Umrechnung über NRF]
Treibhausgasemissionen bezogen auf NRF [kg _{CO2,äq.} /m²a]:		
Treibhausgasemissionen [t _{CO2,äq.} /a]:		[Umrechnung über NRF]
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	[Zielwert – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Zielwert – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,äq.} /a]:	[Zielwert – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung bezogen auf NRF [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	[Zielwert – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	

3. Aufwände für digitale Lösungen (nur bei Anwendung von Datenverarbeitungsprozessen, wie z.B. Cloud-Dienste, Displays zu Visualisierung, Messfühlern für Steuerungen, etc.)	
Beschreibung der inkludierten Aufwände im Istfall:	[Art und Anzahl genutzter elektronischer Geräte wie z. B. Displays, Sensoren und Datenaufkommen/Datenaufwand pro Jahr sowie beinhaltete Prozessschritte]
Beschreibung des Referenzfalls:	[Art und Anzahl genutzter elektronischer Geräte wie z. B. Displays, Sensoren und Datenaufkommen/Datenaufwand pro Jahr sowie beinhaltete Prozessschritte]
Gewählte Datengrundlagen:	[z. B. PEF/GWP für Stromverbrauch aus anderen Ländern, Datenmengen, Lebenszyklusdaten für Hardware, etc.]
Ergebnisse: Betriebsphase: Stromverbrauch durch Datenverarbeitungsprozesse	
Mehraufwand an Endenergie Strom [MWh/a]: -> Ggf. aufgeteilt in Stromverbrauch je Land und als Summe	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Mehraufwand an Endenergie Strom bezogen auf NRF [kWh/m²a]: -> Ggf. aufgeteilt in Stromverbrauch je Land und als Summe	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Mehraufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie durch Stromverbrauch [MWh/a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Mehraufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie durch Stromverbrauch bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Mehraufwand an Treibhausgasemissionen durch Stromverbrauch [t _{CO2,äq.} /a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Mehraufwand an Treibhausgasemissionen durch Stromverbrauch bezogen auf NRF [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Ergebnisse: Lebenszyklusbewertung des Mehraufwands der Komponenten inkl. deren Energieverbräuche	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen] -> <i>Derzeit aus der angebotenen Quelle nicht verfügbar</i>
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen] -> <i>Derzeit aus der angebotenen Quelle nicht verfügbar</i>
Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,äq.} /a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Treibhausgasemissions-Einsparung bezogen auf NRF [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Ergebnisse: Summe Lebenszyklus (Betriebsphase Stromverbrauch + Komponenten)	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	

Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	
Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,äq.} /a]:	
Treibhausgasemissions-Einsparung bezogen auf NRF [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	

Zusammenfassung der bisherigen Ergebnisse als Startpunkt für 4. Skalierung	
Betriebsphase: Gebäude und digitale Lösungen -> Werte siehe B) 1. und 3.	
Endenergieeinsparung aus Betriebsphase [MWh/a]: -> Nur als Summe	[Summe Endenergieeinsparung [MWh/a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an Endenergie Strom [MWh/a] aus 3.]
Endenergieeinsparung aus Betriebsphase bezogen auf NRF [kWh/m²a]: -> Nur als Summe	[Summe Endenergieeinsparung [kWh/m²a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an Endenergie Strom [kWh/m²a] aus 3.]
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung aus Betriebsphase [MWh/a]:	[Summe nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie durch Stromverbrauch [MWh/a] aus 3.]
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung aus Betriebsphase bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Summe nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [kWh/m²a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie durch Stromverbrauch [kWh/m²a] aus 3.]
Treibhausgasemissions-Einsparung aus Betriebsphase [t _{CO2,äq.} /a]:	[Summe Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,äq.} /a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an Treibhausgasemissionen durch Stromverbrauch [t _{CO2,äq.} /a] aus 3.]
Treibhausgasemissions-Einsparung aus Betriebsphase bezogen auf NRF [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	[Summe Treibhausgasemissions-Einsparung [kg _{CO2,äq.} /m²a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an Treibhausgasemissionen durch Stromverbrauch [kg _{CO2,äq.} /m²a] aus 3.]
Alle Lebenszyklusphasen: Gebäude und digitale Lösungen -> Werte siehe B) 2. und 3.	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	[Summe nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a] aus 2. plus Summe Lebenszyklus digitale Lösungen [MWh/a] aus 3.]
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Summe nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [kWh/m²a] aus 2. plus Summe Lebenszyklus digitale Lösungen [kWh/m²a] aus 3.]
Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,äq.} /a]:	[Summe Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,äq.} /a] aus 2. plus Lebenszyklus digitale Lösungen [t _{CO2,äq.} /a] aus 3.]
Treibhausgasemissions-Einsparung bezogen auf NRF [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	[Summe Treibhausgasemissions-Einsparung [kg _{CO2,äq.} /m²a] aus 2. plus Lebenszyklus digitale Lösungen [kg _{CO2,äq.} /m²a] aus 3.]

4. Skalierung

Schritt 1: Theoretisch maximale Skalierung (Markt in Deutschland für die Anwendung des Konzepts/der Technologien)

Betroffener Gebäudetyp:	[z. B. unsanierte Mehrfamilienhäuser, Krankenhäuser mit einer bestimmten RLT-Anlage, etc.]
Anzahl der betroffenen Gebäude in Deutschland: oder Nettoraumfläche der betroffenen Gebäude in Deutschland:	[Zahl] [Zahl + Einheit] [Angabe der Quellen für die Anzahl/Fläche und möglicherweise berücksichtigten Reduktionsfaktoren]
Weitere berücksichtigte Daten:	[z. B. jährliche Umsetzungsraten, Wirkdauern eines Konzepts bzw. Technologie bitte benennen und jeweils Zahlen und Quellen bzw. „eigene Einschätzung“ angeben]
Anzahl oder Größe der Netto- raumfläche der theoretisch maximalen Umsetzung inner- halb 5 Jahre nach dem Projekt:	[Zahl, Reduktion der Anzahl der betroffenen Gebäude durch Umsetzungsraten und Wirkdauern, Berücksichtigung von maximal 5 Jahren Betrachtungszeit]

Schritt 2: Realistische Skalierung [Abschätzung des Marktanteils]

Beschreibung der verwendeten Reduktionsfaktoren:	[z. B. durch Wirtschaftlichkeit des Konzepts/der Technologie, Bekanntheitsgrad, Akzeptanz bei Bauherren/Nutzern, Technologieproduktionsraten, Förderungen und rechtliche Rahmenbedingungen, Hemmnisse -> bitte nennen Sie den Einflussfaktor, beschreiben Sie die Zusammenhänge und geben Sie den zugehörigen Reduktionsfaktor und die Quelle bzw. „eigene Einschätzung“ an. Der Reduktionsfaktor kann sich ggf. über die 5 Jahre unterscheiden]		
Anzahl oder Größe der Netto- raumfläche der geschätzten Umsetzungen je Jahr:	Jahr 1	[Zahl/Zahl + Einheit]	
	Jahr 2	[Zahl/Zahl + Einheit]	
	Jahr 3	[Zahl/Zahl + Einheit]	
	Jahr 4	[Zahl/Zahl + Einheit]	
	Jahr 5	[Zahl/Zahl + Einheit]	

Ergebnisse:

Skalierte Einsparungen je Jahr in der Betriebsphase: [Basis sind die Einsparungen aus 1. Betriebsphase]		Endenergieein- sparung [MWh/a]	Nicht erneuer- bare Primärener- gieeinsparungen [MWh/a]	Treibhaus- gasemissions- Einsparungen [t _{CO2,äq.} /a]
	Jahr 1			
	Jahr 2			
	Jahr 3			
	Jahr 4			
	Jahr 5			
Kumulierte Einsparungen: [5 * Jahr 1 + 4 * Jahr 2 + ...]	Kumulierte Sum- me über 5 Jahre			
Skalierte Einsparungen je Jahr in allen Lebenszyklusphasen: [Basis sind die Einsparungen aus 2. Alle Lebenszykluspha- sen]		-	Nicht erneuer- bare Primärener- gieeinsparungen [MWh/a]	Treibhaus- gasemissions- Einsparungen [t _{CO2,äq.} /a]
	Jahr 1			
	Jahr 2			

Kumulierte Einsparungen: [5 * Jahr 1 + 4 * Jahr 2 + ...]	Jahr 3			
	Jahr 4			
	Jahr 5			
	Kumulierte Summe über 5 Jahre			

5. <u>Zusätzlicher quantitativer Indikator</u> (-> <i>freiwillig, wo passend</i>)		
Gewählter zusätzlicher Indikator:	[Definition und Erläuterung, ggf. Angabe der Einheit, Status/Entwicklungen vor dem Projekt]	
Referenzfall:	[Beschreibung und Begründung, warum dieser Referenzfall gewählt wurde]	
Ergebnis:		
	Istfall nach Projektumsetzung	Referenzfall
Indikator:	[Zahl und ggf. Einheit]	[Zahl und ggf. Einheit]
Verbesserung (Referenz – Istfall nach Projektumsetzung):	[Zahl und ggf. Einheit]	
	[Prozentzahl, (Referenz – Istfall)/Referenz]	

Leitfaden

Ermittlung von Einspareffekten an Energie und klimaschädlichen Emissionen bei der Umsetzung der Forschungsvorhaben und deren Skalierung

Projekttyp: Technologieentwicklung und -einsatz

Hintergrund

Die Projekte aus der Forschungsinitiative Energiewendebauen (EWB) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz leisten einen wichtigen Beitrag zur Energiewende und zur angestrebten Klimaneutralität im deutschen Gebäudesektor. Sie entwickeln, demonstrieren und validieren Technologien und Konzepte zur Effizienzsteigerung, zur Integration von erneuerbaren Energien und zur Versorgungssicherheit. Dabei wird ein schneller Transfer der erzielten Forschungsergebnisse in den Markt angestrebt.

Um den Beitrag der geförderten Projekte für die Erreichung der genannten Ziele zu bemessen, sollen die Vorhaben die erreichte Einsparung an Energie und Treibhausgasemissionen gegenüber einem adäquaten Referenzfall ermitteln und für eine Querauswertung zur Verfügung stellen. Dabei sollen vor allem die Einsparpotenziale im Bereich der Endenergie und Treibhausgasemissionen bewertet werden, wo möglich und sinnvoll auch die grauen Energien und Emissionen aus der Herstellung, Instandhaltung, Rückbau und Recycling (Ökobilanzierung) berücksichtigt werden und auch eine Skalierung auf der Basis der möglichen Anwendung der Technologien und Konzepte in weiteren Gebäuden innerhalb Deutschlands.

Viele Projekte aus dem Forschungsbereich besitzen jedoch neben dem Ziel der Energie- und Treibhausgas-Einsparung weitere Ziele, so z. B. die Erhöhung des Komforts oder der Hygiene, eine Störungsreduktion, eine Akzeptanzsteigerung, eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit, eine Optimierung der Planung, etc. Für diese Vorhaben soll abgesehen von den energetischen und Emissionseinsparungen ein zusätzlicher, vom Projekt identifizierter quantitativer Indikator zugelassen werden, der aufzeigt, wie groß die erreichte Verbesserung durch das Vorhaben ist. Auch hier soll der Indikator im Vergleich zu einer Referenz gebildet werden.

Da die Projektansätze im Gebäudebereich der Forschungsinitiative EWB sehr unterschiedlich sind und von Gebäudekonzepten über Monitoring, Technologieentwicklungen und Software-Development bis zu Herstellungsprozesse reichen, muss auch die Ermittlung der Einsparpotenziale an den jeweiligen Projekttyp angepasst werden. Trotzdem soll eine grundsätzlich gleichartige Herangehensweise durch projekttypabhängige Leitfäden gewährleistet werden.

Aufgabe der Projekte

Die Projekte sollen (soweit möglich und sinnvoll) eine Ermittlung der Einsparpotenziale an Endenergie und Treibhausgasemissionen durchführen. Bei davon abweichenden oder wichtigen zusätzlichen Projektzielen kann ein weiterer quantitativer Indikator durch das Projekt hinzugefügt werden. Dieser ersetzt im Normalfall jedoch nicht die beiden grundsätzlich geforderten Einsparpotenziale. Der Zeitpunkt der Ermittlung ist wie folgt definiert:

1. **In der Skizzenphase:** Sofern nicht bereits in der Skizze enthalten, wird der Skizzeneinreicher vom PtJ aufgefordert, das Einsparpotenzial des geplanten Vorhabens abzuschätzen. Die dafür angestrebten Kennwerte (Endenergie, nicht erneuerbare Primärenergie und Treibhausgasemissionen) sowie die zu berücksichtigenden Phasen (Betriebsphase, ggf. auch Herstellung, Rückbau und Entsorgung) sowie die gewünschte Art der Skalierung sind aus dem projekttypabhängigen Leitfaden zu entnehmen. Die genaue Bewertungsmethode kann allerdings vom Skizzeneinreicher bestimmt werden und einfacher sein (fundierte Schätzung statt detaillierter Berechnung, ggf. nicht alle Lebenszyklusphasen eines Gebäudes).
2. **In der Projektphase:** Vor Ende des Projekts muss der Projektnehmer die Ermittlung des Einsparpotenzials an Endenergie, nicht erneuerbarer Primärenergie und Treibhausgasemissionen im Rahmen des Projekts vornehmen. Im Abschlussbericht des Vorhabens muss ein Kapitel enthalten sein, das die erforderlichen Kennwerte und weitere Informationen zum Ermittlungsweg (Referenzfall, Gebäude aufgrund dem die Kennwerte ermittelt werden, verwendete CO₂-Äquivalente, etc.) explizit zusammenstellt. Die Vorgaben dazu sind dem projekttypabhängigen Leitfaden zu entnehmen.

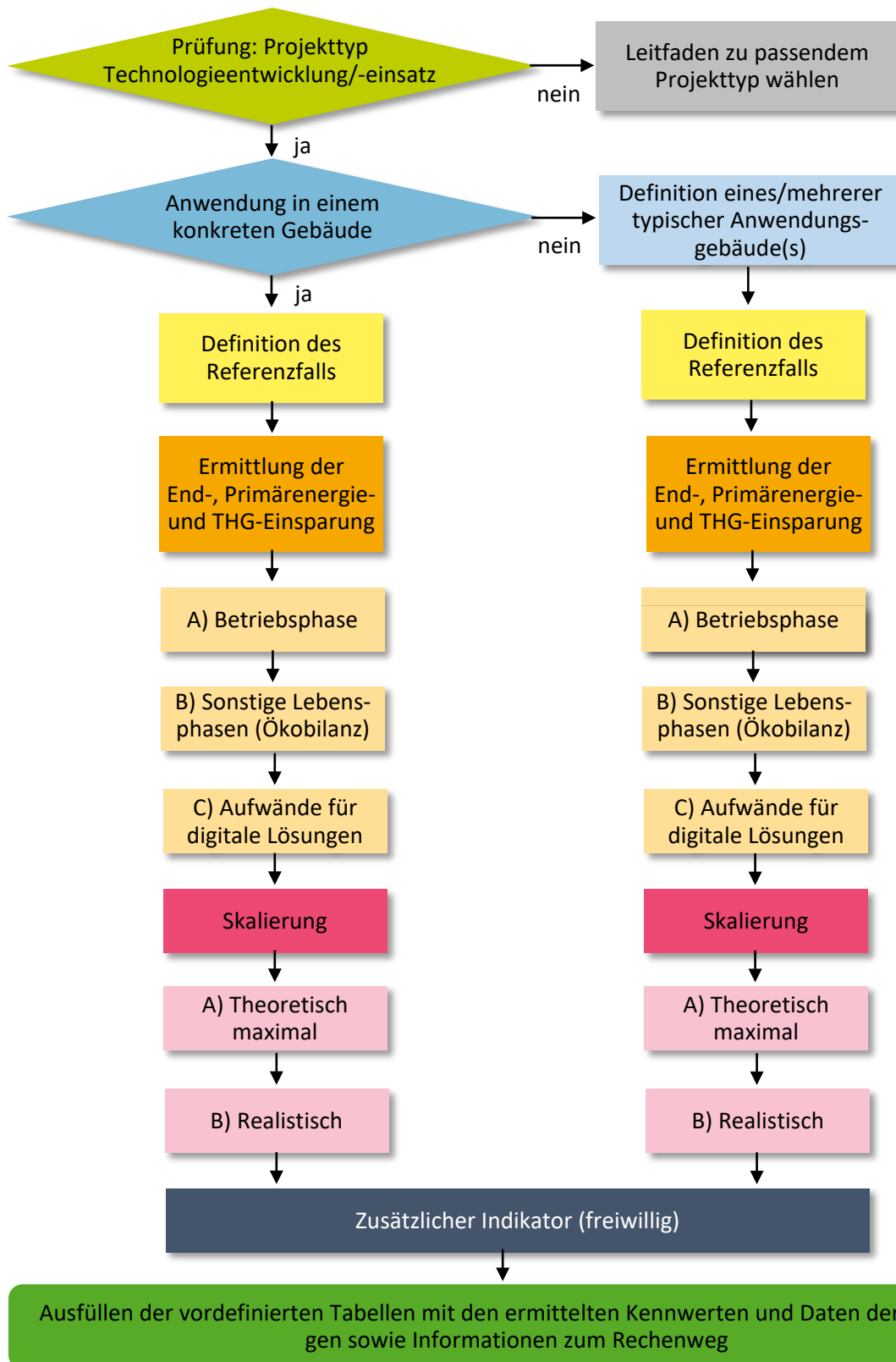
Damit ist eine „einfache“ Abschätzung in der Skizzenphase und eine genaue Ermittlung im Rahmen des Projekts vorgegeben. Es macht Sinn, die Abschätzung in der Skizzenphase soweit wie möglich an die geforderte genaue Ermittlung in der Projektphase anzupassen, denn die Kennwerte aus den beiden Phasen werden ggf. durch den PtJ miteinander verglichen. Der Antragsteller erhält auch spätestens bei der Vorbereitung des Antrags bereits die Definition seiner Aufgabe während der Projektphase und kann entsprechend den benötigten Aufwand oder ggf. ein betreffendes Arbeitspaket einplanen.

Können einzelne, eigentlich geforderte Schritte aus der Bewertung (z. B. Ökobilanz oder Skalierung) nicht durchgeführt werden, müssen sinnvolle Begründungen dazu erbracht werden oder dargestellt werden, dass hierdurch kein Mehrwert entstanden wäre.

Von den Projekten bzw. Projektnehmern werden dabei vor allem Kenntnisse im Bereich energetische Gebäudebewertung gemäß Gebäudeenergiegesetz (GEG)/DIN V 18599, Lebenszyklusbewertung in Anlehnung an BEG/QNG und eine Einschätzung des Marktpotenzials ihrer Technologien bzw. Gebäudekonzepte vorausgesetzt. Da die Ermittlung der Einsparpotenziale meist auf Basis von DIN V 18599-Berechnungen und oft im Vergleich zu den Anforderungen des GEG erfolgt, sollte auch eine entsprechende Software verfügbar und Kenntnisse zur Anwendung der Software vorliegen. Dies ist allerdings nicht der Fall bei Projekten für optimierte Herstellungsprozesse. Hier liegt der Fokus auf den Lebenszyklusphasen Herstellung und Abfallbehandlung/Entsorgung. Damit sind vor allem Kenntnisse im Bereich der ÖKOBAUDAT und BEG/QNG/DGNB hilfreich.

Abfolge der Ermittlung

Das folgende Flussdiagramm zeigt die durchzuführenden Schritte für die Ermittlung der Einsparpotenziale beim Projekttyp Technologieentwicklung bzw. Technologieeinsatz (Technologiedemonstration):



Einzelne Schritte

1. Prüfung Projekttyp Technologieentwicklung oder Technologieeinsatz

Die geförderten Projekte im Bereich der Forschungsinitiative Energiewendebauen decken eine große Bandbreite an Projekttypen in Abhängigkeit ihrer Projekthalte und -ziele ab. Grundsätzlich ist zunächst zu trennen in:

- a) Projekte, die die **Anwendung eines Konzepts oder einer/mehrerer Technologien an einem oder ggf. mehreren Gebäuden in der Realität beinhalten**:
 - Umsetzungsprojekte wie Demonstrationsgebäude
 - Konzept-/Planungsphasen als Vorbereitung zu einem Umsetzungsprojekt
 - **Technologieentwicklungen mit Gebäudeanwendungen**
 - Betriebsoptimierungen an Gebäuden
 - Konzeptentwicklungen inkl. Feldmessungen.
- b) Projekte, die die **Anwendung eines Konzepts oder einer/mehrerer Technologien an einem oder ggf. mehreren Gebäuden rechnerisch bewerten** können:
 - Studien
 - Konzeptentwicklungen ohne Gebäudeumsetzung
 - **Technologieentwicklungen ohne Gebäudeumsetzung**
 - Betriebsoptimierungen ohne Gebäudeumsetzung
- c) Projekte, die **nicht direkt mit einem Gebäude oder auch einem typischen Gebäude in Zusammenhang gebracht werden können**:
 - Methodenentwicklungen ohne Feldtest, inkl. Bewertungsmethoden
 - Softwareentwicklungen
 - Messsystementwicklungen
 - Datenerhebungen
 - Leitfäden
 - Materialgrundlagenforschung
 - Herstellungsprozesse

Während die Projekte aus der Projektgruppe a) reale Einsparungen gegenüber dem Ausgangszustand oder zumindest dem Referenzfall erreichen, können für die Projekte aus der Projektgruppe b) zumindest theoretische Einsparungen anhand von passenden Beispielgebäuden ermittelt werden.

Die Projekte aus der Projektgruppe c) sind mit Ausnahme der Herstellungsprozesse nur sehr schwer bezüglich ihres Einsparpotenzials zu bewerten. Entwicklungen von Methoden, Software, Messsystemen und Leitfäden können zwar durch ihre Anwendung in weiteren, dann praktischen Projekten, Einsparungen unterstützen oder erleichtern. Wie groß der Einfluss aber wirklich ist, d. h. was wäre ohne die Nutzung der Methode in den praktischen Projekten passiert, lässt sich nicht fundiert abschätzen. Versuche, dies zu tun, führen meist zu einer großen Überschätzung des Einflusses. Trotzdem sind solche Vorhaben wichtig, um den Fortschritt im Bereich Energieeffizienz und Klimaneutralität im Gebäudebereich voranzutreiben. Die Forschung an Materialgrundlagen ist von einer konkreten anwendbaren Technologieanwendung noch so weit entfernt, dass auch dies nicht mit einer Energieeinsparung im Gebäudesektor bewertet werden kann.

Eine Ausnahme bieten die Projekte, die sich mit **Herstellungsprozessen** beschäftigen. Sind diese eine Alternative zu bisher genutzten Herstellungsprozessen einer Gebäudetechnologie, so sollten die Einsparungen an Energie und Treibhausgasemissionen im Ökobilanzbereich „Herstellungsphase“ ermittelt werden, ggf. unter Berücksichtigung der Phasen Abfallbehandlung und Entsorgung ermittelt werden.

Die Forschungsnehmer müssen ihr Vorhaben zunächst der passenden Projektgruppe zuordnen. Dabei sind folgende **Fragen** zu beantworten:

1. **Sind ein oder mehrere konkrete Gebäude Bestandteil des Projekts?** -> Das Projekt ist dann Projektgruppe a) zuzuordnen. Das Einsparpotenzial wird anhand des konkreten/der konkreten Gebäude ermittelt.
2. **Ist der Projekthinhalt eine Studie, ein Konzept oder eine Technologie, die für eine Gebäudeanwendung durchgeführt oder entwickelt wird, ohne dass dafür ein konkretes Gebäude vorgesehen ist?** -> Dann ist das Projekt der Projektgruppe b) zuzuordnen. Wenn noch keine theoretische Anwendung an einem konkreten Gebäude im Projekt vorgesehen ist, muss für die Ermittlung der Einsparpotenziale ein typisches Gebäude (real oder theoretisch) ausgewählt werden, anhand dem die geforderte Bewertung durchgeführt wird. Das gilt auch für Projekte, in denen im Vorhaben selbst die Umsetzung nur am Versuchsstand durchgeführt wird.
3. **Handelt es sich um eine Entwicklung oder Optimierung eines Herstellungsprozesses?** -> Für das Projekt muss die Einsparung in der Phase „Herstellung“ „“, ggf. auch bei Auswirkungen darauf für die Phasen Abfallbehandlung und Entsorgung, mittels einer Ökobilanzierung durchgeführt werden.
4. **Handelt es sich um ein Vorhaben, dass zum Bereich der anderen Projekttypen aus der Projektgruppe c) zugeordnet werden kann?** -> Dann ist eine Ermittlung des Einsparpotenzials nicht verpflichtend.

Deckt ein Vorhaben mehrere Projektgruppen ab, so ist es jeweils dem höhergeordneten Typ zuzuordnen (also z. B. a) bei einem Vorhaben, das a) und b) beinhaltet).

Dieser Leitfaden ist konkret für Technologieentwicklungsprojekte mit konkreter Anwendung in einem Gebäude aus der Projektgruppe a) und Technologieentwicklungsprojekte ohne konkrete Gebäudeanwendung aus der Projektgruppe b) gedacht. Für andere Projekttypen müssen die jeweils passenden Leitfäden angewendet werden, die aus gleichen, teilweise aber auch abweichenden Informationen bestehen.

2. Bestimmung des Anwendungsgebäudes

a) Technologieentwicklungsprojekte mit konkreter Anwendung in einem Gebäude

Bei Technologieentwicklungsprojekte mit konkreter Anwendung in einem Gebäude wird die **Bewertung des Einsparpotenzials auf der Grundlage des im Vorhaben genutzten Gebäude** durchgeführt. Sind mehrere Gebäude beteiligt, sollte die Bewertung auch alle Gebäude umfassen. In begründeten Einzelfällen, z. B. bei sehr ähnlichen Gebäuden kann die Bewertung vereinfacht an einem „mittleren“ Gebäude durchgeführt werden. Das bzw. die Gebäude werden innerhalb der auszufüllenden Tabellen definiert, siehe Anhang „Auszufüllende Tabellen/Bilder/Textinformationen“.

b) Technologieentwicklungsprojekte ohne konkrete Gebäudeanwendung

Bei Technologieentwicklungsprojekten ohne konkrete Gebäudeanwendung wird die **Bewertung des Einsparpotenzials auf der Grundlage eines typischen Gebäudes durchgeführt**. Dieses kann entweder ein reales oder ein theoretisches Gebäude sein. Ein typisches Gebäude kann u.a. mithilfe einer Gebäudetypologie (siehe z. B. [IWU, 2023-1] und [IWU, 2023-2]) bestimmt werden. Alternativ kann basierend auf den Kenntnissen der Projektnehmer ein reales Gebäude bestimmt werden, auf Basis dessen der Einfluss der Technologie im Vergleich zur Referenztechnologie berechnet werden kann.

Auch wenn die Technologienwendung nur für einen bestimmten Teilbereich eines Gebäudes geeignet ist (z. B. eine Zone oder ein spezifischer Raum (bspw. einen OP-Saal in einem Krankenhaus), **muss ein gesamtes typisches Gebäude bei der Bewertung herangezogen werden**, damit die auf die Energiebezugsfläche bezogenen Kennwerte sinnvolle Werte ergeben.

3. Definition des Referenzfalls: Referenztechnologie

Da die Forschungsnehmenden für ihre Vorhaben Einsparpotenziale ermitteln sollen, wird für jedes Vorhaben ein Referenzfall benötigt. Aufgrund der Diversität der Forschungsvorhaben und insbesondere der Technologien an denen geforscht wird, kann in diesem Leitfaden kein allgemein anwendbarer Referenzfall vorgegeben werden. **Die Forschungsnehmenden müssen selbst die konkrete Referenztechnologie auf Basis der Hinweise in diesem Leitfaden bestimmen und entsprechend den Vorgaben im Anhang „Auszufüllende Tabellen/Bilder/Textinformationen“ dokumentieren.**

Die meisten Technologieentwicklungen sind Weiterentwicklungen, Verbesserungen oder Ersatz einer bereits bestehenden Technologie. **Die Referenztechnologie sollte deshalb eine entsprechende, also ähnliche, Technologie sein, die in Abhängigkeit der Anwendung auf Neubauten oder Bestandsbauten vorwiegend für die Erfüllung der gleichen Aufgabe eingesetzt wird.** Nur bei gänzlich neuen Entwicklungen (Erfindungen) kann der Referenzzustand ein Zustand ohne eine gleichartige Technologie sein. Meist muss aber auch hier eine alternative Methode zur Erfüllung der gleichen Aufgabe abgebildet werden. So sollte z. B. ein neuer Dämmstoff mit einem marktüblichen Dämmstoff verglichen werden, nicht mit einer ungedämmten Gebäudehüllflächenqualität. Ebenso sollte eine neue Lüftungsanlage oder ein Regelsystem mit einer derzeit eingesetzten Lüftungsanlage oder einem derzeit eingesetzten Regelsystem verglichen werden. Sollten mehrere Alternativen für eine gleichartige Technologie zur Auswahl stehen, so sollte der Vergleich möglichst mit der am meisten angewendeten Technologie durchgeführt werden.

Bei **Technologieanwendungen im Neubaubereich** sollte die Referenztechnologie dem **aktuellen Stand der Technik** entsprechen und bei mehreren verfügbaren Technologien die meisteingesetzte Technologie gewählt werden.

Bei **Technologieanwendungen in Bestandsgebäuden** sollte die entsprechende Referenztechnologie der **zugehörigen (evtl. mittleren) Bauzeit** entsprechen und damit dem damaligen Stand der Technik. Je nach Lebensdauer der Technologie könnte diese jedoch durch einen Austausch bereits meist modernisiert worden sein. Das sollte dann ebenfalls in der Referenztechnologie berücksichtigt werden.

Da die energetische Gebäudeeffizienz Auswirkungen auf die Einsparungen einer Einzeltechnologie hat, kann es Sinn machen, die **Einsparung einmal für einen Neubau** mit einer aktuellen Referenztechnologie (Stand der Technik) **und einmal für einen mittleren Bestandsbau** mit einer der zugehörigen Bauzeit entsprechenden Referenztechnologie (damaliger Stand der Technik, ggf. bereits durch einen Austausch modernisiert) durchzurechnen. Dies sollte auf jeden Fall geschehen, wenn bei der Skalierung (siehe Schritt 7) beide Fälle berücksichtigt werden sollen.

4. Betriebsphase

Der Endenergiebedarf und die entstehenden Treibhausgasemissionen in der Betriebsphase sind derzeit in den meisten Projekten im Fokus. Die Endenergie je eingesetztem Energieträger und darauf basierend die Treibhausgasemissionen (CO₂-äquivalente Emissionen) des Gebäudes mit Technologieanwendung und des Referenzfalls sollen möglichst **auf Basis der zum Zeitpunkt des Projektantrags (Ermittlung für den Projektantrag) gültigen gesetzlichen Gebäudeeffizienzbewertung** durchgeführt werden. Derzeit ist das das Gebäudeenergiegesetz (GEG) 2023 [GEG, 2023]. Dieses verweist auf die deutsche Norm DIN V 18599 [DIN V 18599, 2018] als Berechnungsmethode. Das dabei verwendete Monatsbilanzverfahren ist ausreichend für die meisten Anwendungsfälle.

Sollte das Forschungsvorhaben jedoch z. B. auf Einsparungen an (Kosten und) Treibhausgasemissionen durch **zeitliche Verschiebe** abzielen, sollte die Bewertung mittels einer **dynamischen Simulation** mit einer wissenschaftlich aner-

kannten Software durchgeführt werden. Generell kann freiwillig eine dynamische Simulation zur Ermittlung der Endenergieeinsparung und darauf basierend der Primärenergie- und Treibhausgas-Einsparung verwendet werden. Die Software sollte dann in der Dokumentation benannt und beschrieben werden. Die dynamischen Nutzerprofile sollten mit den statischen Nutzerprofilen der DIN V 18599 abgestimmt werden (bzw. diese in stündliche Nutzerprofile übersetzt werden), wenn es nicht stichhaltige Gründe für andere Nutzerprofile gibt. Diese Gründe dann bitte angeben und die Abweichung inhaltlich erläutern. Auch weitere vom GEG/der DIN V 18599 abweichende Randbedingungen sollten angegeben werden.

Als **Projektstandort** kann entweder Potsdam (wie im GEG-Nachweis) gewählt werden oder der reale Projektstandort. Letzteres kann z. B. zu Veränderungen bei den Transmissionswärmeverlusten, den solaren Gewinnen und den Energiegewinnen von solaren Systemen führen. Die Wahl steht dem Projektnehmer frei, der gewählte Standort sollte jedoch angegeben werden.

Für die Betriebsphase sollen die **Primärenergiefaktoren** und **CO₂-Äquivalente der Energieträger aus dem GEG** eingesetzt werden. Bei einer dynamischen Simulation mit dem Fokus auf zeitliche Verschiebe im Strombereich sollten entsprechend dynamische Primärenergiefaktoren und CO₂-Äquivalente für den deutschen Strommix angesetzt werden. Siehe dazu z. B. folgende Quellen in den Referenzen: [Agora Energiewende, 2023], [ENTSO-E Transparency Platform, 2023]. Eine Umrechnung von CO₂-Faktoren auf CO₂-äquivalente Faktoren kann vereinfachend mit einem mittleren statischen Faktor aus den letzten Jahren für den deutschen Strommix durchgeführt werden, der z. B. mithilfe von [Umweltbundesamt, 2023] bzw. aktualisierten Veröffentlichungen dieser Reihe ermittelt werden kann¹.

5. Sonstige bzw. alle Lebenszyklusphasen

Ähnlich wie die Bewertung der Betriebsphase soll die Bewertung der weiteren Lebensphasen eines Gebäudes auf Basis derzeit verfügbarer und mehrheitlich angewendeter Bewertungsmethoden erfolgen. Hierfür wird die **Methode des Qualitätssiegels Nachhaltiges Gebäude** (QNG, [QNG 2023]) empfohlen, die auch die Basis für die seit 2023 angebotene Bundesförderung für effiziente Gebäude – **Klimafreundlicher Neubau** (KFN) bildet. Alternativ können jedoch auch andere Bewertungsmethoden herangezogen werden, solange sie die gleichen Rahmenbedingungen (Grundlage der Ökobilanz DIN EN 15643:2021 [DIN EN 15643, 2021] und DIN EN 15978-1 [DIN EN 15978-1, 2012], in die Bilanz eingehende Module und Lebenszyklusphasen) einhalten.

Die zu bewerteten Lebenszyklusphasen sind:

- **Herstellung:** Module A1 Rohstoffbeschaffung, A2 Transport, A3 Produktion
- **Betrieb und Nutzung:** Modul B4 Austausch. Das Modul B6 Energieverbrauch im Betrieb kann vereinfachend aus der GEG-Bewertung, siehe Einzelne Schritte, Kapitel 4. Betriebsphase, entnommen werden oder alternativ einmal gemäß GEG und zusätzlich gemäß QNG berechnet werden².
- **Rückbau, Abfallbehandlung und Entsorgung:** C3 Abfallbehandlung, C4 Entsorgung. Die Phase D1 Recyclingpotenzial wird wie im QNG nicht in die Summe über die Lebenszyklusphasen mitaufgenommen.

¹ Das GEG verwendet rückblickende Daten für den Strommix. Die dynamischen Daten sind aktuell. Der Unterschied ist klar, jedoch wird die Datenverfügbarkeit und bei nichtdynamischen Abbildungen die Datenvergleichbarkeit untereinander und mit der gesetzlich vorgeschriebenen Gebäudebewertung als wichtig erachtet.

² Bei der GEG-Bewertung und der QNG-Bewertung werden voneinander abweichende THG-Emissionsfaktoren und nicht erneuerbare Primärenergiefaktoren verwendet. Zusätzlich ist die Anrechnung des PV-Stroms unterschiedlich. Da für die meisten Vorhaben die Betriebsphase entscheidend ist, soll hier bis zu einem Abgleich der Bewertungsmethoden in der Betriebsphase die gesetzlich geforderte Systematik gemäß GEG verwendet werden. In der Bewertung über alle Lebenszyklusphasen müssen aufgrund der Datenverfügbarkeit zumindest die restlichen Phasen die Kennwerte aus den QNG-Rechenwerten bzw. der ÖKOBAU-DAT verwendet werden.

Die Kennwerte für den (nicht erneuerbaren) primärenergetischen Aufwand und die Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalent-Emissionen) in den obigen Lebenszyklusphasen sollen dabei folgenden Datenquellen entnommen werden, wobei auch auf die Reihenfolge geachtet werden sollte. D.h. zunächst sollte in der ersten Datenquelle gesucht werden, danach in der zweiten, etc.:

1. Ökobilanzierung – Rechenwerte 2023 [QNG, 2023]
2. ÖKOBAUDAT gemäß EN 15804+A2 [ÖKOBAUDAT, 2023], basierend auf der neuen Norm DIN EN 15804+A2
3. ÖKOBAUDAT gemäß EN 15804+A1 [ÖKOBAUDAT, 2023], basierend auf der Norm DIN EN 15804+A1
4. Herstellerdaten

Anmerkung: Die zu verwendenden Kennwerte können in den Datenquellen anders bezeichnet sein, so z. B.:

- nicht erneuerbarer primärenergetischer Aufwand: PENRT (Total nicht-erneuerbare Primärenergie)
- Treibhausgasemissionen: GWP (Globales Erwärmungspotenzial)

Der Vergleich der eingesetzten Technologiekombinationen (Ist (gemäß Forschungsvorhaben) vs. Referenz) soll für die Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, C3 und C4 in einer „Handrechnung“ (z. B. mit MS Excel) unter Nutzung der Ökobilanzdaten aus den obigen Datenquellen erfolgen. Dabei müssen eigentlich nur die voneinander abweichenden Technologien bewertet werden. Für die Betriebsphase B6 soll dabei auf die GEG-Bewertung (oder dynamische Simulation) aus Einzelne Schritte, Kapitel 4 zurückgegriffen werden, die gegenüber der QNG-Bilanzierung leicht andere nicht erneuerbare Primärenergiefaktoren und CO₂-Äquivalente für Energieträger nutzt.

Die dabei berechneten Einsparungen sollen in den Ergebnistabellen dokumentiert werden.

Weitere Informationen zur Durchführung einer Lebenszyklusbewertung, wie z. B. die Betrachtungsdauer von 50 Jahren, die danach auf ein Jahr heruntergerechnet wird (d. h. durch 50 a geteilt wird) und die zu wählenden Lebensdauern von unterschiedlichen Technologien für die Phase Austausch (Modul B4) können [QNG, 2003] entnommen werden, insbesondere den Anhängen mit den Bilanzierungsregeln. Bei der Phase Austausch (Modul B4) muss sowohl die Herstellung (A1-A3) als auch die Abfallbehandlung und die Entsorgung (C3, C4) betrachtet werden. Die Daten für den nicht-erneuerbaren primärenergetischen Aufwand müssen zusätzlich von der Einheit MJ in kWh umgerechnet werden (durch 3,6 kWh/MJ geteilt werden).

6. Aufwände für digitale Lösungen

Der materielle und energetische Aufwand und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen für die Nutzung digitaler Technologien soll ebenfalls ermittelt werden. Dieser setzt sich zum einen aus den **Aufwänden für die Herstellung der Komponenten** selbst zusammen, die für digitale Anwendung im Forschungsprojekt zusätzlich installiert wurden. Zum anderen müssen aber auch die **materiellen und energetischen Aufwände für die Datenerhebung und -verarbeitung** bilanziert werden. Von den Projektnehmern muss zusätzlich die „Referenzausführung“ bestimmt werden, also die Ausführung, mit der verglichen wird. Das kann bei Bestandsprojekten der Zustand vor dem Projekt sein und bei Neubauten eine standardmäßige Ausführung. Dadurch kann der Mehraufwand an Energie bzw. die erhöhten Emissionen für zusätzliche Komponenten und die Datenerhebung und -verarbeitung bestimmt werden, welcher dann entsprechend von den berechneten Einsparungen aus den anderen Bewertungsschritten abgezogen wird. Im Folgenden wird zuerst auf die Bilanzierung der Datenverarbeitungsprozesse eingegangen und anschließend werden die zusätzlichen Komponenten für die digitale Anwendung betrachtet.

Wichtig ist, dass **nur Aufwände berücksichtigt** werden müssen, die **bei weiteren entsprechenden Umsetzungen abermals auftreten**. Der nur im Forschungsprojekt auftretende Aufwand für z. B. Datenmonitoring (2-jährige Messperiode zur Evaluierung des Konzepts in der Praxis) muss nicht als Mehraufwand bestimmt werden. Aufwände für Steuerungen und Regelungen, die auch bei einer weiteren Umsetzung in diesem Umfang oder entsprechend der Projektgröße angepasst auftreten werden müssen berücksichtigt und eingetragen werden.

Teil 1: Datenverarbeitungsprozesse

Bei der Nutzung digitaler Technologien für den Einsatz in Gebäuden und Quartieren werden unterschiedliche Datenverarbeitungsprozesse durchlaufen. Hinter jedem Datenverarbeitungsprozessschritt steht eine programmierte Anweisung, die oftmals in Schleifen ausgeführt wird. Dadurch kommt es fortwährend zur Generierung von Daten, welche auch mit einem entsprechenden Energieverbrauch verbunden ist. Bei der Bilanzierung, der durch die digitale Anwendung verursachten Umweltlasten, muss also zu allererst das Datenaufkommen bzw. der Datenaufwand (z. B. in GB/Jahr) bekannt sein. Dabei kann es helfen, die einzelnen Prozessschritte getrennt voneinander zu betrachten, denn zur Bestimmung der Emissionen sind zudem die Datenübertragungswege (z. B. Drahtloskommunikation vs. kabelgebunden) und die Standorte der Datenaufbereitung und Speicherung von Relevanz (z. B. Cloud-Dienst vs. lokaler Messrechner). Das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung hat für einzelne Prozessschrittbereiche die damit verbundenen kumulierten Energieaufwände (KEA) und Treibhausgasemissionen auf der Wissensplattform zusammengestellt ([Aufwände für Datenverarbeitungsprozesse \(wissen-digital-ewb.de\)](https://wissen-digital-ewb.de)), [Wissenschaftliche Begleitforschung EWB, 2024]. Für die Bilanzierung der Treibhausgasemissionen durch die Daten werden die **Prozessschrittbereiche Datenerfassung, Datenkuration, Datenmanagement, Datenverarbeitung an möglicherweise unterschiedlichen Standorten und Datennutzung** betrachtet und die **verwendeten Datenübertragungswege** berücksichtigt.

Teil 2: Komponenten

Darüber hinaus ist die Durchführung der Datenverarbeitungsprozesse auch immer mit materiellem Einsatz für die Herstellung der Komponenten verbunden. Dabei sind **alle Komponenten zu erfassen, die einen zweckmäßigen Betrieb der digitalen Anwendung sicherstellen**. Je nachdem, welche dieser Komponenten **zusätzlich** für die digitale Anwendung verbaut werden mussten, müssen die entsprechenden Umweltlasten mit in die Bilanz einfließen. Dabei sollen alle Lebenszyklusphasen mit betrachtet werden. Wichtig ist auch die Erfassung der **Energieverbräuche für den Betrieb der Komponenten selbst, wie z. B. Batterien in Sensoren**.

Für die genaue Bilanzierung der jeweiligen Komponenten ist zudem die Kenntnis über die technische Ausführung notwendig. Am Beispiel eines Temperatursensors: je nach Einsatzgebiet werden beispielsweise Thermistoren, digitale Temperatursensoren oder Thermopiles eingesetzt, bei denen dementsprechend auch unterschiedliche Materialien verbaut sind und damit unterschiedliche Umweltlasten entstehen.

Für die häufig eingesetzten Komponenten hat das IÖW eine Übersicht über die Energieverbräuche und THG-Emissionen auf der Wissensplattform unter [Aufwände für verwendete Komponenten \(wissen-digital-ewb.de\)](https://wissen-digital-ewb.de), [Wissenschaftliche Begleitforschung EWB, 2024] zusammengetragen. Es finden sich dort Komponenten aus den Kategorien **Sensoren, Infrastruktur, Signalverarbeitung, IT-Komponenten, Aktuatoren und Komponenten der Datennutzung**. Ziel dieser Übersicht ist es, wichtige Komponenten, die in den Forschungsprojekten verwendet werden, aufzulisten. Durch die hohe Anzahl unterschiedlicher Technologien und damit verbundenen Komponenten kann aber kein Anspruch auf Vollständigkeit bestehen. Wenn das konkrete Bauteil in der Liste nicht aufgeführt ist, kann jedoch der Wert für ein generisches Bauteil verwendet werden, mit dem die Emissionen abgeschätzt werden können.

Zur vereinfachten Anwendung der Komponentenbilanzierung ist auf der Wissensplattform eine MS Excel-Datei zum Download verfügbar (https://wissen-digital-ewb.de/static/static/downloads/EWB_Digi_Komponenten.xlsx), [Wissenschaftliche Begleitforschung EWB, 2024]:

Hinweise									
Bitte geben Sie der Anzahl/Meter der jeweiligen genutzten Komponenten in die gelb markierten Zellen. Im unteren Teil wird automatisch das Treibhauspotential über den Lebenszyklus (insofern für alle Phasen Daten vorhanden - in Tabellenblatt "Daten" prüfen!), der jährliche Energieverbrauch (Strom), sowie die kritische Lebensdauer des Systems, gemessen an der Komponente mit der geringsten Lebenserwartung, angegeben. Nähere Informationen zu den Komponenten sind im Blatt "Daten" zu finden.									
Eingaben									
Sensorik	Anzahl	Aktuatorik	Anzahl	Signalverarbeitung	Anzahl	Infrastruktur	Anzahl / Meter	IT	Anzahl / Meter
CO2 Sensor		Ventilator klein		Kommunikationsschnittstelle		Stromleitung		LAN Kabel	
Temperatursensor		Ventilator mittel		Anbindungskabel		Wasserleitung		Router	
Kabelloser Temperatursensor		Ventilator groß		Analog/Digitalwandler		Luftleitung		PC	
Feuchtesensor		Volumenstromregler		Leiterplatte		Stromzähler		Laptop	
Präsenzmelder		Umwälzpumpe		Datenlogger		Smart Meter		Monitor	
Lichtsensor		Elektr. Ventil-Stellantrieb klein		BUS-System: KNX BACnet Schnittstelle		BUS-System: KNX Spannungsversorgung			
Wasserzähler		Elektr. Ventil-Stellantrieb groß		BUS-System: KNX DALI Schnittstelle		BUS-System: KNX Zusatzspannungsversorgung			
Wärmezähler		BUS-System: KNX Sonnenschutzaktor		BUS-System: KNX IP Router-Schnittstelle					
Durchflussmesser		BUS-System: KNX Schalt-Dimmaktor		BUS-System: KNX IP Control Center					
		BUS-System: KNX Thermoantriebsaktor		BUS-System: KNX Web-Server					
				BUS-System: KNX Repeater					
				BUS-System: KNX Eingabegerät					
				BUS-System: KNX Ausgabegerät					
Ausgaben		Anmerkungen zur Berechnung							
Treibhauspotential Gesamt (in kg CO ₂ -e)	1042,81	Hier wird die Summe der THG-Emissionen (alle Lebenszyklusphasen) der Einzelkomponenten über deren angegebene Lebensdauer gebildet.							
Spezifisches Treibhauspotential Gesamt (in kg CO ₂ -e/Jahr)	108,32	Hier wird die Summe der THG-Emissionen (alle Lebenszyklusphasen) der Einzelkomponenten für jeweils ein Jahr gebildet.							
Energieverbrauch Nutzungsphase (in kWh/Jahr)	70,70	Hier wird die Summe der Stromverbräuche (nur Nutzungsphase) der Einzelkomponenten für jeweils ein Jahr gebildet.							
Kritische Lebensdauer (in Jahren)	6	Hier wird die Komponentenlebensdauer der digitalen Anwendung angegeben, die am geringsten von allen verwendeten Komponenten ist.							

Leider war es nicht möglich, für die Komponenten den nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf über die Lebenszyklusphasen zusammenzutragen, Kennwerte liegen nur für den Endenergiebedarf für die Nutzungsphase und für die Treibhausgasemissionen über die Lebenszyklusphasen vor.

Wenn die betrachtete Technologieentwicklung **keine zusätzlichen Aufwendungen für digitale Lösungen** (Datenverarbeitungsprozesse bzw. entsprechend eingesetzte Komponente) im Vergleich zum Referenzfall enthält, kann auf diesen Schritt verzichtet werden. Bitte dann dies in den Ergebnistabellen dokumentieren und kurz begründen.

7. Skalierung

Mit der Skalierung sollen die Auswirkungen des Forschungsvorhabens nicht nur auf die direkte Anwendung in einem Vorhaben (bei Technologieentwicklungsprojekte mit konkreter Anwendung auf die beinhalteten Gebäude) ermittelt werden, sondern erweitert werden auf gleichartige Gebäude oder andere Gebäude, auf die die Technologie anwendbar ist. Die Multiplizierbarkeit der Technologieanwendung ist eine wichtige Grundlage für eine Förderung durch das BMWK.

Bei der Ermittlung der skalierten Einsparung eines Forschungsprojekts ist in **zwei Schritten** vorzugehen.

Schritt 1: Zunächst wird über die Anzahl oder (Nettoraum-)Fläche oder andere geeignete Kenngröße von gleichartigen Gebäuden eine **theoretisch maximale Skalierung** ermittelt, eigentlich der „Markt“ für die Anwendung der Technologie in Deutschland. Sollten auch stark abweichende Gebäudetypen bei der Übertragung einberechnet werden, müssen ggf. die ermittelten Einsparungen (aus Einzelne Schritte, Kapitel 4 bis 6) angepasst werden. Bei der theoretisch maximalen Skalierung berücksichtigt werden sollten bereits:

- Jährliche Umsetzungsraten (z. B. Neubau- oder Sanierungsraten)

- Wirkdauern: wie lange wird die Technologie eingesetzt, wann wird sie durch eine andere Technologie ersetzt (vom Markt verdrängt)? Beim vorgegebenen Betrachtungszeitraum von 5 Jahren ist das vermutlich für wenige Vorhaben eine Einschränkung.

Für die Berechnung der theoretisch maximalen Skalierung wird eine Zeitdauer von 5 Jahren nach Projektende angesetzt. **Die skalierten Einsparungen werden** entsprechend **über die 5 Jahre kumuliert**. Durch die 5 Jahre soll der Zeitrahmen überschaubar sein und auch die Änderungen bei Primärenergiefaktoren und CO₂-Äquivalente begrenzt werden. Es wird nicht erwartet, die Änderungen der Faktoren in der Skalierung zu berücksichtigen, um den Berechnungsaufwand zu begrenzen. Bei der Berechnung der Ökobilanz ist dies auf Grundlage der verfügbaren Daten auch nicht möglich. Sollte es Anwendungen geben, die auf weniger als 5 Jahre ausgerichtet sind, kommen in den letzten Jahren keine weiteren Einsparungen hinzu, es werden nur die Einsparungen der Umsetzungen in den Jahren zuvor fortgeschrieben.

Schritt 2: Danach muss die theoretisch maximale Skalierung durch die Anwendung von Reduktionsfaktoren auf eine **realistische Skalierung** verringert werden. Über die Reduktionsfaktoren muss der **Marktanteil abgeschätzt** werden. Damit erfolgt ein Vergleich mit alternativen, bereits vorhandenen Technologien unter Berücksichtigung von:

- den jeweiligen Preisen bzw. der Wirtschaftlichkeit
- dem Bekanntheitsgrad
- der Akzeptanz bei Bauherren und Nutzern
- den Technologieproduktionsraten (maximale Produktionskapazität beachten)
- der Förderungen und rechtlichen Rahmenbedingungen
- den möglichen Hemmnissen für die Umsetzung

Die skalierten Einsparungen in den Jahren 1 bis 5 und die kumulierten Einsparungen nach dem fünften Jahr sowie Informationen zum ermittelten Markt und Marktanteil sind zu dokumentieren. Siehe dazu Einzelne Schritte, Kapitel 9 und Auszufüllende Tabellen/Bilder/Textinformationen.

Bei der Ermittlung der gleichartigen Gebäude in Deutschland bzw. möglichen weiteren Anwendungen kann auf unterschiedliche Quellen zurückgegriffen werden. Neben der Nutzung der Daten des Statistischen Bundesamts ([Statistisches Bundesamt, 2023] und [Statistisches Bundesamt, 2024]) wird die Anwendung der TABULA-Datenbank [IWU, 2023-1] für Wohngebäude und der ENOB:dataNWG-Datenbank [IWU, 2023-2] für Nichtwohngebäude empfohlen. Dabei kann für die Nutzung der ENOB.dataNWG ein finanzieller Aufwand für die Recherche entstehen, der ggf. beim Projektantrag eingeplant werden kann³. Daten zu Modernisierungsraten von Bauteilen und der Gebäudetechnik können z. B. [Cischinsky, 2018] oder [BuVEG, 2024] entnommen werden. Zusätzlich kann auf Daten aus dem thematischen Umfeld der Förderprojekte zurückgegriffen werden.

8. Ermittlung eines zusätzlichen quantitativen Indikators

Viele Projekte aus dem Forschungsbereich besitzen neben dem Ziel der Energie- und Treibhausgas-Einsparung weitere Ziele, so z. B. die Erhöhung des Komforts oder der Hygiene, eine Störungsreduktion, eine Akzeptanzsteigerung, eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit, eine Optimierung der Planung, etc. Für diese Vorhaben soll abgesehen von

³ Gemäß Auskunft des IWU entstehen für eine beantragte Recherche über den IWU-Tabellenkonfigurator Kosten von 40 € plus einmalig 25 € Bearbeitungspauschale (Zeitpunkt der Abfrage: Juli 2023). Ggf. sind für unterschiedliche Gebäudetypen mehrere Recherchen notwendig.

den energetischen und Emissionseinsparungen ein zusätzlicher, vom Projekt identifizierter Indikator zugelassen werden, der aufzeigt, wie groß die erreichte Verbesserung durch das Vorhaben ist. Auch hier soll der Indikator im Vergleich zu einer Referenz gebildet werden.

Der Indikator soll dafür vom Forschungsnehmer definiert, die passende Referenz angegeben und die Verbesserung ermittelt werden. Dafür sollte, wenn möglich, eine Messung, sonst eine Berechnung oder Simulation herangezogen werden. Die zugehörigen Informationen sollen ebenso wie die Einsparungen aus den vorigen Kapiteln in die vordefinierten Tabellen in den Schlussbericht eingetragen werden.

9. Ausfüllen der vordefinierten Tabellen mit den ermittelten Kennwerten und Daten der Grundlagen

Nachdem die Einsparungen für das oder die Anwendungsgebäude oder typische(n) Gebäude ermittelt wurden und die realistische Skalierung durchgeführt wurde, sollen die Daten in vordefinierte Tabellen eingetragen werden. Zusätzlich sollen die Rahmenbedingungen der Ermittlungen verständlich dokumentiert werden. Dafür empfiehlt sich ein gesondertes Kapitel im Schlussbericht des Vorhabens, das ggf. „Ermittlung des Einsparpotenzials des EWB-Forschungsvorhabens“ genannt werden kann.

Referenzen / Verweise auf Hilfestellungen

- [Agora Energiewende, 2023] Agora Energiewende – Agorameter: Stündliche Daten zu u. a. Stromerzeugung und Stromverbrauch Deutschlands inkl. CO₂-Emissionsfaktor des deutschen Strommix. Verfügbar unter <https://www.agora-energiewende.de/service/agorameter>. Letzter Datenzugriff: 21.06.23
- [BuVEG, 2024] BuVEG – Die Gebäudehülle: Sanierungsquote im Sinkflug – Prognose für 2024: weiter schwach. Pressemeldung des Bundesverbands energieeffiziente Gebäudehülle e.V. (BuVEG). Verfügbar unter <https://buveg.de/pressemeldungen/sanierungsquote-im-sinkflug-prognose-2024-schwach/>. Letzter Datenzugriff: 27.05.24.
- [Cischinsky, 2018] Cischinsky, H; Diefenbach, N.: Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016. Datenerhebung zu den energetischen Merkmalen und Modernisierungsraten im deutschen und hessischen Wohngebäudebestand. Bericht des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU). Darmstadt, 2018. Verfügbar unter https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/gebaeudebestand/2018_IWU_CischinskyEtDiefenbach_Datenerhebung-Wohngeb%C3%A4udebestand-2016.pdf. Letzter Datenzugriff: 27.05.24.
- [DIN EN 15643, 2021] Beuth publishing DIN: DIN EN 15643:2021 – Nachhaltigkeit von Bauwerken – Allgemeine Rahmenbedingungen zur Bewertung von Gebäuden und Ingenieurbauwerken; Deutsche Fassung EN 15643:2021. Verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-15643/335506755>. Letzter Datenzugriff: 12.10.2023.
- [DIN EN 15978, 2012] Beuth publishing DIN: DIN EN 15978:2012 – Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode; Deutsche Fassung EN 15978:2011. Verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-15978/164252701>. Letzter Datenzugriff: 12.10.2023. *Anmerkung: derzeit ist eine Entwurffassung der DIN EN 17978-1 verfügbar, die, sobald sie die gültige Version ist, auch als Grundlage für diesen Leitfaden genutzt werden sollte.*
- [DIN V 18599, 2018] Beuth publishing DIN: DIN V 18599:2018 – Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung. Verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/erweiterte-suche/272754!search?alx.searchType=complex&alx.search.autoSuggest=false&searchA-realId=1&query=DIN+V+18599&facets%5B276612%5D=&hitsPerPage=10>. Letzter Datenzugriff: 21.06.23
- [ENTSO-E Transparency Platform, 2023] ENTSO-E Transparency Platform: Zentrale Sammel- und Publikationsstelle für die Stromerzeugung, den Stromtransport und den Stromverbrauch im Pan-europäischen Markt. Verfügbar unter <https://transparency.entsoe.eu/dashboard/show>. Letzter Datenzugriff: 21.06.23
- [GEG, 2023] Deutscher Bundestag: Gesetz zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor. Darin Artikel 18a – Änderung des Gebäudeenergiegesetzes. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2022, Teil I, Nr. 28. Bonn, 28. Juli 2022. Verfügbar unter http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&jumpTo=bgbl122s1237.pdf oder als nichtamtliche Lesefassung unter <https://www.gesetze-im-internet.de/geg/GEG.pdf>. Letzter Datenzugriff: 21.06.23

[IWU, 2023-1]	IWU: TABULA – Entwicklung von Gebäudetypologien zur energetischen Bewertung des Wohngebäudebestands in 13 europäischen Ländern. Deutsche Gebäudetypologie-Broschüre, Datentabellen im MS Excel-Format, TABULA WebTool. Verfügbar unter https://www.iwu.de/forschung/gebaeudebestand/tabula/ . Letzter Datenzugriff: 03.07.23
[IWU, 2023-2]	IWU, Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Bergische Universität Wuppertal: ENOB:DataNWG – Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude. Schlussbericht, Teilberichte, Forschungsdatenbank und Nichtwohngebäude-Typologie. Verfügbar unter: https://www.datanwg.de/home/aktuelles/ . Das IWU ermöglicht Dritten die Durchführung von eigenen wissenschaftlichen Auswertungen mit der Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude. Dabei gibt es drei Optionen des Datenbankzugriffs, die unterschiedlich weitreichende Möglichkeiten bieten. Letzter Datenzugriff: 03.07.23
[ÖKOBAUDAT, 2023]	Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen: Ökobaudat – Informationsportal Nachhaltiges Bauen. ÖKOBAUDAT-Datensätze. Verfügbar unter https://www.oekobaudat.de/no_cache/datenbank/suche/daten/ . Letzter Datenzugriff 21.06.23.
[QNG, 2023]	Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen: QNG-Siegeldokumente. Insbesondere LCA-Bilanzregeln Wohngebäude und Nichtwohngebäude sowie Ökobilanzierung-Rechenwerte. Verfügbar unter https://www.qng.info/service/ . Letzter Datenzugriff: 21.06.23.
[Statistisches Bundesamt, 2023]	Statistisches Bundesamt: DESTATIS. Webseite des Statistischen Bundesamts. Verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Home/inhalt.html . Letzter Datenzugriff: 03.07.23
[Statistisches Bundesamt, 2024]	Statistisches Bundesamt: DESTATIS: GENESIS-ONLINE: Die Datenbank des Statistischen Bundesamtes. Inhalte unter anderem Daten zu Baufertigstellungen. Verfügbar unter: https://www-genesis.destatis.de/genesis/online . Letzter Datenzugriff: 27.05.24.
[Umweltbundesamt, 2023]	Itcha, P.; Lauf, T.: Entwicklung der spezifischen Treibhausgas-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 – 2022. Climate Change 20/2023. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. Mai 2023. Verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2023_05_23_climate_change_20-2023_strommix_bf.pdf . Letzter Datenzugriff: 21.06.23
[Wissenschaftliche Begleitforschung EWB, 2024]	Wissenschaftliche Begleitforschung Energiewendebauen, Modul 4: Wissensplattform Digitalisierung Energiewendebauen: Negative Umweltwirkungen. Verfügbar unter Negative Umweltwirkungen (wissen-digital-ewb.de) . Letzter Datenzugriff: 12.09.24.

Auszufüllende Tabellen/Bilder/Textinformationen

Folgende Kennwerte und Informationen sollten im Schlussberichtskapitel „Ermittlung des Einsparpotenzials des EWB-Forschungsvorhabens“ dokumentiert sein:

(Können einzelne, eigentlich geforderte Schritte aus der Bewertung (z. B. Ökobilanz oder Skalierung) nicht durchgeführt werden, müssen sinnvolle Begründungen dazu erbracht werden oder dargestellt werden, dass hierdurch kein Mehrwert entstanden wäre.)

A) Allgemeine Informationen	
Projektname:	[Offizieller Projektname, siehe Bewilligung]
Förderkennzeichen:	
Projekttyp :	[Technologieentwicklungsprojekte mit konkreter Anwendung in einem Gebäude] [oder Technologieentwicklungsprojekte ohne konkrete Gebäudeanwendung] [oder anderer Projekttyp, siehe dann passenden Leitfaden]
Anzahl beinhaltete Gebäude:	[Zahl] -> bei mehr als einem Gebäude müssen entsprechend andere Zeilen vervielfacht werden und bei Kennwerten eine Summe bzw. ein Mittelwert gebildet werden.
Gebäudetyp:	[z. B. Bürogebäude]
Neubau oder Bestandssanierung:	
Bezugsfläche für alle Kennwerte: Thermisch konditionierte Net- toraumfläche NRF [m ²]:	
Als zusätzliche Information bei Wohngebäuden: A _N [m ²] ge- mäß GEG:	
Beschreibung des Gebäudes:	[Informationen zur Nutzung, ggf. Baujahr, Bauweise, Anzahl Stockwerke, Zonierung, Nutzerprofile, ...]
Grundriss:	[Plan eines beispielhaften Grundrisses]
Ansicht:	[Plan oder Foto einer Ansicht. Bitte auf keinen Fall Bilder aus Google Map der BING o.ä. verwenden. Diese Bilder sind geschützt.]
Entwickelte Technologie:	[Was genau wird entwickelt: Beschreibung der Technologie]
Referenzfall : Beschreibung:	[Beschreibung der Referenztechnologie, warum wurde diese Referenztechnologie gewählt]

B) Ermittlung der Einsparungen		
1. Betriebsphase:		
Art der Ermittlung:	[GEG – DIN V 18599 / dynamische Simulation]	
Gewählter Standort bei Berechnungen:	[Potsdam oder Angabe Projektstandort]	
Quelle der Primärenergiefaktoren:	[GEG, ggf. Quelle/Beschreibung der Berechnung der dynamischen Faktoren]	
Kennwerte der genutzten Primärenergiefaktoren:	[Angabe der PEFs je eingesetztem Energieträger]	
Quelle der CO ₂ -Äquivalente:	[GEG, ggf. Quelle/Beschreibung der Berechnung der dynamischen Faktoren]	
Kennwerte der genutzten CO ₂ -Äquivalente:	[Angabe der CO ₂ -Äquivalente je eingesetztem Energieträger]	
Ergebnisse:		
	Istfall mit entwickelter Technologie	Referenzfall (mit Referenztechnologie)
Endenergiebedarf [MWh/a]: -> Je Energieträger und als Summe		
Endenergiebedarf bezogen auf NRF [kWh/m ² a]: -> Je Energieträger und als Summe		
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf [MWh/a]:		
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf bezogen auf NRF [kWh/m ² a]:		
Treibhausgasemissionen [t _{CO2,äq.} /a]:		
Treibhausgasemissionen [kg _{CO2,äq.} /m ² a]:		
Endenergieeinsparung [MWh/a]: -> Je Energieträger und als Summe	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen, bitte aufteilen in die eingesetzten Energieträger]	
Endenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]: -> Je Energieträger und als Summe	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen, bitte aufteilen in die eingesetzten Energieträger]	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung [t_{CO2,äq.}/a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung [kg_{CO2,äq.}/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	

2. <u>Alle Lebenszyklusphasen:</u>		
Gewählter Bilanzierungsweg:	[-> „Handrechnung“ auf Basis Ökobilanzdatensätze für die Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, C3 und C4. Phase B6 (Energieverbrauch im Betrieb) wird aus GEG-Bewertung genommen]	
Verwendete Datenquellen:	[Ökobilanzierung – Rechenwerte 2023 / ÖKOBAUDAT gemäß EN 15804+A2 / ÖKOBAUDAT gemäß EN 15804+A1 / Herstellerdaten] -> Wenn unterschiedliche Datenquellen herangezogen werden, bitte angeben, welche für welche Materialien/Technologien genutzt wurden	
Beschreibung des Istfalls:	Bewertete Technologien	
Beschreibung des Referenzfalls:	Bewertete Technologien	
Ergebnisse:		
Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, C3 und C4:		
	Istfall nach Projektumsetzung	Referenzfall
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf [MWh/a]:		
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf bezogen auf NRF [kWh/m²a]:		
Treibhausgasemissionen [t _{CO2,äq.} /a]:		
Treibhausgasemissionen [kg _{CO2,äq.} /m²a]:		
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,äq.} /a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, B4, C3, C4 zzgl. B6 aus 1. Betriebsphase:		
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,äq.} /a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	

3. Aufwände für digitale Lösungen (nur bei Anwendung von Datenverarbeitungsprozessen, wie z.B. Cloud-Dienste, Displays zu Visualisierung, Messfühlern für Steuerungen, etc.)	
Beschreibung der inkludierten Aufwände im Istfall:	[Art und Anzahl genutzter elektronischer Geräte wie z. B. Displays, Sensoren und Datenaufkommen/Datenaufwand pro Jahr sowie beinhaltete Prozessschritte]
Beschreibung des Referenzfalls:	[Art und Anzahl genutzter elektronischer Geräte wie z. B. Displays, Sensoren und Datenaufkommen/Datenaufwand pro Jahr sowie beinhaltete Prozessschritte]
Gewählte Datengrundlagen:	[z. B. PEF/GWP für Stromverbrauch aus anderen Ländern, Datenmengen, Lebenszyklusdaten für Hardware, etc.]
Ergebnisse: Betriebsphase: Stromverbrauch durch Datenverarbeitungsprozesse	
Mehraufwand an Endenergie Strom [MWh/a]: -> Ggf. aufgeteilt in Stromverbrauch je Land und als Summe	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Mehraufwand an Endenergie Strom bezogen auf NRF [kWh/m²a]: -> Ggf. aufgeteilt in Stromverbrauch je Land und als Summe	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Mehraufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie durch Stromverbrauch [MWh/a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Mehraufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie durch Stromverbrauch bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Mehraufwand an Treibhausgasemissionen durch Stromverbrauch [t _{CO2,äq.} /a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Mehraufwand an Treibhausgasemissionen durch Stromverbrauch bezogen auf NRF [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Ergebnisse: Lebenszyklusbewertung des Mehraufwands der Komponenten inkl. deren Energieverbräuche	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen] -> <i>Derzeit aus der angebotenen Quelle nicht verfügbar</i>
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen] -> <i>Derzeit aus der angebotenen Quelle nicht verfügbar</i>
Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,äq.} /a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Treibhausgasemissions-Einsparung bezogen auf NRF [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Ergebnisse: Summe Lebenszyklus (Betriebsphase Stromverbrauch + Komponenten)	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	

Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	
Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,äq.} /a]:	
Treibhausgasemissions-Einsparung bezogen auf NRF [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	

Zusammenfassung der bisherigen Ergebnisse als Startpunkt für 4. Skalierung	
Betriebsphase: Gebäude und digitale Lösungen -> Werte siehe B) 1. und 3.	
Endenergieeinsparung aus Betriebsphase [MWh/a]: -> Nur als Summe	[Summe Endenergieeinsparung [MWh/a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an Endenergie Strom [MWh/a] aus 3.]
Endenergieeinsparung aus Betriebsphase bezogen auf NRF [kWh/m²a]: -> Nur als Summe	[Summe Endenergieeinsparung [kWh/m²a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an Endenergie Strom [kWh/m²a] aus 3.]
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung aus Betriebsphase [MWh/a]:	[Summe nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie durch Stromverbrauch [MWh/a] aus 3.]
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung aus Betriebsphase bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Summe nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [kWh/m²a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie durch Stromverbrauch [kWh/m²a] aus 3.]
Treibhausgasemissions-Einsparung aus Betriebsphase [t _{CO2,äq.} /a]:	[Summe Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,äq.} /a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an Treibhausgasemissionen durch Stromverbrauch [t _{CO2,äq.} /a] aus 3.]
Treibhausgasemissions-Einsparung aus Betriebsphase bezogen auf NRF [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	[Summe Treibhausgasemissions-Einsparung [kg _{CO2,äq.} /m²a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an Treibhausgasemissionen durch Stromverbrauch [kg _{CO2,äq.} /m²a] aus 3.]
Alle Lebenszyklusphasen: Gebäude und digitale Lösungen -> Werte siehe B) 2. und 3.	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	[Summe nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a] aus 2. plus Summe Lebenszyklus digitale Lösungen [MWh/a] aus 3.]
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Summe nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [kWh/m²a] aus 2. plus Summe Lebenszyklus digitale Lösungen [kWh/m²a] aus 3.]
Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,äq.} /a]:	[Summe Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,äq.} /a] aus 2. plus Lebenszyklus digitale Lösungen [t _{CO2,äq.} /a] aus 3.]
Treibhausgasemissions-Einsparung bezogen auf NRF [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	[Summe Treibhausgasemissions-Einsparung [kg _{CO2,äq.} /m²a] aus 2. plus Lebenszyklus digitale Lösungen [kg _{CO2,äq.} /m²a] aus 3.]

4. Skalierung

Schritt 1: Theoretisch maximale Skalierung (Markt in Deutschland für die Anwendung des Konzepts/der Technologien)

Betroffener Gebäudetyp:	[z. B. unsanierte Mehrfamilienhäuser, Krankenhäuser mit einer bestimmten RLT-Anlage, etc.]
Anzahl der betroffenen Gebäude in Deutschland: oder Nettoraumfläche der betroffenen Gebäude in Deutschland:	[Zahl] [Zahl + Einheit] [Angabe der Quellen für die Anzahl/Fläche und möglicherweise berücksichtigten Reduktionsfaktoren]
Weitere berücksichtigte Daten:	[z. B. jährliche Umsetzungsraten, Wirkdauern eines Konzepts bzw. Technologie bitte benennen und jeweils Zahlen und Quellen bzw. „eigene Einschätzung“ angeben]
Anzahl oder Größe der Netto- raumfläche der theoretisch maximalen Umsetzung inner- halb 5 Jahre nach dem Projekt:	[Zahl, Reduktion der Anzahl der betroffenen Gebäude durch Umsetzungsraten und Wirkdauern, Berücksichtigung von maximal 5 Jahren Betrachtungszeit]

Schritt 2: Realistische Skalierung [Abschätzung des Marktanteils]

Beschreibung der verwendeten Reduktionsfaktoren:	[z. B. durch Wirtschaftlichkeit des Konzepts/der Technologie, Bekanntheitsgrad, Akzeptanz bei Bauherren/Nutzern, Technologieproduktionsraten, Förderungen und rechtliche Rahmenbedingungen, Hemmnisse -> bitte nennen Sie den Einflussfaktor, beschreiben Sie die Zusammenhänge und geben Sie den zugehörigen Reduktionsfaktor und die Quelle bzw. „eigene Einschätzung“ an. Der Reduktionsfaktor kann sich ggf. über die 5 Jahre unterscheiden]		
Anzahl oder Größe der Netto- raumfläche der geschätzten Umsetzungen je Jahr:	Jahr 1	[Zahl/Zahl + Einheit]	
	Jahr 2	[Zahl/Zahl + Einheit]	
	Jahr 3	[Zahl/Zahl + Einheit]	
	Jahr 4	[Zahl/Zahl + Einheit]	
	Jahr 5	[Zahl/Zahl + Einheit]	

Ergebnisse:

Skalierte Einsparungen je Jahr in der Betriebsphase: [Basis sind die Einsparungen aus 1. Betriebsphase]		Endenergieein- sparung [MWh/a]	Nicht erneuer- bare Primärener- gieeinsparungen [MWh/a]	Treibhaus- gasemissions- Einsparungen [t _{CO2,äq.} /a]
	Jahr 1			
	Jahr 2			
	Jahr 3			
	Jahr 4			
	Jahr 5			
Kumulierte Einsparungen: [5 * Jahr 1 + 4 * Jahr 2 + ...]	Kumulierte Sum- me über 5 Jahre			
Skalierte Einsparungen je Jahr in allen Lebenszyklusphasen: [Basis sind die Einsparungen aus 2. Alle Lebenszykluspha- sen]		-	Nicht erneuer- bare Primärener- gieeinsparungen [MWh/a]	Treibhaus- gasemissions- Einsparungen [t _{CO2,äq.} /a]
	Jahr 1			
	Jahr 2			

Kumulierte Einsparungen: [5 * Jahr 1 + 4 * Jahr 2 + ...]	Jahr 3			
	Jahr 4			
	Jahr 5			
	Kumulierte Summe über 5 Jahre			

5. <u>Zusätzlicher quantitativer Indikator</u> (-> <i>freiwillig, wo passend</i>)		
Gewählter zusätzlicher Indikator:	[Definition und Erläuterung, ggf. Angabe der Einheit, Status/Entwicklungen vor dem Projekt]	
Referenzfall:	[Beschreibung und Begründung, warum dieser Referenzfall gewählt wurde]	
Ergebnis:		
	Istfall nach Projektumsetzung	Referenzfall
Indikator:	[Zahl und ggf. Einheit]	[Zahl und ggf. Einheit]
Verbesserung (Referenz – Istfall nach Projektumsetzung):	[Zahl und ggf. Einheit]	
	[Prozentzahl, (Referenz – Istfall)/Referenz]	

Leitfaden

Ermittlung von Einspareffekten an Energie und klimaschädlichen Emissionen bei der Umsetzung der Forschungsvorhaben und deren Skalierung

Projekttyp: Betriebsoptimierung

Hintergrund

Die Projekte aus der Forschungsinitiative Energiewendebauen (EWB) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz leisten einen wichtigen Beitrag zur Energiewende und zur angestrebten Klimaneutralität im deutschen Gebäudesektor. Sie entwickeln, demonstrieren und validieren Technologien und Konzepte zur Effizienzsteigerung, zur Integration von erneuerbaren Energien und zur Versorgungssicherheit. Dabei wird ein schneller Transfer der erzielten Forschungsergebnisse in den Markt angestrebt.

Um den Beitrag der geförderten Projekte für die Erreichung der genannten Ziele zu bemessen, sollen die Vorhaben die erreichte Einsparung an Energie und Treibhausgasemissionen gegenüber einem adäquaten Referenzfall ermitteln und für eine Querauswertung zur Verfügung stellen. Dabei sollen vor allem die Einsparpotenziale im Bereich der Endenergie und Treibhausgasemissionen bewertet werden, wo möglich und sinnvoll auch die grauen Energien und Emissionen aus der Herstellung, Instandhaltung, Rückbau und Recycling (Ökobilanzierung) berücksichtigt werden und auch eine Skalierung auf der Basis der möglichen Anwendung der Technologien und Konzepte in weiteren Gebäuden innerhalb Deutschlands.

Viele Projekte aus dem Forschungsbereich besitzen jedoch neben dem Ziel der Energie- und Treibhausgas-Einsparung weitere Ziele, so z. B. die Erhöhung des Komforts oder der Hygiene, eine Störungsreduktion, eine Akzeptanzsteigerung, eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit, eine Optimierung der Planung, etc. Für diese Vorhaben soll abgesehen von den energetischen und Emissionseinsparungen ein zusätzlicher, vom Projekt identifizierter quantitativer Indikator zugelassen werden, der aufzeigt, wie groß die erreichte Verbesserung durch das Vorhaben ist. Auch hier soll der Indikator im Vergleich zu einer Referenz gebildet werden.

Da die Projektansätze im Gebäudebereich der Forschungsinitiative EWB sehr unterschiedlich sind und von Gebäudekonzepten über Monitoring, Technologieentwicklungen und Software-Development bis zu Herstellungsprozesse reichen, muss auch die Ermittlung der Einsparpotenziale an den jeweiligen Projekttyp angepasst werden. Trotzdem soll eine grundsätzlich gleichartige Herangehensweise durch projekttypabhängige Leitfäden gewährleistet werden.

Aufgabe der Projekte

Die Projekte sollen (soweit möglich und sinnvoll) eine Ermittlung der Einsparpotenziale an Endenergie und Treibhausgasemissionen durchführen. Bei davon abweichenden oder wichtigen zusätzlichen Projektzielen kann ein weiterer quantitativer Indikator durch das Projekt hinzugefügt werden. Dieser ersetzt im Normalfall jedoch nicht die beiden grundsätzlich geforderten Einsparpotenziale. Der Zeitpunkt der Ermittlung ist wie folgt definiert:

1. **In der Skizzenphase:** Sofern nicht bereits in der Skizze enthalten, wird der Skizzeneinreicher vom PtJ aufgefordert, das Einsparpotenzial des geplanten Vorhabens abzuschätzen. Die dafür angestrebten Kennwerte (Endenergie, nicht erneuerbare Primärenergie und Treibhausgasemissionen) sowie die zu berücksichtigenden Phasen (Betriebsphase, ggf. auch Herstellung, Rückbau und Entsorgung) sowie die gewünschte Art der Skalierung sind aus dem projekttypabhängigen Leitfaden zu entnehmen. Die genaue Bewertungsmethode kann allerdings vom Skizzeneinreicher bestimmt werden und einfacher sein (fundierte Schätzung statt detaillierter Berechnung, ggf. nicht alle Lebenszyklusphasen eines Gebäudes).
2. **In der Projektphase:** Vor Ende des Projekts muss der Projektnehmer die Ermittlung des Einsparpotenzials an Endenergie, nicht erneuerbarer Primärenergie und Treibhausgasemissionen im Rahmen des Projekts vornehmen. Im Abschlussbericht des Vorhabens muss ein Kapitel enthalten sein, das die erforderlichen Kennwerte und weitere Informationen zum Ermittlungsweg (Referenzfall, Gebäude aufgrund dem die Kennwerte ermittelt werden, verwendete CO₂-Äquivalente, etc.) explizit zusammenstellt. Die Vorgaben dazu sind dem projekttypabhängigen Leitfaden zu entnehmen.

Damit ist eine „einfache“ Abschätzung in der Skizzenphase und eine genaue Ermittlung im Rahmen des Projekts vorgegeben. Es macht Sinn, die Abschätzung in der Skizzenphase soweit wie möglich an die geforderte genaue Ermittlung in der Projektphase anzupassen, denn die Kennwerte aus den beiden Phasen werden ggf. durch den PtJ miteinander verglichen. Der Antragsteller erhält auch spätestens bei der Vorbereitung des Antrags bereits die Definition seiner Aufgabe während der Projektphase und kann entsprechend den benötigten Aufwand oder ggf. ein betreffendes Arbeitspaket einplanen.

Können einzelne, eigentlich geforderte Schritte aus der Bewertung (z. B. Ökobilanz oder Skalierung) nicht durchgeführt werden, müssen sinnvolle Begründungen dazu erbracht werden oder dargestellt werden, dass hierdurch kein Mehrwert entstanden wäre.

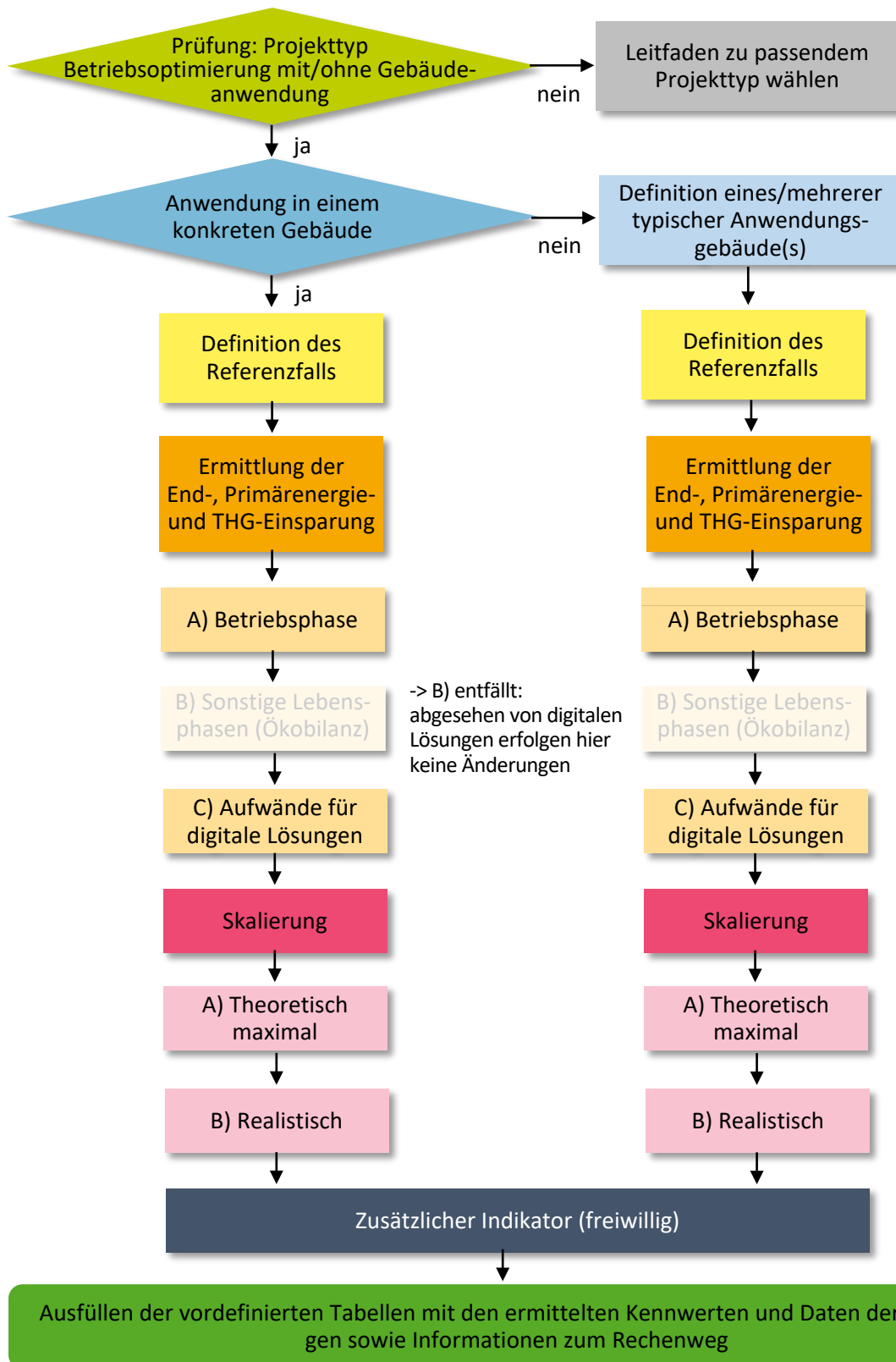
Von den Projekten bzw. Projektnehmern werden dabei vor allem Kenntnisse im Bereich energetische Gebäudebewertung gemäß Gebäudeenergiegesetz (GEG)/DIN V 18599, Lebenszyklusbewertung in Anlehnung an BEG/QNG und eine Einschätzung des Marktpotenzials ihrer Technologien bzw. Gebäudekonzepte vorausgesetzt. Da die Ermittlung der Einsparpotenziale meist auf Basis von DIN V 18599-Berechnungen und oft im Vergleich zu den Anforderungen des GEG erfolgt, sollte auch eine entsprechende Software verfügbar und Kenntnisse zur Anwendung der Software vorliegen.

Dies ist allerdings nicht der Fall bei Projekten für optimierte Herstellungsprozesse. Hier liegt der Fokus auf den Lebenszyklusphasen Herstellung und Abfallbehandlung/Entsorgung. Damit sind vor allem Kenntnisse im Bereich der ÖKOBAUDAT und BEG/QNG/DGNB hilfreich.

Eine weitere Ausnahme sind Betriebsoptimierungsprojekte. Bei diesen Projekten wird innerhalb einer Gebäudeanwendung ein Vergleich zwischen gemessenen Endenergieverbräuchen vor und nach einer Umstellung der Regelung/Gebäudeautomation gefordert. Sollte es im Vorhaben keine Gebäudeanwendung geben, muss der Einfluss der Betriebsoptimierungen durch Simulationswerkzeuge ermittelt werden, für die dann Kenntnisse erforderlich sind.

Abfolge der Ermittlung

Das folgende Flussdiagramm zeigt die durchzuführenden Schritte für die Ermittlung der Einsparpotenziale beim Projekttyp Betriebsoptimierung (mit/ohne Gebäudeanwendung):



Einzelne Schritte

1. Prüfung Projekttyp Betriebsoptimierung

Die geförderten Projekte im Bereich der Forschungsinitiative Energiewendebauen decken eine große Bandbreite an Projekttypen in Abhängigkeit ihrer Projekthinhalte und -ziele ab. Grundsätzlich ist zunächst zu trennen in:

- a) Projekte, die die **Anwendung eines Konzepts oder einer/mehrerer Technologien an einem oder ggf. mehreren Gebäuden in der Realität beinhalten**:
 - Umsetzungsprojekte wie Demonstrationsgebäude
 - Konzept-/Planungsphasen als Vorbereitung zu einem Umsetzungsprojekt
 - Technologieentwicklungen mit Gebäudeanwendungen
 - **Betriebsoptimierungen an Gebäuden**
 - Konzeptentwicklungen inkl. Feldmessungen.
- b) Projekte, die die **Anwendung eines Konzepts oder einer/mehrerer Technologien an einem oder ggf. mehreren Gebäuden rechnerisch bewerten** können:
 - Studien
 - Konzeptentwicklungen ohne Gebäudeumsetzung
 - Technologieentwicklungen ohne Gebäudeumsetzung
 - **Betriebsoptimierungen ohne Gebäudeumsetzung**
- c) Projekte, die **nicht direkt mit einem Gebäude oder auch einem typischen Gebäude in Zusammenhang gebracht werden können**:
 - Methodenentwicklungen ohne Feldtest, inkl. Bewertungsmethoden
 - Softwareentwicklungen
 - Messsystementwicklungen
 - Datenerhebungen
 - Leitfäden
 - Materialgrundlagenforschung
 - Herstellungsprozesse

Während die Projekte aus der Projektgruppe a) reale Einsparungen gegenüber dem Ausgangszustand oder zumindest dem Referenzfall erreichen, können für die Projekte aus der Projektgruppe b) zumindest theoretische Einsparungen anhand von passenden Beispielgebäuden ermittelt werden.

Die Projekte aus der Projektgruppe c) sind mit Ausnahme der Herstellungsprozesse nur sehr schwer bezüglich ihres Einsparpotenzials zu bewerten. Entwicklungen von Methoden, Software, Messsystemen und Leitfäden können zwar durch ihre Anwendung in weiteren, dann praktischen Projekten, Einsparungen unterstützen oder erleichtern. Wie groß der Einfluss aber wirklich ist, d. h. was wäre ohne die Nutzung der Methode in den praktischen Projekten passiert, lässt sich nicht fundiert abschätzen. Versuche, dies zu tun, führen meist zu einer großen Überschätzung des Einflusses. Trotzdem sind solche Vorhaben wichtig, um den Fortschritt im Bereich Energieeffizienz und Klimaneutralität im Gebäudebereich voranzutreiben. Die Forschung an Materialgrundlagen ist von einer konkreten anwendbaren Technologieanwendung noch so weit entfernt, dass auch dies nicht mit einer Energieeinsparung im Gebäudesektor bewertet werden kann.

Eine Ausnahme bieten die Projekte, die sich mit **Herstellungsprozessen** beschäftigen. Sind diese eine Alternative zu bisher genutzten Herstellungsprozessen einer Gebäudetechnologie, so sollten die Einsparungen an Energie und Treibhausgasemissionen im Ökobilanzbereich „Herstellungsphase“ ermittelt werden, ggf. unter Berücksichtigung der Phasen Abfallbehandlung und Entsorgung ermittelt werden.

Die Forschungsnehmer müssen ihr Vorhaben zunächst der passenden Projektgruppe zuordnen. Dabei sind folgende **Fragen** zu beantworten:

1. **Sind ein oder mehrere konkrete Gebäude Bestandteil des Projekts?** -> Das Projekt ist dann Projektgruppe a) zuzuordnen. Das Einsparpotenzial wird anhand des konkreten/der konkreten Gebäude ermittelt.
2. **Ist der Projekthinhalt eine Studie, ein Konzept oder eine Technologie, die für eine Gebäudeanwendung durchgeführt oder entwickelt wird, ohne dass dafür ein konkretes Gebäude vorgesehen ist?** -> Dann ist das Projekt der Projektgruppe b) zuzuordnen. Wenn noch keine theoretische Anwendung an einem konkreten Gebäude im Projekt vorgesehen ist, muss für die Ermittlung der Einsparpotenziale ein typisches Gebäude (real oder theoretisch) ausgewählt werden, anhand dem die geforderte Bewertung durchgeführt wird. Das gilt auch für Projekte, in denen im Vorhaben selbst die Umsetzung nur am Versuchsstand durchgeführt wird.
3. **Handelt es sich um eine Entwicklung oder Optimierung eines Herstellungsprozesses?** -> Für das Projekt muss die Einsparung in der Phase „Herstellung“ „“, ggf. auch bei Auswirkungen darauf für die Phasen Abfallbehandlung und Entsorgung, mittels einer Ökobilanzierung durchgeführt werden.
4. **Handelt es sich um ein Vorhaben, dass zum Bereich der anderen Projekttypen aus der Projektgruppe c) zugeordnet werden kann?** -> Dann ist eine Ermittlung des Einsparpotenzials nicht verpflichtend.

Deckt ein Vorhaben mehrere Projektgruppen ab, so ist es jeweils dem höhergeordneten Typ zuzuordnen (also z. B. a) bei einem Vorhaben, das a) und b) beinhaltet).

*Dieser Leitfaden ist konkret für **Betriebsoptimierungen an Gebäuden aus der Projektgruppe a)** und **Betriebsoptimierungen ohne Gebäudeumsetzung aus der Projektgruppe b)** gedacht.* Für andere Projekttypen müssen die jeweils passenden Leitfäden angewendet werden, die aus gleichen, teilweise aber auch abweichenden Informationen bestehen.

2. Bestimmung des Anwendungsgebäudes

a) Betriebsoptimierungen an Gebäuden

Bei Betriebsoptimierungen an einem Gebäude, wird die **Bewertung des Einsparpotenzials auf der Grundlage des im Vorhaben genutzten Gebäude** durchgeführt. Sind mehrere Gebäude beteiligt, sollte die Bewertung auch alle Gebäude umfassen. In begründeten Einzelfällen, z. B. bei sehr ähnlichen Gebäuden kann die Bewertung vereinfacht an einem „mittleren“ Gebäude durchgeführt werden. Das bzw. die Gebäude werden innerhalb der auszufüllenden Tabellen definiert, siehe Anhang „Auszufüllende Tabellen/Bilder/Textinformationen“.

b) Betriebsoptimierungen ohne Gebäudeumsetzung

Bei Betriebsoptimierungen ohne Gebäudeumsetzung wird die **Bewertung des Einsparpotenzials auf der Grundlage eines typischen Gebäudes durchgeführt**. Dieses kann entweder ein reales oder ein theoretisches Gebäude sein. Ein typisches Gebäude kann u.a. mithilfe einer Gebäudetypologie (siehe z. B. [IWU, 2023-1] und [IWU, 2023-2]) bestimmt werden. Alternativ kann basierend auf den Kenntnissen der Projektnehmer ein reales Gebäude bestimmt werden, auf Basis dessen der Einfluss der Technologie im Vergleich zur Referenztechnologie berechnet (simuliert) werden kann.

Auch wenn die Technologienwendung nur für einen bestimmten Teilbereich eines Gebäudes geeignet ist (z. B. eine Zone oder ein spezifischer Raum (bspw. einen OP-Saal in einem Krankenhaus), **muss ein gesamtes typisches Gebäude bei der Bewertung herangezogen werden**, damit die auf die Energiebezugsfläche bezogenen Kennwerte sinnvolle Werte ergeben.

3. Definition des Referenzfalls: Referenzregelstrategie bzw. Referenz-Betriebsregelung

Da die Forschungsnehmenden für ihre Vorhaben Einsparpotenziale ermitteln sollen, wird für jedes Vorhaben ein Referenzfall benötigt. Aufgrund der Diversität der Forschungsvorhaben und insbesondere der Technologien (inkl. Regelstrategien) an denen geforscht wird, kann in diesem Leitfaden kein allgemein anwendbarer Referenzfall vorgegeben werden. **Die Forschungsnehmenden müssen selbst die konkrete Referenzregelstrategie auf Basis der Hinweise in diesem Leitfaden bestimmen und entsprechend den Vorgaben im Anhang „Auszufüllende Tabellen/Bilder/Textinformationen“ dokumentieren.**

Die **Referenzregelstrategie oder Referenz-Betriebsregelung bei Bestandsgebäuden** wird meist die vor dem Vorhaben vorhandene Regelstrategie sein. Allerdings sollte berücksichtigt werden, ob bei gleichartigen Gebäuden mit gleichem Gebäudealter nicht bereits mehrheitlich eine anlagentechnische Sanierung inklusivem Update der Gebäuderegelung (ggf. Gebäudeautomation) auf ein gewisses Niveau durchgeführt wurde. Dann sollte eher ein solcher Entwicklungsstand als Referenzregelstrategie angenommen werden. Es kann nicht grundsätzlich von der geringsten Stufe (keine Regelung bzw. manuell an/aus) ausgegangen werden. Dabei sollten alle Energieverbrauchsanteile berücksichtigt werden (Heizung, ggf. Kühlung, Trinkwarmwasserbereitung, Lüftung und Beleuchtung). Wenn die vor dem Vorhaben vorhandene Regelstrategie die Referenz ist, kann die Einsparung durch die Reduzierung der gemessenen Endenergieanteile zur Wärme- und Kälteerzeugung bzw. den Strombedarf für die Anlagentechnik vorher und nachher bestimmt werden. Muss als Referenz eine bereits erhöhte Stufe der Regelstrategie angesetzt werden, kann die Einsparung nicht mehr auf der Messung beruhen, denn es würde ein zu hohes Einsparpotenzial ermittelt werden. Dann verbleibt nur noch die Simulation der Regelstrategien vorher und nachher (ähnlich) wie bei Neubauanwendungen. Dadurch wäre aber die Gebäudeanwendung im Prinzip fraglich, da sie nicht in einem typischen Ausgangsgebäude erfolgt. Sie würde nur vornehmlich zur reinen Funktionsprüfung eingesetzt. Davon ist mehrheitlich nicht auszugehen.

Wird eine **neuartige oder weiterentwickelte Betriebsregelung bzw. ein Gebäudeautomationssystem in einem Neubau eingesetzt**, so ist die Referenzregelstrategie oder Referenz-Betriebsregelung gemäß dem Stand der Technik für den jeweiligen Gebäudetyp unter Berücksichtigung des Grads der technischen Ausstattung vorzunehmen. Hilfreich kann dabei sein, den Bauherrn oder Planer zu fragen, was denn die geplante Regelstrategie/Betriebsregelungsart ohne das Forschungsvorhaben gewesen wäre. Die Einsparungen müssen durch Simulationen ermittelt werden.

Die Referenzregelstrategie oder Referenz-Betriebsregelung muss in den Tabellen zur Dokumentation der Einsparberechnungen beschrieben und der Grund für ihre Auswahl erläutert werden.

4. Betriebsphase

Der Endenergiebedarf und die entstehenden Treibhausgasemissionen in der Betriebsphase stehen derzeit in den meisten Projekten, so auch in den Betriebsoptimierungsprojekten, im Fokus.

Wie bereits in Kapitel 3 angesprochen, kann die Ermittlung der Einsparpotenziale **in Bestandsgebäuden** mit neuer Regelstrategie/Betriebsregelung **durch Messungen** vor und nach der Umsetzung der Betriebsoptimierung durchgeführt werden. In diesem Fall sollte eine **Witterungsbereinigung** (Einfluss des Wetters in den Messjahren) durchgeführt werden. Dabei können auf die Klimafaktoren des Deutschen Wetterdienstes [Deutscher Wetterdienst, 2024] oder das Gradtagzahlen-Deutschland-Tool des IWU [IWU, 2024] zurückgegriffen werden. Die Messwerte vor und nach der Umsetzung der Betriebsoptimierung sollten für mindestens zwei Jahre vorliegen und jeweils nach der Witterungsbereinigung gemittelt werden. Für den Zustand vor der Betriebsoptimierung können ggf. auch Abrechnungen verwendet werden, die die Dauer von zwei Jahren umfassen.

Wenn die **Einsparermittlung auf Basis einer Simulation eines realen oder typischen Gebäudes** durchgeführt wird (Neubau oder angepasstes Bestandsgebäude), sollte ein Testreferenzjahr (TRY) für die Wetterdaten verwendet werden. Dieses bildet bereits ein mittleres Jahr für das Wetter ab. Bei einem typischen Gebäude sollte der Standort Potsdam gewählt werden, bei einem realen Gebäude entweder Potsdam oder der tatsächliche Standort. Die Simulation sollte Randbedingungen verwenden, die möglichst nahe an den Vorgaben des Gebäudeenergiegesetzes sind, so z. B. an den Nutzungsprofilen der DIN V 18599 [DIN V 18599, 2018] für die unterschiedlichen Gebäudezonen. Diese müssen allerdings für dynamische Simulationen noch weiter aufgefächert werden, in dem sie in stündliche Nutzerprofile übersetzt werden. Ggf. kann es auch Gründe für die Anwendung von anderen Nutzerprofilen geben. Diese Gründe dann bitte angeben und die Abweichung inhaltlich erläutern. Auch weitere vom GEG [GEG, 2023]/der DIN V 18599 abweichende Randbedingungen sollten angegeben werden.

Grundsätzlich können viele dynamische Simulationstools für die Berechnung der Einsparung verwendet werden. Hilfreich kann z. B. die **Nutzung von BOBTES** (Building Operation Testing Framework, [US Department of Energy, 2023], [IBPSA, 2024]) aus einem Projekt sein, dass vom US Department of Energy kofinanziert wurde. BOBTES besteht aus einer Reihe von Modelica-Modellen, die verschiedene Gebäude mit unterschiedlichen Anlagensystemen in unterschiedlichen Klimazonen darstellen. Mit der Software können verschiedene Steuerungsalgorithmen quantitativ bewertet und verglichen werden.

Für die Betriebsphase sollen die **Primärenergiefaktoren** und **CO₂-Äquivalente der Energieträger aus dem GEG** eingesetzt werden. Bei einer dynamischen Simulation mit dem Fokus auf zeitliche Verschiebe im Strombereich sollten entsprechend dynamische Primärenergiefaktoren und CO₂-Äquivalente für den deutschen Strommix angesetzt werden. Siehe dazu z. B. folgende Quellen in den Referenzen: [Agora Energiewende, 2023], [ENTSO-E Transparency Platform, 2023]. Eine Umrechnung von CO₂-Faktoren auf CO₂-äquivalente Faktoren kann vereinfachend mit einem mittleren statistischen Faktor aus den letzten Jahren für den deutschen Strommix durchgeführt werden, der z. B. mithilfe von [Umweltbundesamt, 2023] bzw. aktualisierten Veröffentlichungen dieser Reihe ermittelt werden kann¹.

5. Aufwände für digitale Lösungen

Der materielle und energetische Aufwand und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen für die Nutzung digitaler Technologien ist bei Betriebsoptimierungsprojekten ein wichtiger Einflussfaktor und soll ebenfalls ermittelt werden. Dieser setzt sich zum einen aus den **Aufwänden für die Herstellung der Komponenten** selbst zusammen, die für digitale Anwendung im Forschungsprojekt zusätzlich installiert wurden. Zum anderen müssen aber auch die **materiellen und energetischen Aufwände für die Datenerhebung und -verarbeitung** bilanziert werden. Von den Projektnehmern muss zusätzlich die „**Referenzausführung**“ bestimmt werden, also die Ausführung, mit der verglichen wird, siehe Kapitel 2. Dadurch kann der Mehraufwand an Energie bzw. die erhöhten Emissionen für zusätzliche Komponenten und die Datenerhebung und -verarbeitung bestimmt werden, welcher dann entsprechend von den berechneten Einsparungen aus den anderen Bewertungsschritten abgezogen wird. Im Folgenden wird zuerst auf die Bilanzierung der Datenverarbeitungsprozesse eingegangen und anschließend werden die zusätzlichen Komponenten für die digitale Anwendung betrachtet.

Wichtig ist, dass **nur Aufwände berücksichtigt** werden müssen, die **bei weiteren entsprechenden Umsetzungen abermals auftreten**. Der nur im Forschungsprojekt auftretende Aufwand für z. B. Datenmonitoring (2-jährige Messperiode zur Evaluierung des Konzepts in der Praxis) muss nicht als Mehraufwand bestimmt werden. Aufwände für

¹ Das GEG verwendet rückblickende Daten für den Strommix. Die dynamischen Daten sind aktuell. Der Unterschied ist klar, jedoch wird die Datenverfügbarkeit und bei nichtdynamischen Abbildungen die Datenvergleichbarkeit untereinander und mit der gesetzlich vorgeschriebenen Gebäudebewertung als wichtig erachtet.

Steuerungen und Regelungen, die auch bei einer weiteren Umsetzung in diesem Umfang oder entsprechend der Projektgröße angepasst auftreten werden müssen berücksichtigt und eingetragen werden.

Teil 1: Datenverarbeitungsprozesse

Bei der Nutzung digitaler Technologien für den Einsatz in Gebäuden und Quartieren werden unterschiedliche Datenverarbeitungsprozesse durchlaufen. Hinter jedem Datenverarbeitungsprozessschritt steht eine programmierte Anweisung, die oftmals in Schleifen ausgeführt wird. Dadurch kommt es fortwährend zur Generierung von Daten, welche auch mit einem entsprechenden Energieverbrauch verbunden ist. Bei der Bilanzierung, der durch die digitale Anwendung verursachten Umweltlasten, muss also zu allererst das Datenaufkommen bzw. der Datenaufwand (z. B. in GB/Jahr) bekannt sein. Dabei kann es helfen, die einzelnen Prozessschritte getrennt voneinander zu betrachten, denn zur Bestimmung der Emissionen sind zudem die Datenübertragungswege (z. B. Drahtloskommunikation vs. kabelgebunden) und die Standorte der Datenaufbereitung und Speicherung von Relevanz (z. B. Cloud-Dienst vs. lokaler Messrechner). Das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung hat für einzelne Prozessschrittbereiche die damit verbundenen kumulierten Energieaufwände (KEA) und Treibhausgasemissionen auf der Wissensplattform zusammengestellt (Aufwände für Datenverarbeitungsprozesse (wissen-digital-ewb.de)), [Wissenschaftliche Begleitforschung EWB, 2024]. Für die Bilanzierung der Treibhausgasemissionen durch die Daten werden die **Prozessschrittbereiche Datenerfassung, Datenkuration, Datenmanagement, Datenverarbeitung an möglicherweise unterschiedlichen Standorten und Datennutzung** betrachtet und die **verwendeten Datenübertragungswege** berücksichtigt.

Teil 2: Komponenten

Darüber hinaus ist die Durchführung der Datenverarbeitungsprozesse auch immer mit materiellem Einsatz für die Herstellung der Komponenten verbunden. Dabei sind **alle Komponenten zu erfassen, die einen zweckmäßigen Betrieb der digitalen Anwendung sicherstellen**. Je nachdem, welche dieser Komponenten **zusätzlich** für die digitale Anwendung verbaut werden mussten, müssen die entsprechenden Umweltlasten mit in die Bilanz einfließen. Dabei sollen alle Lebenszyklusphasen mit betrachtet werden. Wichtig ist auch die Erfassung der **Energieverbräuche für den Betrieb der Komponenten selbst, wie z. B. Batterien in Sensoren**.

Für die genaue Bilanzierung der jeweiligen Komponenten ist zudem die Kenntnis über die technische Ausführung notwendig. Am Beispiel eines Temperatursensors: je nach Einsatzgebiet werden beispielsweise Thermistoren, digitale Temperatursensoren oder Thermopiles eingesetzt, bei denen dementsprechend auch unterschiedliche Materialien verbaut sind und damit unterschiedliche Umweltlasten entstehen.

Für die häufig eingesetzten Komponenten hat das IÖW eine Übersicht über die Energieverbräuche und THG-Emissionen auf der Wissensplattform unter Aufwände für verwendete Komponenten (wissen-digital-ewb.de), [Wissenschaftliche Begleitforschung EWB, 2024] zusammengetragen. Es finden sich dort Komponenten aus den Kategorien **Sensoren, Infrastruktur, Signalverarbeitung, IT-Komponenten, Aktuatoren und Komponenten der Datennutzung**. Ziel dieser Übersicht ist es, wichtige Komponenten, die in den Forschungsprojekten verwendet werden, aufzulisten. Durch die hohe Anzahl unterschiedlicher Technologien und damit verbundenen Komponenten kann aber kein Anspruch auf Vollständigkeit bestehen. Wenn das konkrete Bauteil in der Liste nicht aufgeführt ist, kann jedoch der Wert für ein generisches Bauteil verwendet werden, mit dem die Emissionen abgeschätzt werden können.

Zur vereinfachten Anwendung der Komponentenbilanzierung ist auf der Wissensplattform eine MS Excel-Datei zum Download verfügbar (https://wissen-digital-ewb.de/static/static/downloads/EWB_Digi_Komponenten.xlsx), [Wissenschaftliche Begleitforschung EWB, 2024]:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Hinweise									
2	Bitte geben Sie der Anzahl/Meter der jeweiligen genutzten Komponenten in die gelb markierten Zellen. Im unteren Teil wird automatisch das Treibhauspotential über den Lebenszyklus (insofern für alle Phasen Daten vorhanden - in Tabellenblatt "Daten" prüfen!), der jährliche Energieverbrauch (Strom), sowie die kritische Lebensdauer des Systems, gemessen an der Komponente mit der geringsten Lebenserwartung, angegeben. Nähere Informationen zu den Komponenten sind im Blatt "Daten" zu finden.									
3										
4	Eingaben									
5	Sensorik	Anzahl	Aktuatorik	Anzahl	Signalverarbeitung	Anzahl	Infrastruktur	Anzahl / Meter	IT	Anzahl / Meter
6	CO2 Sensor		Ventilator klein		Kommunikationsschnittstelle		Stromleitung		LAN Kabel	
7	Temperatursensor		Ventilator mittel		Anbindungskabel		Wasserleitung		Router	
8	Kabelloser Temperatursensor		Ventilator groß		Analog/Digitalwandler		Luftleitung		PC	
9	Feuchtesensor		Volumenstromregler		Leiterplatte		Stromzähler		Laptop	
10	Präsenzmelder		Umwälzpumpe		Datenlogger		Smart Meter		Monitor	
11	Lichtsensor		Elektr. Ventil-Stellantrieb klein		BUS-System: KNX BACnet Schnittstelle		BUS-System: KNX Spannungsversorgung			
12	Wasserzähler		Elektr. Ventil-Stellantrieb groß		BUS-System: KNX DALI Schnittstelle		BUS-System: KNX Zusatzspannungsversorgung			
13	Wärmezähler		BUS-System: KNX Sonnenschutzaktor		BUS-System: KNX IP Router-Schnittstelle					
14	Durchflussmesser		BUS-System: KNX Schalt-Dimmaktor		BUS-System: KNX IP Control Center					
15			BUS-System: KNX Thermoantriebsaktor		BUS-System: KNX Web-Server					
16					BUS-System: KNX Repeater					
17					BUS-System: KNX Eingabegerät					
18					BUS-System: KNX Ausgabegerät					
19										
20	Ausgaben		Anmerkungen zur Berechnung							
21	Treibhauspotential Gesamt (in kg CO ₂ -e)	1042,81	Hier wird die Summe der THG-Emissionen (alle Lebenszyklusphasen) der Einzelkomponenten über deren angegebene Lebensdauer gebildet.							
22	Spezifisches Treibhauspotential Gesamt (in kg CO ₂ -e/Jahr)	108,32	Hier wird die Summe der THG-Emissionen (alle Lebenszyklusphasen) der Einzelkomponenten für jeweils ein Jahr gebildet.							
23	Energieverbrauch Nutzungsphase (in kWh/Jahr)	70,70	Hier wird die Summe der Stromverbräuche (nur Nutzungsphase) der Einzelkomponenten für jeweils ein Jahr gebildet.							
24	Kritische Lebensdauer (in Jahren)	6	Hier wird die Komponentenlebensdauer der digitalen Anwendung angegeben, die am geringsten von allen verwendeten Komponenten ist.							

Leider war es nicht möglich, für die Komponenten den nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf über die Lebenszyklusphasen zusammenzutragen, Kennwerte liegen nur für den Endenergiebedarf für die Nutzungsphase und für die Treibhausgasemissionen über die Lebenszyklusphasen vor.

6. Skalierung

Mit der Skalierung sollen die Auswirkungen des Forschungsvorhabens nicht nur auf die direkte Anwendung in einem Vorhaben (bei Betriebsoptimierungsprojekte an einem Gebäude oder ggf. durch Simulation an einem typischen Gebäude) ermittelt werden, sondern erweitert werden auf gleichartige Gebäude oder andere Gebäude, auf die die Technologie anwendbar ist. Die Multiplizierbarkeit der Technologieanwendung ist eine wichtige Grundlage für eine Förderung durch das BMWK.

Bei der Ermittlung der skalierten Einsparung eines Forschungsprojekts ist in **zwei Schritten** vorzugehen.

Schritt 1: Zunächst wird über die Anzahl oder (Nettoraum-)Fläche oder andere geeignete Kenngröße von gleichartigen Gebäuden eine **theoretisch maximale Skalierung** ermittelt, eigentlich der „Markt“ für die Anwendung der Technologie in Deutschland. Sollten auch stark abweichende Gebäudetypen bei der Übertragung einberechnet werden, müssen ggf. die ermittelten Einsparungen (aus Einzelne Schritte, Kapitel 4 bis 5) angepasst werden. Bei der theoretisch maximalen Skalierung berücksichtigt werden sollten bereits:

- Jährliche Umsetzungsraten (z. B. Neubau- oder Sanierungsraten)
- Wirkdauern: wie lange wird die Regelung eingesetzt, wann wird sie durch eine andere Regelung ersetzt (vom Markt verdrängt)? Beim vorgegebenen Betrachtungszeitraum von 5 Jahren ist das vermutlich für wenige Vorhaben eine Einschränkung.

Für die Berechnung der theoretisch maximalen Skalierung wird eine Zeitdauer von 5 Jahren nach Projektende angesetzt. **Die skalierten Einsparungen werden** entsprechend **über die 5 Jahre kumuliert**. Durch die 5 Jahre soll der Zeitrahmen überschaubar sein und auch die Änderungen bei Primärenergiefaktoren und CO₂-Äquivalente begrenzt werden. Es wird nicht erwartet, die Änderungen der Faktoren in der Skalierung zu berücksichtigen, um den Berechnungsaufwand zu begrenzen. Bei der Berechnung der Ökobilanz der digitalen Aufwände ist dies auf Grundlage der verfügbaren Daten auch nicht möglich. Sollte es Anwendungen geben, die auf weniger als 5 Jahre ausgerichtet sind, kommen in den letzten Jahren keine weiteren Einsparungen hinzu, es werden nur die Einsparungen der Umsetzungen in den Jahren zuvor fortgeschrieben.

Schritt 2: Danach muss die theoretisch maximale Skalierung durch die Anwendung von Reduktionsfaktoren auf eine **realistische Skalierung** verringert werden. Über die Reduktionsfaktoren muss der **Marktanteil abgeschätzt** werden. Damit erfolgt ein Vergleich mit alternativen, bereits vorhandenen Regelungen unter Berücksichtigung von:

- den jeweiligen Preisen bzw. der Wirtschaftlichkeit
- dem Bekanntheitsgrad
- der Akzeptanz bei Bauherren und Nutzern
- den Technologieproduktionsraten (maximale Produktionskapazität beachten)
- der Förderungen und rechtlichen Rahmenbedingungen
- den möglichen Hemmnissen für die Umsetzung

Die skalierten Einsparungen in den Jahren 1 bis 5 und die kumulierten Einsparungen nach dem fünften Jahr sowie Informationen zum ermittelten Markt und Marktanteil sind zu dokumentieren. Siehe dazu Einzelne Schritte, Kapitel 8 und Auszufüllende Tabellen/Bilder/Textinformationen.

Bei der Ermittlung der gleichartigen Gebäude in Deutschland bzw. möglichen weiteren Anwendungen kann auf unterschiedliche Quellen zurückgegriffen werden. Neben der Nutzung der Daten des Statistischen Bundesamts ([Statistisches Bundesamt, 2023] und [Statistisches Bundesamt, 2024]) wird die Anwendung der TABULA-Datenbank [IWU, 2023-1] für Wohngebäude und der ENOB:dataNWG-Datenbank [IWU, 2023-2] für Nichtwohngebäude empfohlen. Dabei kann für die Nutzung der ENOB.dataNWG ein finanzieller Aufwand für die Recherche entstehen, der ggf. beim Projektantrag eingeplant werden kann². Daten zu Modernisierungsraten von Bauteilen und der Gebäudetechnik können z. B. [Cischinsky, 2018] oder [BuVEG, 2024] entnommen werden. Zusätzlich kann auf Daten aus dem thematischen Umfeld der Förderprojekte zurückgegriffen werden.

7. Ermittlung eines zusätzlichen quantitativen Indikators

Viele Projekte aus dem Forschungsbereich besitzen neben dem Ziel der Energie- und Treibhausgas-Einsparung weitere Ziele, so z. B. die Erhöhung des Komforts oder der Hygiene, eine Störungsreduktion, eine Akzeptanzsteigerung, eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit, eine Optimierung der Planung, etc. Für diese Vorhaben soll abgesehen von den energetischen und Emissionseinsparungen ein zusätzlicher, vom Projekt identifizierter Indikator zugelassen werden, der aufzeigt, wie groß die erreichte Verbesserung durch das Vorhaben ist. Auch hier soll der Indikator im Vergleich zu einer Referenz gebildet werden.

Der Indikator soll dafür vom Forschungsnehmer definiert, die passende Referenz angegeben und die Verbesserung ermittelt werden. Dafür sollte wenn möglich eine Messung, sonst eine Berechnung oder Simulation herangezogen

² Gemäß Auskunft des IWU entstehen für eine beantragte Recherche über den IWU-Tabellenkonfigurator Kosten von 40 € plus einmalig 25 € Bearbeitungspauschale (Zeitpunkt der Abfrage: Juli 2023). Ggf. sind für unterschiedliche Gebäudetypen mehrere Recherchen notwendig.

werden. Die zugehörigen Informationen sollen ebenso wie die Einsparungen aus den vorigen Kapiteln in die vordefinierten Tabellen in den Schlussbericht eingetragen werden.

8. Ausfüllen der vordefinierten Tabellen mit den ermittelten Kennwerten und Daten der Grundlagen

Nachdem die Einsparungen für das oder die Anwendungsgebäude oder typische(n) Gebäude ermittelt wurden und die realistische Skalierung durchgeführt wurde, sollen die Daten in vordefinierte Tabellen eingetragen werden. Zusätzlich sollen die Rahmenbedingungen der Ermittlungen verständlich dokumentiert werden. Dafür empfiehlt sich ein gesondertes Kapitel im Schlussbericht des Vorhabens, das ggf. „Ermittlung des Einsparpotenzials des EWB-Forschungsvorhabens“ genannt werden kann.

Referenzen / Verweise auf Hilfestellungen

- [Agora Energiewende, 2023] Agora Energiewende – Agorameter: Stündliche Daten zu u. a. Stromerzeugung und Stromverbrauch Deutschlands inkl. CO₂-Emissionsfaktor des deutschen Strommix. Verfügbar unter <https://www.agora-energiewende.de/service/agorameter>. Letzter Datenzugriff: 21.06.23
- [BuVEG, 2024] BuVEG – Die Gebäudehülle: Sanierungsquote im Sinkflug – Prognose für 2024: weiter schwach. Pressemeldung des Bundesverbands energieeffiziente Gebäudehülle e.V. (BuVEG). Verfügbar unter <https://buveg.de/pressemeldungen/sanierungsquote-im-sinkflug-prognose-2024-schwach/>. Letzter Datenzugriff: 27.05.24.
- [Cischinsky, 2018] Cischinsky, H; Diefenbach, N.: Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016. Datenerhebung zu den energetischen Merkmalen und Modernisierungsraten im deutschen und hessischen Wohngebäudebestand. Bericht des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU). Darmstadt, 2018. Verfügbar unter https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/gebaeudebestand/2018_IWU_CischinskyEtDiefenbach_Datenerhebung-Wohngeb%C3%A4udebestand-2016.pdf. Letzter Datenzugriff: 27.05.24.
- [Deutscher Wetterdienst, 2024] Deutscher Wetterdienst (DWD): Klimafaktoren (KF) für Energieverbrauchsabweise. Verfügbar unter <https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimafaktoren/klimafaktoren.html>. Letzter Datenzugriff: 12.11.2024.
- [DIN EN 15643, 2021] Beuth publishing DIN: DIN EN 15643:2021 – Nachhaltigkeit von Bauwerken – Allgemeine Rahmenbedingungen zur Bewertung von Gebäuden und Ingenieurbauwerken; Deutsche Fassung EN 15643:2021. Verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-15643/335506755>. Letzter Datenzugriff: 12.10.2023.
- [DIN EN 15978, 2012] Beuth publishing DIN: DIN EN 15978:2012 – Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode; Deutsche Fassung EN 15978:2011. Verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-15978/164252701>. Letzter Datenzugriff: 12.10.2023. *Anmerkung: derzeit ist eine Entwurffassung der DIN EN 17978-1 verfügbar, die, sobald sie die gültige Version ist, auch als Grundlage für diesen Leitfaden genutzt werden sollte.*
- [DIN V 18599, 2018] Beuth publishing DIN: DIN V 18599:2018 – Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung. Verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/erweiterte-suche/272754!search?alx.searchType=complex&alx.search.autoSuggest=false&searchA-reald=1&query=DIN+V+18599&facets%5B276612%5D=&hitsPerPage=10>. Letzter Datenzugriff: 21.06.23
- [ENTSO-E Transparency Platform, 2023] ENTSO-E Transparency Platform: Zentrale Sammel- und Publikationsstelle für die Stromerzeugung, den Stromtransport und den Stromverbrauch im Pan-europäischen Markt. Verfügbar unter <https://transparency.entsoe.eu/dashboard/show>. Letzter Datenzugriff: 21.06.23
- [GEG, 2023] Deutscher Bundestag: Gesetz zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor. Darin Artikel 18a – Änderung des Gebäudeenergiegesetzes. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2022, Teil I, Nr. 28. Bonn, 28. Juli 2022. Verfügbar unter

- http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&jumpTo=bgbl122s1237.pdf oder als nichtamtliche Lesefassung unter <https://www.gesetze-im-internet.de/geg/GEG.pdf>. Letzter Datenzugriff: 21.06.23
- [IBPSA, 2024] IBPSA - International building Performance Simulation Association: The Building Optimization Testing Framework (BOBTEST). A framework for building control performance benchmarking. Webseite mit Downloads für Software und Test Cases. Verfügbar unter: <https://ibpsa.github.io/project1-boptest/>. Letzter Datenzugriff: 12.11.2024.
- [IWU, 2023-1] IWU: TABULA – Entwicklung von Gebäudetypologien zur energetischen Bewertung des Wohngebäudebestands in 13 europäischen Ländern. Deutsche Gebäudetypologie-Broschüre, Datentabellen im MS Excel-Format, TABULA WebTool. Verfügbar unter <https://www.iwu.de/forschung/gebaeudebestand/tabula/>. Letzter Datenzugriff: 03.07.23
- [IWU, 2023-2] IWU, Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Bergische Universität Wuppertal: ENOB:DataNWG – Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude. Schlussbericht, Teilberichte, Forschungsdatenbank und Nichtwohngebäude-Typologie. Verfügbar unter: <https://www.datanwg.de/home/aktuelles/>. Das IWU ermöglicht Dritten die Durchführung von eigenen wissenschaftlichen Auswertungen mit der Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude. Dabei gibt es drei Optionen des Datenbankzugriffs, die unterschiedlich weitreichende Möglichkeiten bieten. Letzter Datenzugriff: 03.07.23
- [IWU, 2024] IWU: Klimadaten deutscher Stationen. MS-Excel-Anwendung. Verfügbar unter <https://www.iwu.de/fileadmin/tools/gradtagzahlen/Gradtagzahlen-Deutschland.xlsx>. Letzter Datenzugriff: 12.11.2024.
- [ÖKOBAUDAT, 2023] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen: Ökobaudat – Informationsportal Nachhaltiges Bauen. ÖKOBAUDAT-Datensätze. Verfügbar unter https://www.oekobaudat.de/no_cache/datenbank/suche/daten/. Letzter Datenzugriff: 21.06.23.
- [QNG, 2023] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen: QNG-Siegeldokumente. Insbesondere LCA-Bilanzregeln Wohngebäude und Nichtwohngebäude sowie Ökobilanzierung-Rechenwerte. Verfügbar unter <https://www.qng.info/service/>. Letzter Datenzugriff: 21.06.23.
- [Statistisches Bundesamt, 2023] Statistisches Bundesamt: DESTATIS. Webseite des Statistischen Bundesamts. Verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/Home/inhalt.html>. Letzter Datenzugriff: 03.07.23
- [Statistisches Bundesamt, 2024] Statistisches Bundesamt: DESTATIS: GENESIS-ONLINE: Die Datenbank des Statistischen Bundesamtes. Inhalte unter anderem Daten zu Baufertigstellungen. Verfügbar unter: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online>. Letzter Datenzugriff: 27.05.24.
- [Umweltbundesamt, 2023] Itcha, P.; Lauf, T.: Entwicklung der spezifischen Treibhausgas-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 – 2022. Climate Change 20/2023. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. Mai 2023. Verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2023_05_23_climate_change_20-2023_strommix_bf.pdf. Letzter Datenzugriff: 21.06.23
- [US Department of Energy, 2023] US Department of Energy: BOBTEST: Building Operations Testing Framework. Webseite. Verfügbar unter <https://www.energy.gov/eere/buildings/boptest-building-operations-testing-framework>. Letzter Datenzugriff: 12.11.2024.

[Wissenschaftliche Begleit-
forschung EWB, 2024]

Wissenschaftliche Begleitforschung Energiewendebauen, Modul 4: Wissensplatt-
form Digitalisierung Energiewendebauen: Negative Umweltwirkungen. Verfügbar
unter [Negative Umweltwirkungen \(wissen-digital-ewb.de\)](https://wissen-digital-ewb.de). Letzter Datenzugriff:
12.09.24.

Auszufüllende Tabellen/Bilder/Textinformationen

Folgende Kennwerte und Informationen sollten im Schlussberichtskapitel „Ermittlung des Einsparpotenzials des EWB-Forschungsvorhabens“ dokumentiert sein:

(Können einzelne, eigentlich geforderte Schritte aus der Bewertung (z. B. digitale Aufwände oder Skalierung) nicht durchgeführt werden, müssen sinnvolle Begründungen dazu erbracht werden oder dargestellt werden, dass hierdurch kein Mehrwert entstanden wäre.)

A) Allgemeine Informationen	
Projektname:	[Offizieller Projektname, siehe Bewilligung]
Förderkennzeichen:	
Projekttyp :	[Betriebsoptimierung an einem Gebäude oder Betriebsoptimierung ohne Gebäudemsetzung] [oder anderer Projekttyp, siehe dann passenden Leitfaden]
Anzahl beinhaltete Gebäude:	[Zahl] -> bei mehr als einem Gebäude müssen entsprechend andere Zeilen vervielfacht werden und bei Kennwerten eine Summe bzw. ein Mittelwert gebildet werden.
Gebäudetyp:	[z. B. Bürogebäude]
Neubau oder Bestandssanierung:	
Bezugsfläche für alle Kennwerte: Thermisch konditionierte Net- toraumfläche NRF [m ²]:	
Als zusätzliche Information bei Wohngebäuden: A _N [m ²] ge- mäß GEG:	
Beschreibung des Gebäudes:	[Informationen zur Nutzung, ggf. Baujahr, Bauweise, Anzahl Stockwerke, Zonierung, Nutzerprofile, ...]
Grundriss:	[Plan eines beispielhaften Grundrisses]
Ansicht:	[Plan oder Foto einer Ansicht. Bitte auf keinen Fall Bilder aus Google Map der BING o.ä. verwenden. Diese Bilder sind geschützt.]
Entwickelte Regelstrategie oder Regelung:	[Was genau wird entwickelt: Beschreibung der Betriebsoptimierung/Regelung]
Referenzfall : Beschreibung:	[Beschreibung der Referenzregelstrategie/Referenz-Betriebsregelung, warum wurde diese Referenztechnologie gewählt]

B) Ermittlung der Einsparungen		
1. Betriebsphase:		
Art der Ermittlung:	[Messung/dynamische Simulation, wenn ja mit welchem Tool]	
Standort/gewählter Standort bei Berechnungen:	[Potsdam oder Angabe Projektstandort]	
Quelle der Primärenergiefaktoren:	[GEG, ggf. Quelle/Beschreibung der Berechnung der dynamischen Faktoren]	
Kennwerte der genutzten Primärenergiefaktoren:	[Angabe der PEFs je eingesetztem Energieträger]	
Quelle der CO ₂ -Äquivalente:	[GEG, ggf. Quelle/Beschreibung der Berechnung der dynamischen Faktoren]	
Kennwerte der genutzten CO ₂ -Äquivalente	[Angabe der CO ₂ -Äquivalente je eingesetztem Energieträger]	
Ergebnisse:		
	Istfall mit entwickelter Technologie	Referenzfall (mit Referenztechnologie)
Endenergiebedarf [MWh/a]: -> Je Energieträger und als Summe		
Endenergiebedarf bezogen auf NRF [kWh/m ² a]: -> Je Energieträger und als Summe		
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf [MWh/a]:		
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf bezogen auf NRF [kWh/m ² a]:		
Treibhausgasemissionen [t _{CO2,äq.} /a]:		
Treibhausgasemissionen [kg _{CO2,äq.} /m ² a]:		
Endenergieeinsparung [MWh/a]: -> Je Energieträger und als Summe	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen, bitte aufteilen in die eingesetzten Energieträger]	
Endenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]: -> Je Energieträger und als Summe	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen, bitte aufteilen in die eingesetzten Energieträger]	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung [t_{CO2,äq.}/a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung [kg_{CO2,äq.}/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	

2. Aufwände für digitale Lösungen (nur bei Anwendung von Datenverarbeitungsprozessen, wie z.B. Cloud-Dienste, Displays zu Visualisierung, Messfühlern für Steuerungen, etc.)	
Beschreibung der inkludierten Aufwände im Istfall:	[Art und Anzahl genutzter elektronischer Geräte wie z. B. Displays, Sensoren und Datenaufkommen/Datenaufwand pro Jahr sowie beinhaltete Prozessschritte]
Beschreibung des Referenzfalls:	[Art und Anzahl genutzter elektronischer Geräte wie z. B. Displays, Sensoren und Datenaufkommen/Datenaufwand pro Jahr sowie beinhaltete Prozessschritte]
Gewählte Datengrundlagen:	[z. B. PEF/GWP für Stromverbrauch aus anderen Ländern, Datenmengen, Lebenszyklusdaten für Hardware, etc.]
Ergebnisse: Betriebsphase: Stromverbrauch durch Datenverarbeitungsprozesse	
Mehraufwand an Endenergie Strom [MWh/a]: -> Ggf. aufgeteilt in Stromverbrauch je Land und als Summe	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Mehraufwand an Endenergie Strom bezogen auf NRF [kWh/m²a]: -> Ggf. aufgeteilt in Stromverbrauch je Land und als Summe	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Mehraufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie durch Stromverbrauch [MWh/a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Mehraufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie durch Stromverbrauch bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Mehraufwand an Treibhausgasemissionen durch Stromverbrauch [t _{CO2,äq.} /a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Mehraufwand an Treibhausgasemissionen durch Stromverbrauch bezogen auf NRF [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Ergebnisse: Lebenszyklusbewertung des Mehraufwands der Komponenten inkl. deren Energieverbräuche	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen] -> <i>Derzeit aus der angebotenen Quelle nicht verfügbar</i>
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen] -> <i>Derzeit aus der angebotenen Quelle nicht verfügbar</i>
Treibhausgasemissions-Einsparung [t _{CO2,äq.} /a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Treibhausgasemissions-Einsparung bezogen auf NRF [kg _{CO2,äq.} /m²a]:	[Referenzfall – Istfall, Mehraufwände bitte mit negativem Vorzeichen eintragen]
Ergebnisse: Summe Lebenszyklus (Betriebsphase Stromverbrauch + Komponenten)	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	

Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	
Treibhausgasemissions-Einsparung [$t_{CO_2, äq.}/a$]:	
Treibhausgasemissions-Einsparung bezogen auf NRF [$kg_{CO_2, äq.}/m^2a$]:	

Zusammenfassung der bisherigen Ergebnisse als Startpunkt für 3. Skalierung	
Betriebsphase: Gebäude und digitale Lösungen -> Werte siehe B) 1. und 2.	
Endenergieeinsparung aus Betriebsphase [MWh/a]: -> Nur als Summe	[Summe Endenergieeinsparung [MWh/a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an Endenergie Strom [MWh/a] aus 3.]
Endenergieeinsparung aus Betriebsphase bezogen auf NRF [kWh/m²a]: -> Nur als Summe	[Summe Endenergieeinsparung [kWh/m²a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an Endenergie Strom [kWh/m²a] aus 3.]
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung aus Betriebsphase [MWh/a]:	[Summe nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie durch Stromverbrauch [MWh/a] aus 3.]
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung aus Betriebsphase bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Summe nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [kWh/m²a] aus 1. plus Summe Mehraufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie durch Stromverbrauch [kWh/m²a] aus 3.]
Treibhausgasemissions-Einsparung aus Betriebsphase [$t_{CO_2, äq.}/a$]:	[Summe Treibhausgasemissions-Einsparung [$t_{CO_2, äq.}/a$] aus 1. plus Summe Mehraufwand an Treibhausgasemissionen durch Stromverbrauch [$t_{CO_2, äq.}/a$] aus 3.]
Treibhausgasemissions-Einsparung aus Betriebsphase bezogen auf NRF [$kg_{CO_2, äq.}/m^2a$]:	[Summe Treibhausgasemissions-Einsparung [$kg_{CO_2, äq.}/m^2a$] aus 1. plus Summe Mehraufwand an Treibhausgasemissionen durch Stromverbrauch [$kg_{CO_2, äq.}/m^2a$] aus 3.]
Alle Lebenszyklusphasen: Digitale Lösungen -> Werte siehe B) 2.	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung [MWh/a]:	[Lebenszyklus digitale Lösungen [MWh/a] aus 2.]
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf NRF [kWh/m²a]:	[Lebenszyklus digitale Lösungen [kWh/m²a] aus 2.]
Treibhausgasemissions-Einsparung [$t_{CO_2, äq.}/a$]:	[Lebenszyklus digitale Lösungen [$t_{CO_2, äq.}/a$] aus 2.]
Treibhausgasemissions-Einsparung bezogen auf NRF [$kg_{CO_2, äq.}/m^2a$]:	[Lebenszyklus digitale Lösungen [$kg_{CO_2, äq.}/m^2a$] aus 2.]

3. Skalierung

Schritt 1: Theoretisch maximale Skalierung (Markt in Deutschland für die Anwendung des Konzepts/der Technologien)

Betroffener Gebäudetyp:	[z. B. unsanierte Mehrfamilienhäuser, Krankenhäuser mit einer bestimmten RLT-Anlage, etc.]
Anzahl der betroffenen Gebäude in Deutschland: oder Nettoraumfläche der betroffenen Gebäude in Deutschland:	[Zahl] [Zahl + Einheit] [Angabe der Quellen für die Anzahl/Fläche und möglicherweise berücksichtigten Reduktionsfaktoren]
Weitere berücksichtigte Daten:	[z. B. jährliche Umsetzungsraten, Wirkdauern eines Konzepts bzw. Technologie bitte benennen und jeweils Zahlen und Quellen bzw. „eigene Einschätzung“ angeben]
Anzahl oder Größe der Netto- raumfläche der theoretisch maximalen Umsetzung inner- halb 5 Jahre nach dem Projekt:	[Zahl, Reduktion der Anzahl der betroffenen Gebäude durch Umsetzungsraten und Wirkdauern, Berücksichtigung von maximal 5 Jahren Betrachtungszeit]

Schritt 2: Realistische Skalierung [Abschätzung des Marktanteils]

Beschreibung der verwendeten Reduktionsfaktoren:	[z. B. durch Wirtschaftlichkeit des Konzepts/der Technologie, Bekanntheitsgrad, Akzeptanz bei Bauherren/Nutzern, Technologieproduktionsraten, Förderungen und rechtliche Rahmenbedingungen, Hemmnisse -> bitte nennen Sie den Einflussfaktor, beschreiben Sie die Zusammenhänge und geben Sie den zugehörigen Reduktionsfaktor und die Quelle bzw. „eigene Einschätzung“ an. Der Reduktionsfaktor kann sich ggf. über die 5 Jahre unterscheiden]		
Anzahl oder Größe der Netto- raumfläche der geschätzten Umsetzungen je Jahr:	Jahr 1	[Zahl/Zahl + Einheit]	
	Jahr 2	[Zahl/Zahl + Einheit]	
	Jahr 3	[Zahl/Zahl + Einheit]	
	Jahr 4	[Zahl/Zahl + Einheit]	
	Jahr 5	[Zahl/Zahl + Einheit]	

Ergebnisse:

Skalierte Einsparungen je Jahr in der Betriebsphase: [Basis sind die Einsparungen aus 1. Betriebsphase]		Endenergieein- sparung [MWh/a]	Nicht erneuer- bare Primärener- gieeinsparungen [MWh/a]	Treibhaus- gasemissions- Einsparungen [tCO ₂ ,äq./a]
	Jahr 1			
	Jahr 2			
	Jahr 3			
	Jahr 4			
	Jahr 5			
Kumulierte Einsparungen: [5 * Jahr 1 + 4 * Jahr 2 + ...]	Kumulierte Sum- me über 5 Jahre			
Skalierte Einsparungen je Jahr in allen Lebenszyklusphasen: [Basis sind die Einsparungen aus 2. Alle Lebenszykluspha- sen]		-	Nicht erneuer- bare Primärener- gieeinsparungen [MWh/a]	Treibhaus- gasemissions- Einsparungen [tCO ₂ ,äq./a]
	Jahr 1			
	Jahr 2			

Kumulierte Einsparungen: [5 * Jahr 1 + 4 * Jahr 2 + ...]	Jahr 3			
	Jahr 4			
	Jahr 5			
	Kumulierte Summe über 5 Jahre			

4. <u>Zusätzlicher quantitativer Indikator</u> (-> <i>freiwillig, wo passend</i>)		
Gewählter zusätzlicher Indikator:	[Definition und Erläuterung, ggf. Angabe der Einheit, Status/Entwicklungen vor dem Projekt]	
Referenzfall:	[Beschreibung und Begründung, warum dieser Referenzfall gewählt wurde]	
Ergebnis:		
	Istfall nach Projektumsetzung	Referenzfall
Indikator:	[Zahl und ggf. Einheit]	[Zahl und ggf. Einheit]
Verbesserung (Referenz – Istfall nach Projektumsetzung):	[Zahl und ggf. Einheit]	
	[Prozentzahl, (Referenz – Istfall)/Referenz]	

Leitfaden

Ermittlung von Einspareffekten an Energie und klimaschädlichen Emissionen bei der Umsetzung der Forschungsvorhaben und deren Skalierung

Projekttyp: Herstellungsprozesse

Hintergrund

Die Projekte aus der Forschungsinitiative Energiewendebauen (EWB) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz leisten einen wichtigen Beitrag zur Energiewende und zur angestrebten Klimaneutralität im deutschen Gebäudesektor. Sie entwickeln, demonstrieren und validieren Technologien und Konzepte zur Effizienzsteigerung, zur Integration von erneuerbaren Energien und zur Versorgungssicherheit. Dabei wird ein schneller Transfer der erzielten Forschungsergebnisse in den Markt angestrebt.

Um den Beitrag der geförderten Projekte für die Erreichung der genannten Ziele zu bemessen, sollen die Vorhaben die erreichte Einsparung an Energie und Treibhausgasemissionen gegenüber einem adäquaten Referenzfall ermitteln und für eine Querauswertung zur Verfügung stellen. Dabei sollen vor allem die Einsparpotenziale im Bereich der Endenergie und Treibhausgasemissionen bewertet werden, wo möglich und sinnvoll auch die grauen Energien und Emissionen aus der Herstellung, Instandhaltung, Rückbau und Recycling (Ökobilanzierung) berücksichtigt werden und auch eine Skalierung auf der Basis der möglichen Anwendung der Technologien und Konzepte in weiteren Gebäuden innerhalb Deutschlands.

Viele Projekte aus dem Forschungsbereich besitzen jedoch neben dem Ziel der Energie- und Treibhausgas-Einsparung weitere Ziele, so z. B. die Erhöhung des Komforts oder der Hygiene, eine Störungsreduktion, eine Akzeptanzsteigerung, eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit, eine Optimierung der Planung, etc. Für diese Vorhaben soll abgesehen von den energetischen und Emissionseinsparungen ein zusätzlicher, vom Projekt identifizierter quantitativer Indikator zugelassen werden, der aufzeigt, wie groß die erreichte Verbesserung durch das Vorhaben ist. Auch hier soll der Indikator im Vergleich zu einer Referenz gebildet werden.

Da die Projektansätze im Gebäudebereich der Forschungsinitiative EWB sehr unterschiedlich sind und von Gebäudekonzepten über Monitoring, Technologieentwicklungen und Software-Development bis zu Herstellungsprozesse reichen, muss auch die Ermittlung der Einsparpotenziale an den jeweiligen Projekttyp angepasst werden. Trotzdem soll eine grundsätzlich gleichartige Herangehensweise durch projekttypabhängige Leitfäden gewährleistet werden.

Aufgabe der Projekte

Die Projekte sollen (soweit möglich und sinnvoll) eine Ermittlung der Einsparpotenziale an Endenergie und Treibhausgasemissionen durchführen. Bei davon abweichenden oder wichtigen zusätzlichen Projektzielen kann ein weiterer quantitativer Indikator durch das Projekt hinzugefügt werden. Dieser ersetzt im Normalfall jedoch nicht die beiden grundsätzlich geforderten Einsparpotenziale. Der Zeitpunkt der Ermittlung ist wie folgt definiert:

1. **In der Skizzenphase:** Sofern nicht bereits in der Skizze enthalten, wird der Skizzeneinreicher vom PtJ aufgefordert, das Einsparpotenzial des geplanten Vorhabens abzuschätzen. Die dafür angestrebten Kennwerte (Endenergie, nicht erneuerbare Primärenergie und Treibhausgasemissionen) sowie die zu berücksichtigenden Phasen (Betriebsphase, ggf. auch Herstellung, Rückbau und Entsorgung) sowie die gewünschte Art der Skalierung sind aus dem projekttypabhängigen Leitfaden zu entnehmen. Die genaue Bewertungsmethode kann allerdings vom Skizzeneinreicher bestimmt werden und einfacher sein (fundierte Schätzung statt detaillierter Berechnung, ggf. nicht alle Lebenszyklusphasen eines Gebäudes).
2. **In der Projektphase:** Vor Ende des Projekts muss der Projektnehmer die Ermittlung des Einsparpotenzials an Endenergie, nicht erneuerbarer Primärenergie und Treibhausgasemissionen im Rahmen des Projekts vornehmen. Im Abschlussbericht des Vorhabens muss ein Kapitel enthalten sein, das die erforderlichen Kennwerte und weitere Informationen zum Ermittlungsweg (Referenzfall, Gebäude aufgrund dem die Kennwerte ermittelt werden, verwendete CO₂-Äquivalente, etc.) explizit zusammenstellt. Die Vorgaben dazu sind dem projekttypabhängigen Leitfaden zu entnehmen.

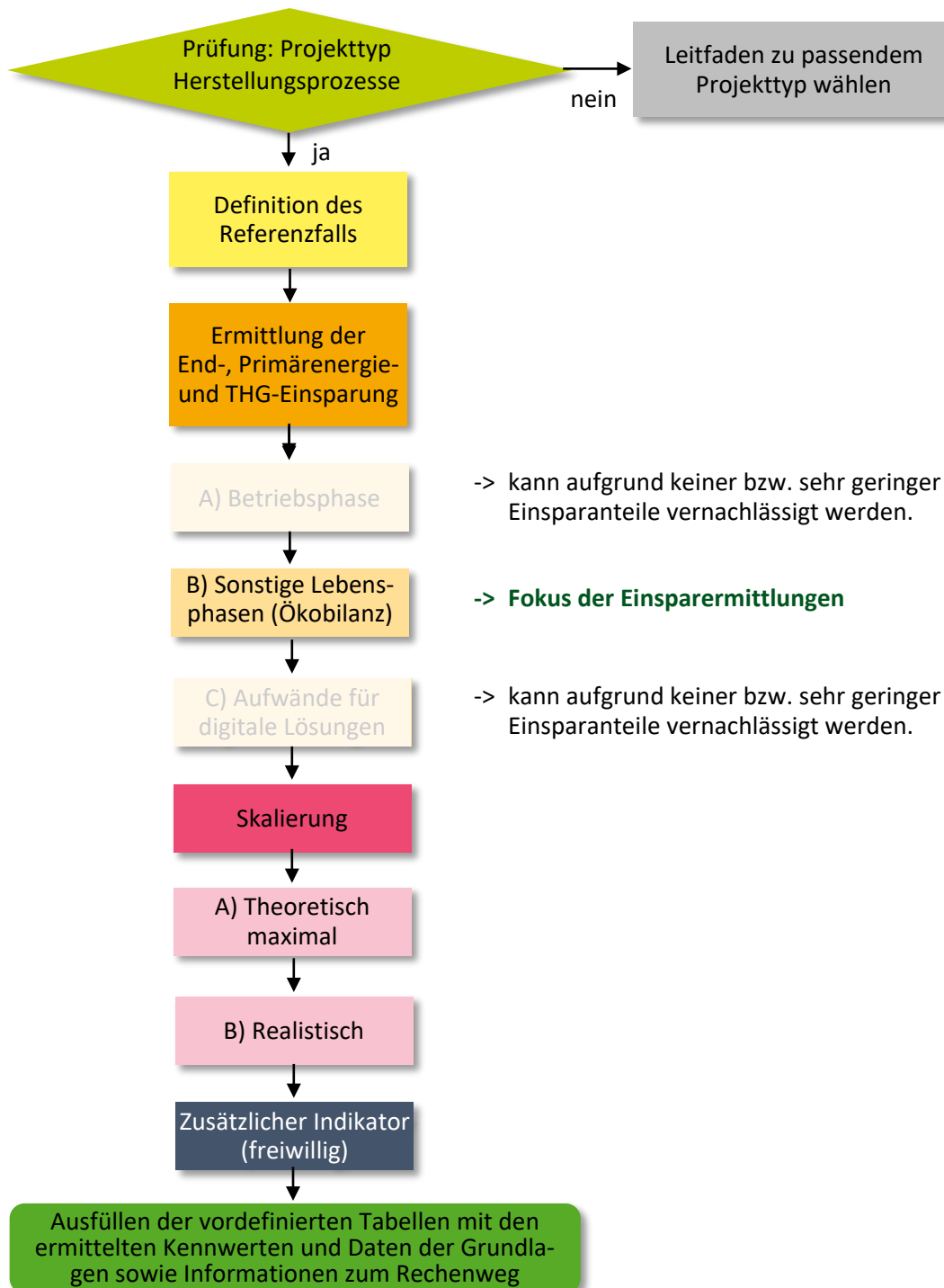
Damit ist eine „einfache“ Abschätzung in der Skizzenphase und eine genaue Ermittlung im Rahmen des Projekts vorgegeben. Es macht Sinn, die Abschätzung in der Skizzenphase soweit wie möglich an die geforderte genaue Ermittlung in der Projektphase anzupassen, denn die Kennwerte aus den beiden Phasen werden ggf. durch den PtJ miteinander verglichen. Der Antragsteller erhält auch spätestens bei der Vorbereitung des Antrags bereits die Definition seiner Aufgabe während der Projektphase und kann entsprechend den benötigten Aufwand oder ggf. ein betreffendes Arbeitspaket einplanen.

Können einzelne, eigentlich geforderte Schritte aus der Bewertung (z. B. Ökobilanz oder Skalierung) nicht durchgeführt werden, müssen sinnvolle Begründungen dazu erbracht werden oder dargestellt werden, dass hierdurch kein Mehrwert entstanden wäre.

Von den Projekten bzw. Projektnehmern werden dabei vor allem Kenntnisse im Bereich energetische Gebäudebewertung gemäß Gebäudeenergiegesetz (GEG)/DIN V 18599, Lebenszyklusbewertung in Anlehnung an BEG/QNG und eine Einschätzung des Marktpotenzials ihrer Technologien bzw. Gebäudekonzepte vorausgesetzt. Da die Ermittlung der Einsparpotenziale meist auf Basis von DIN V 18599-Berechnungen und oft im Vergleich zu den Anforderungen des GEG erfolgt, sollte auch eine entsprechende Software verfügbar und Kenntnisse zur Anwendung der Software vorliegen. Dies ist allerdings nicht der Fall bei Projekten für optimierte Herstellungsprozesse. Hier liegt der Fokus auf den Lebenszyklusphasen Herstellung und Abfallbehandlung/Entsorgung. Damit sind vor allem Kenntnisse im Bereich der ÖKOBAUDAT und BEG/QNG/DGNB hilfreich.

Abfolge der Ermittlung

Das folgende Flussdiagramm zeigt die durchzuführenden Schritte für die Ermittlung der Einsparpotenziale beim Projekttyp Herstellungsprozesse:



Einzelne Schritte

1. Prüfung Projekttyp Herstellungsprozesse

Die geförderten Projekte im Bereich der Forschungsinitiative Energiewendebauen decken eine große Bandbreite an Projekttypen in Abhängigkeit ihrer Projekthalte und -ziele ab. Grundsätzlich ist zunächst zu trennen in:

- a) Projekte, die die **Anwendung eines Konzepts oder einer/mehrerer Technologien an einem oder ggf. mehreren Gebäuden in der Realität beinhalten**:
 - Umsetzungsprojekte wie Demonstrationsgebäude
 - Konzept-/Planungsphasen als Vorbereitung zu einem Umsetzungsprojekt
 - Technologieentwicklungen mit Gebäudeanwendungen
 - Betriebsoptimierungen an Gebäuden
 - Konzeptentwicklung inkl. Feldmessungen.
- b) Projekte, die die **Anwendung eines Konzepts oder einer/mehrerer Technologien an einem oder ggf. mehreren Gebäuden rechnerisch bewerten** können:
 - Studien
 - Konzeptentwicklungen ohne Gebäudeumsetzung
 - Technologieentwicklungen ohne Gebäudeumsetzungen
 - Betriebsoptimierung ohne Gebäudeumsetzungen
- c) Projekte, die **nicht direkt mit einem Gebäude oder auch einem typischen Gebäude in Zusammenhang gebracht werden können**:
 - Methodenentwicklungen ohne Feldtest, inkl. Bewertungsmethoden
 - Softwareentwicklungen
 - Messsystementwicklungen
 - Datenerhebungen
 - Leitfäden
 - Materialgrundlagenforschung
 - **Herstellungsprozesse**

Während die Projekte aus der Projektgruppe a) reale Einsparungen gegenüber dem Ausgangszustand oder zumindest dem Referenzfall erreichen, können für die Projekte aus der Projektgruppe b) zumindest theoretische Einsparungen anhand von passenden Beispielgebäuden ermittelt werden.

Die Projekte aus der Projektgruppe c) sind mit Ausnahme der Herstellungsprozesse nur sehr schwer bezüglich ihres Einsparpotenzials zu bewerten. Entwicklungen von Methoden, Software, Messsystemen und Leitfäden können zwar durch ihre Anwendung in weiteren, dann praktischen Projekten, Einsparungen unterstützen oder erleichtern. Wie groß der Einfluss aber wirklich ist, d. h. was wäre ohne die Nutzung der Methode in den praktischen Projekten passiert, lässt sich nicht fundiert abschätzen. Versuche, dies zu tun, führen meist zu einer großen Überschätzung des Einflusses. Trotzdem sind solche Vorhaben wichtig, um den Fortschritt im Bereich Energieeffizienz und Klimaneutralität im Gebäudebereich voranzutreiben. Die Forschung an Materialgrundlagen ist von einer konkreten anwendbaren Technologieanwendung noch so weit entfernt, dass auch dies nicht mit einer Energieeinsparung im Gebäudesektor bewertet werden kann.

Eine Ausnahme bilden die Projekte, die sich mit **Herstellungsprozessen** beschäftigen. Sind diese eine Alternative zu bisher genutzten Herstellungsprozessen einer Gebäudetechnologie, so sollten die Einsparungen an Energie und Treibhausgasemissionen im Ökobilanzbereich „Herstellungsphase“, ggf. unter Berücksichtigung der Phasen Abfallbehandlung und Entsorgung ermittelt werden.

Die Forschungsnehmer müssen ihr Vorhaben zunächst der passenden Projektgruppe zuordnen. Dabei sind folgende **Fragen** zu beantworten:

1. **Sind ein oder mehrere konkrete Gebäude Bestandteil des Projekts?** -> Das Projekt ist dann Projektgruppe a) zuzuordnen. Das Einsparpotenzial wird anhand des konkreten/der konkreten Gebäude ermittelt.
2. **Ist der Projekthinhalt eine Studie, ein Konzept oder eine Technologie, die für eine Gebäudeanwendung durchgeführt oder entwickelt wird, ohne dass dafür ein konkretes Gebäude vorgesehen ist?** -> Dann ist das Projekt der Projektgruppe b) zuzuordnen. Wenn noch keine theoretische Anwendung an einem konkreten Gebäude im Projekt vorgesehen ist, muss für die Ermittlung der Einsparpotenziale ein typisches Gebäude (real oder theoretisch) ausgewählt werden, anhand dem die geforderte Bewertung durchgeführt wird. Das gilt auch für Projekte, in denen im Vorhaben selbst die Umsetzung nur am Versuchsstand durchgeführt wird.
3. **Handelt es sich um eine Entwicklung oder Optimierung eines Herstellungsprozesses?** -> Für das Projekt muss die Einsparung in der Phase „Herstellung“, ggf. auch bei Auswirkungen darauf für die Phasen Abfallbehandlung und Entsorgung, mittels einer Ökobilanzierung durchgeführt werden.
4. **Handelt es sich um ein Vorhaben, dass zum Bereich der anderen Projekttypen aus der Projektgruppe c) zugeordnet werden kann?** -> Dann ist eine Ermittlung des Einsparpotenzials nicht verpflichtend.

Deckt ein Vorhaben mehrere Projektgruppen ab, so ist es jeweils dem höhergeordneten Typ zuzuordnen (also z. B. a) bei einem Vorhaben, das a) und b) beinhaltet).

Dieser Leitfaden ist konkret für Projekte für optimierte Herstellungsprozessen aus der Projektgruppe c) gedacht. Für andere Projekttypen müssen die jeweils passenden Leitfäden angewendet werden, die aus gleichen, teilweise aber auch abweichenden Informationen bestehen. Bei der Unterscheidung zwischen Projekten für optimierte Herstellungsprozesse und Projekten zur Technologieentwicklung (und ihren entsprechenden Leitfäden zur Einsparpotenzialermittlung) ist darauf zu achten, dass bei den Projekten für optimierte Herstellungsprozesse

- der Projektfokus rein auf der verbesserten Herstellung von Materialien, Bauteilen und anderen Technologien liegt,
- die Verbesserung der Herstellung auf geringere Aufwände im Bereich Endenergie, Primärenergie und/oder CO₂-äquivalente Emissionen abzielt
- es keine (oder nur sehr geringe) Auswirkungen auf die Effizienz der Materialien, Bauteile und anderen Technologien gibt und damit die Betriebsphase, d.h. der Einsatz in Gebäuden bei der Einsparpotenzialermittlung vernachlässigbar ist.

Wenn diese drei Punkte nicht zutreffen, ist das Projekt eher den Technologieentwicklungsprojekten zuzuordnen (siehe eigener Leitfaden) und muss inklusive der Betriebsphase, d.h. der Anwendung in einem realen oder aber typischen theoretischen Gebäude und ggf. auch inklusive digitaler Aufwände ermittelt werden.

2. Definition des Referenzfalls: Referenzherstellungsmethode

Da die Forschungsnehmenden für ihre Vorhaben Einsparpotenziale ermitteln sollen, wird für jedes Vorhaben ein Referenzfall benötigt. Aufgrund der Diversität der Forschungsvorhaben und insbesondere der Technologien an denen geforscht wird, kann in diesem Leitfaden kein allgemein anwendbarer Referenzfall vorgegeben werden. **Die Forschungsnehmenden müssen selbst die konkrete Referenzherstellungsmethode auf Basis der Hinweise in diesem Leitfaden bestimmen und entsprechend den Vorgaben im Anhang „Auszufüllende Tabellen/Bilder/Textinformationen“ dokumentieren.**

Projekte für optimierte Herstellungsprozesse sind Weiterentwicklungen, Verbesserungen oder Ersatz eines bereits bestehenden Herstellungsprozesses. **Die Referenztechnologie sollte deshalb die bisher eingesetzte Produktionsmethode für das gleiche Material, das Bauteil oder die Technologie sein.** So sollte z. B. die neue Produktionsmethode für einen Dämmstoff mit der marktüblichen Herstellung des Dämmstoffes verglichen werden. Sollten mehrere Alternativen für eine Herstellung zur Auswahl stehen, so sollte der Vergleich möglichst mit der am meisten angewendeten Herstellungsart durchgeführt werden.

3. Lebenszyklusphasen Herstellung, Abfallbehandlung und Entsorgung

Die Bewertung der Lebenszyklusphasen Herstellung, Abfallbehandlung und Entsorgung eines Materials, Bauteils oder einer Technologie soll auf Basis derzeit verfügbarer und mehrheitlich angewendeter Bewertungsmethoden erfolgen. Hierfür wird auf die **Methode des Qualitätssiegels Nachhaltiges Gebäude** (QNG, [QNG 203]) verwiesen, die auch die Basis für die seit 2023 angebotene Bundesförderung für effiziente Gebäude – **Klimafreundlicher Neubau** (KFN) bildet. Auch andere Bewertungsmethoden verwenden die gleichen Rahmenbedingungen (Grundlage der Ökobilanz DIN EN 15643:2021 [DIN EN 15643, 2021] und DIN EN 15978-1 [DIN EN 15978-1, 2012], sowie in die Bilanz eingehende Module und Lebenszyklusphasen).

Die zu bewerteten Lebenszyklusphasen im Rahmen der Einsparpotenzialermittlung für Projekte für optimierte Herstellungsprozessen sind:

- **Herstellung:** Module A1 Rohstoffbeschaffung, A2 Transport, A3 Produktion
- **Rückbau, Abfallbehandlung und Entsorgung:** C3 Abfallbehandlung, C4 Entsorgung. Die Phase D1 Recyclingpotenzial wird wie im QNG nicht in die Summe über die Lebenszyklusphasen mitaufgenommen.

Die Kennwerte für den (nicht erneuerbaren) primärenergetischen Aufwand und die Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalent-Emissionen) in den obigen Lebenszyklusphasen sollen dabei folgenden Datenquellen entnommen werden, wobei auch auf die Reihenfolge geachtet werden sollte. D.h. zunächst sollte in der ersten Datenquelle gesucht werden, danach in der zweiten, etc.:

1. Ökobilanzierung – Rechenwerte 2023 [QNG, 2023]
2. ÖKOBAUDAT gemäß EN 15804+A2 [ÖKOBAUDAT, 2023], basierend auf der neuen Norm DIN EN 15804+A2
3. ÖKOBAUDAT gemäß EN 15804+A1 [ÖKOBAUDAT, 2023], basierend auf der Norm DIN EN 15804+A1
4. Herstellerdaten

Anmerkung: Die zu verwendenden Kennwerte können in den Datenquellen anders bezeichnet sein, so z. B.:

- nicht erneuerbarer primärenergetischer Aufwand: PENRT (Total nicht-erneuerbare Primärenergie)
- Treibhausgasemissionen: GWP (Globales Erwärmungspotenzial)

Der Vergleich der eingesetzten Technologiekombinationen (Ist (gemäß Forschungsvorhaben) vs. Referenz) soll für die Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, C3 und C4 in einer „Handrechnung“ (z. B. mit MS Excel) unter Nutzung der Ökobilanzdaten aus den obigen Datenquellen erfolgen. Dabei sollen die voneinander abweichenden Herstellungspro-

zesse bewertet werden. Bestehende Herstellungsprozesse (Referenzfall) können, soweit vorhanden, anhand der Rechenwerte 2023 bzw. der ÖKOBAUDAT ermittelt werden. Für den neuen (neuentwickelten) Herstellungsprozess im Forschungsprojekt muss vermutlich auf Herstellerdaten, ggf. auf Projektdaten zurückgegriffen werden.

Bitte beachten: Die Rechenwerte 2023 und auch die ÖKOBAUDAT teilen die Herstellungsaufwände durch den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren. Dies sollte entsprechend auch für die eigenen Herstellerdaten bzw. Projektdaten durchgeführt werden.

Da sich der Projekttyp Herstellungsprozesse - anders als bei den meisten anderen Projekttypen - nicht auf ein bestimmtes Gebäude beziehen lässt, wurde als übergeordnete Bezugsgröße die „Einheit“ Test-Produktion gewählt. Damit ist gemeint, dass der Aufwand aus den Lebenszyklusphasen Herstellung sowie ggf. Abfallbehandlung und Entsorgung zunächst für eine Test-Produktion bestimmt werden soll und danach auf die jeweilig passende Bezugsgröße wie z.B. m³ Material oder Stückzahl einer Technologie. Der Vergleichswert für den Referenzfall auf Basis der Ökobilanzdatenbanken liegt meist für die jeweilig passende Bezugsgröße vor und muss entsprechend für die Menge der Test-Produktion umgerechnet werden.

Die dabei berechneten Einsparungen sollen in den Ergebnistabellen dokumentiert werden.

Die Phasen C3 Abfallbehandlung und C4 Entsorgung sind nur dann zu berücksichtigen, wenn aufgrund der veränderten Herstellungsmethode auch Änderungen bei den Abfallbehandlungs- und Entsorgungsprozessen zu erwarten sind. Sollte dies nicht der Fall sein, bitte in den Ergebnistabellen angeben.

Die Daten für den nicht-erneuerbaren primärenergetischen Aufwand müssen zusätzlich von der Einheit MJ in kWh umgerechnet werden (durch 3,6 kWh/MJ geteilt werden).

4. Skalierung

Mit der Skalierung sollen die Auswirkungen des Forschungsvorhabens nicht nur auf die Test-Produktion im Vorhaben ermittelt werden, sondern erweitert werden auf die Produktion größerer Mengen und den entsprechenden Einsatz in Gebäuden innerhalb Deutschlands. Die Multiplizierbarkeit der Projekthinhalte ist eine wichtige Grundlage für eine Förderung durch das BMWK.

Bei der Ermittlung der skalierten Einsparung eines Forschungsprojekts ist in **zwei Schritten** vorzugehen.

Schritt 1: Zunächst wird über die Anzahl oder m² Fläche oder m³ Material oder andere geeignete Kenngröße der möglichen und in deutschen Gebäuden anwendbaren Produktion des Materials/des Bauteils/der Technologie eine **theoretisch maximale Skalierung** ermittelt, eigentlich der **„Markt“ für die Anwendung der Technologie** in Deutschland. Bei der theoretisch maximalen Skalierung berücksichtigt werden sollten bereits:

- Jährliche Umsetzungsraten (z. B. Neubau- oder Sanierungsraten)
- Wirkdauern: wie lange wird die Technologie eingesetzt, wann wird sie durch eine andere Technologie ersetzt (vom Markt verdrängt)? Beim vorgegebenen Betrachtungszeitraum von 5 Jahren ist das vermutlich für wenige Vorhaben eine Einschränkung.

Für die Berechnung der theoretisch maximalen Skalierung wird eine Zeitdauer von 5 Jahren nach Projektende angesetzt. **Die skalierten Einsparungen werden entsprechend über die 5 Jahre kumuliert.** Durch die 5 Jahre soll der Zeitrahmen überschaubar sein und auch die Änderungen bei Primärenergiefaktoren und CO₂-Äquivalente begrenzt werden. Es wird nicht erwartet, die Änderungen dieser Faktoren in der Skalierung zu berücksichtigen, um den Berechnungsaufwand zu begrenzen. Bei der Berechnung der Ökobilanz ist dies auf Grundlage der verfügbaren Daten auch nicht möglich. Sollte es Anwendungen geben, die auf weniger als 5 Jahre ausgerichtet sind, kommen in den letzten

Jahren keine weiteren Einsparungen hinzu, es werden nur die Einsparungen der Herstellungen in den Jahren zuvor fortgeschrieben.

Schritt 2: Danach muss die theoretisch maximale Skalierung durch die Anwendung von Reduktionsfaktoren auf eine **realistische Skalierung** verringert werden. Über die Reduktionsfaktoren muss der **Marktanteil abgeschätzt** werden. Damit erfolgt ein Vergleich mit alternativen, bereits vorhandenen Herstellungsprozessen unter Berücksichtigung von:

- den jeweiligen Preisen bzw. der Wirtschaftlichkeit
- dem Bekanntheitsgrad
- der Akzeptanz bei Bauherren und Nutzern
- den Technologieproduktionsraten (maximale Produktionskapazität beachten)
- der Förderungen und rechtlichen Rahmenbedingungen
- den möglichen Hemmnissen für die Herstellung

Die skalierten Einsparungen in den Jahren 1 bis 5 und die kumulierten Einsparungen nach dem fünften Jahr sowie Informationen zum ermittelten Markt und Marktanteil sind zu dokumentieren. Siehe dazu Einzelne Schritte, Kapitel 6 und Auszufüllende Tabellen/Bilder/Textinformationen.

Bei der Ermittlung von möglichen Anwendungen des hergestellten Materials, der hergestellten Bauteile oder hergestellten Technologien auf Gebäude in Deutschland kann auf unterschiedliche Quellen zurückgegriffen werden. Neben der Nutzung der Daten des Statistischen Bundesamts ([Statistisches Bundesamt, 2023] und [Statistisches Bundesamt, 2024]) wird die Anwendung der TABULA-Datenbank [IWU, 2023-1] für Wohngebäude und der ENOB: dataNWG-Datenbank [IWU, 2023-2] für Nichtwohngebäude empfohlen. Dabei kann für die Nutzung der ENOB: dataNWG ein finanzieller Aufwand für die Recherche entstehen, der ggf. beim Projektantrag eingeplant werden kann¹. Daten zu Modernisierungsraten von Bauteilen und der Gebäudetechnik können z. B. [Cischinsky, 2018] oder [BuVEG, 2024] entnommen werden. Zusätzlich kann auf Daten aus dem thematischen Umfeld der Förderprojekte zurückgegriffen werden.

5. Ermittlung eines zusätzlichen quantitativen Indikators

Viele Projekte aus dem Forschungsbereich besitzen neben dem Ziel der Energie- und Treibhausgas-Einsparung weitere Ziele, so z. B. die Erhöhung des Komforts oder der Hygiene, eine Störungsreduktion, eine Akzeptanzsteigerung, eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit, eine Optimierung der Planung, etc. Für diese Vorhaben soll abgesehen von den energetischen und Emissionseinsparungen ein zusätzlicher, vom Projekt identifizierter Indikator zugelassen werden, der aufzeigt, wie groß die erreichte Verbesserung durch das Vorhaben ist. Auch hier soll der Indikator im Vergleich zu einer Referenz gebildet werden.

Der Indikator soll dafür vom Forschungsnehmer definiert, die passende Referenz angegeben und die Verbesserung ermittelt werden. Dafür sollte, wenn möglich, eine Messung, sonst eine Berechnung oder Simulation herangezogen werden. Die zugehörigen Informationen sollen ebenso wie die Einsparungen aus den vorigen Kapiteln in die vordefinierten Tabellen in den Schlussbericht eingetragen werden.

¹ Gemäß Auskunft des IWU entstehen für eine beantragte Recherche über den IWU-Tabellenkonfigurator Kosten von 40 € plus einmalig 25 € Bearbeitungspauschale (Zeitpunkt der Abfrage: Juli 2023). Ggf. sind für unterschiedliche Gebäudetypen mehrere Recherchen notwendig.

6. Ausfüllen der vordefinierten Tabellen mit den ermittelten Kennwerten und Daten der Grundlagen

Nachdem die Einsparungen für den neuen Herstellungsprozess ermittelt wurden und die realistische Skalierung durchgeführt wurde, sollen die Daten in vordefinierte Tabellen eingetragen werden. Zusätzlich sollen die Rahmenbedingungen der Ermittlungen verständlich dokumentiert werden. Dafür empfiehlt sich ein gesondertes Kapitel im Schlussbericht des Vorhabens, das ggf. „Ermittlung des Einsparpotenzials des EWB-Forschungsvorhabens“ genannt werden kann.

Referenzen / Verweise auf Hilfestellungen

- [BuVEG, 2024] BuVEG – Die Gebäudehülle: Sanierungsquote im Sinkflug – Prognose für 2024: weiter schwach. Pressemeldung des Bundesverbands energieeffiziente Gebäudehülle e.V. (BuVEG). Verfügbar unter <https://buveg.de/pressemeldungen/sanierungsquote-im-sinkflug-prognose-2024-schwach/>. Letzter Datenzugriff: 27.05.24.
- [Cischinsky, 2018] Cischinsky, H; Diefenbach, N.: Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016. Datenerhebung zu den energetischen Merkmalen und Modernisierungsraten im deutschen und hessischen Wohngebäudebestand. Bericht des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU). Darmstadt, 2018. Verfügbar unter https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/gebaeudebestand/2018_IWU_CischinskyEtDiefenbach_Datenerhebung-Wohngeb%C3%A4udebestand-2016.pdf. Letzter Datenzugriff: 27.05.24.
- [DIN EN 15643, 2021] Beuth publishing DIN: DIN EN 15643:2021 – Nachhaltigkeit von Bauwerken – Allgemeine Rahmenbedingungen zur Bewertung von Gebäuden und Ingenieurbauwerken; Deutsche Fassung EN 15643:2021. Verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-15643/335506755>. Letzter Datenzugriff: 12.10.2023.
- [DIN EN 15978, 2012] Beuth publishing DIN: DIN EN 15978:2012 – Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode; Deutsche Fassung EN 15978:2011. Verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-15978/164252701>. Letzter Datenzugriff: 12.10.2023. *Anmerkung: derzeit ist eine Entwurffassung der DIN EN 17978-1 verfügbar, die, sobald sie die gültige Version ist, auch als Grundlage für diesen Leitfaden genutzt werden sollte.*
- [DIN V 18599, 2018] Beuth publishing DIN: DIN V 18599:2018 – Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung. Verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/erweiterte-suche/272754!search?alx.searchType=complex&alx.search.autoSuggest=false&searchA-realId=1&query=DIN+V+18599&facets%5B276612%5D=&hitsPerPage=10>. Letzter Datenzugriff: 21.06.23
- [GEG, 2023] Deutscher Bundestag: Gesetz zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor. Darin Artikel 18a – Änderung des Gebäudeenergiegesetzes. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2022, Teil I, Nr. 28. Bonn, 28. Juli 2022. Verfügbar unter http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&jumpTo=bgbl122s1237.pdf oder als nichtamtliche Lesefassung unter <https://www.gesetze-im-internet.de/geg/GEG.pdf>. Letzter Datenzugriff: 21.06.23
- [IWU, 2023-1] IWU: TABULA – Entwicklung von Gebäudetypologien zur energetischen Bewertung des Wohngebäudebestands in 13 europäischen Ländern. Deutsche Gebäudetypologie-Broschüre, Datentabellen im MS Excel-Format, TABULA WebTool. Verfügbar unter <https://www.iwu.de/forschung/gebaeudebestand/tabula/>. Letzter Datenzugriff: 03.07.23
- [IWU, 2023-2] IWU, Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Bergische Universität Wuppertal: ENOB:DataNWG – Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude. Schlussbericht, Teilberichte, Forschungsdatenbank und Nichtwohngebäude-Typologie. Verfügbar unter: <https://www.datanwg.de/home/aktuelles/>. Das IWU ermöglicht Dritten die Durchführung von eigenen wissenschaftlichen Auswertungen mit der

- Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude. Dabei gibt es drei Optionen des Datenbankzugriffs, die unterschiedlich weitreichende Möglichkeiten bieten. Letzter Datenzugriff: 03.07.23
- [ÖKOBAUDAT, 2023] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen: Ökobaudat – Informationsportal Nachhaltiges Bauen. ÖKOBAUDAT-Datensätze. Verfügbar unter https://www.oekobaudat.de/no_cache/datenbank/suche/daten/. Letzter Datenzugriff 21.06.23.
- [QNG, 2023] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen: QNG-Siegeldokumente. Insbesondere LCA-Bilanzregeln Wohngebäude und Nichtwohngebäude sowie Ökobilanzierung-Rechenwerte. Verfügbar unter <https://www.qng.info/service/>. Letzter Datenzugriff: 21.06.23.
- [Statistisches Bundesamt, 2023] Statistisches Bundesamt: DESTATIS. Webseite des Statistischen Bundesamts. Verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Home/_inhalt.html. Letzter Datenzugriff: 03.07.23
- [Statistisches Bundesamt, 2024] Statistisches Bundesamt: DESTATIS: GENESIS-ONLINE: Die Datenbank des Statistischen Bundesamtes. Inhalte unter anderem Daten zu Baufertigstellungen. Verfügbar unter: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online>. Letzter Datenzugriff: 27.05.24.

Auszufüllende Tabellen/Bilder/Textinformationen

Folgende Kennwerte und Informationen sollten im Schlussberichtskapitel „Ermittlung des Einsparpotenzials des EWB-Forschungsvorhabens“ dokumentiert sein:

(Können einzelne, eigentlich geforderte Schritte aus der Bewertung (z. B. Ökobilanz oder Skalierung) nicht durchgeführt werden, müssen sinnvolle Begründungen dazu erbracht werden oder dargestellt werden, dass hierdurch kein Mehrwert entstanden wäre.)

A) Allgemeine Informationen	
Projektname:	[Offizieller Projektname, siehe Bewilligung]
Förderkennzeichen:	
Projekttyp :	[Herstellungsprozesse] [oder anderer Projekttyp, siehe dann passenden Leitfaden]
Anzahl beinhaltete Gebäude:	keine
Gebäudetyp:	[Anwendbarkeit auf z. B. Bürogebäude]
Neubau oder Bestandssanierung:	[Anwendbarkeit auf Neubau/Bestandsanierung/beides]
Bezugsgröße für die Kennwerte:	[z.B. m ² oder m ³ Material oder Stück Technologie]
Hergestelltes Material/Bauteil/Technologie:	[Was genau wird hergestellt: Beschreibung des Materials/Bauteils/der Technologie]
Foto:	[Foto des hergestellten Materials/Bauteils/der Technologie]
Herstellungsprozess:	[Beschreibung inkl. Hervorhebung der Veränderung im Vergleich zum Referenzfall]
Referenzfall : Beschreibung:	[Beschreibung der Referenztechnologie, warum wurde diese Referenztechnologie gewählt]

B) Ermittlung der Einsparungen

1. Lebenszyklusphasen Herstellung, Abfallbehandlung und Entsorgung

Gewählter Bilanzierungsweg:	[-> „Handrechnung“ auf Basis Ökobilanzdatensätze für die Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, C3 und C4.]	
Berücksichtigung der Phasen C3/C4:	[Ja, da sich die Abfallbehandlung/Entsorgung gegenüber dem Referenzfall verändert. -> Beschreibung der Veränderung / Nein, da keine Veränderung bei der Abfallbehandlung und Entsorgung eintritt.]	
Verwendete Datenquellen:	[Ökobilanzierung – Rechenwerte 2023 / ÖKOBAUDAT gemäß EN 15804+A2 / ÖKOBAUDAT gemäß EN 15804+A1 / Herstellerdaten] -> Wenn unterschiedliche Datenquellen herangezogen werden, bitte angeben, welche für welche Materialien/Technologien genutzt wurden	
Beschreibung des Istfalls:	[Bewertetes Material/Bauteil/Technologie und Produktionsmethode]	
Beschreibung des Referenzfalls:	[Bewertetes Material/Bauteil/Technologie und Produktionsmethode]	
Ergebnisse:		
Lebenszyklusphasen A1, A2, A3, C3 und C4:		
	Istfall gemäß Projektumsetzung	Referenzfall
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf je <u>Test-Produktion</u> [MWh/a]: -> Einheit /a entsteht durch Betrachtungszeit 50 a		[wenn nicht verfügbar, umrechnen über bezogenen Wert aus Ökobilanzta-bellen * Testproduktionsmenge]
Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf bezogen auf Bezugsgröße [kWh/?a]: -> Einheit bitte einfüllen -> Einheit /a entsteht durch Betrachtungszeit 50 a		
Treibhausgasemissionen [t _{CO2,äq.} /a]: -> Einheit /a entsteht durch Betrachtungszeit 50 a		[wenn nicht verfügbar, umrechnen über bezogenen Wert aus Ökobilanzta-bellen * Testproduktionsmenge]
Treibhausgasemissionen bezogen auf Bezugsgröße [kg _{CO2,äq.} /?a]: -> Einheit bitte einfüllen -> Einheit /a entsteht durch Betrachtungszeit 50 a		
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung je Test-Produktion [MWh/a]	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparung bezogen auf Bezugsgröße [kWh/?a] -> Einheit bitte einfüllen	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-Einsparung je Test-Produktion [t _{CO2,äq.} /a]	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	
Treibhausgasemissions-	[Referenzfall – Istfall, Einsparungen bitte mit positivem Vorzeichen eintragen, Mehraufwände mit negativem Vorzeichen]	

Einsparung bezogen auf Bezugsgröße [kg _{CO2,äq.} /a] -> Einheit bitte einfüllen	
---	--

2. Skalierung				
Schritt 1: <u>Theoretisch maximale Skalierung</u> (Markt in Deutschland für die Anwendung des <u>Herstellungsprozesses</u>)				
Jährliche Produktion des Materials/des Bauteils/der Technologie für den Einsatz in Deutschland	[Zahl + Einheit] [Angaben der Quellen und Weg der Ermittlung inkl. möglicherweise bereits berücksichtigten Reduktionsfaktoren]			
Produktion des Materials/des Bauteils/der Technologie für den Einsatz in Deutschland innerhalb 5 Jahre nach dem Projekt:	[Zahl + Einheit] [Berücksichtigung von maximal 5 Jahren Betrachtungszeit]			
Schritt 2: <u>Realistische Skalierung</u> [Abschätzung des Marktanteils]				
Beschreibung der verwendeten Reduktionsfaktoren:	[z. B. durch Wirtschaftlichkeit des Herstellungsprozesses, Bekanntheitsgrad, Akzeptanz bei Bauherren/Nutzern, Technologieproduktionsraten, Förderungen und rechtliche Rahmenbedingungen, Hemmnisse -> bitte nennen Sie den Einflussfaktor, beschreiben Sie die Zusammenhänge und geben Sie den zugehörigen Reduktionsfaktor und die Quelle bzw. „eigene Einschätzung“ an. Der Reduktionsfaktor kann sich ggf. über die 5 Jahre unterscheiden]			
Anzahl oder Größe der Netto- raumfläche der geschätzten Umsetzungen je Jahr:	Jahr 1	[Zahl + Einheit]		
	Jahr 2	[Zahl + Einheit]		
	Jahr 3	[Zahl + Einheit]		
	Jahr 4	[Zahl + Einheit]		
	Jahr 5	[Zahl + Einheit]		
Ergebnisse:				
Skalierte Einsparungen je Jahr in den Lebenszyklusphasen Herstellung, Abfallbehandlung und Entsorgung: [Basis sind die Einsparungen aus 1. Lebenszyklusphasen Herstellung, Abfallbehandlung und Entsorgung] Kumulierte Einsparungen: [5 * Jahr 1 + 4 * Jahr 2 + ...]		<i>(Endenergiebedarf in der Lebenszyklusbilanz meist nicht angegeben)</i>	Nicht erneuerbare Primärenergieeinsparungen [MWh/a]	Treibhausgasemissions-Einsparungen [t_{CO2,äq.}/a]
	Jahr 1	(-)		
	Jahr 2	(-)		
	Jahr 3	(-)		
	Jahr 4	(-)		
	Jahr 5	(-)		
	Kumulierte Summe über 5 Jahre	(-)		

3. <u>Zusätzlicher quantitativer Indikator</u> (-> freiwillig, wo passend)		
Gewählter zusätzlicher Indikator:	[Definition und Erläuterung, ggf. Angabe der Einheit, Status/Entwicklungen vor dem Projekt]	
Referenzfall:	[Beschreibung und Begründung, warum dieser Referenzfall gewählt wurde]	
Ergebnis:		
	Istfall nach Projektumsetzung	Referenzfall
Indikator:	[Zahl und ggf. Einheit]	[Zahl und ggf. Einheit]
Verbesserung (Referenz – Istfall nach Projektumsetzung):	[Zahl und ggf. Einheit]	
	[Prozentzahl, (Referenz – Istfall)/Referenz]	