



Metastudie zur Kostenoptimalität von Anforderungsniveaus im Wohnungsneubau

Systematisch vergleichende Analyse von ausgewählten wissenschaftlichen
Publikationen

Im Auftrag der

Wirtschaftskammer Österreich, Fachverband Steine-Keramik

Wiedner Hauptstraße 63, 1045 Wien

Institute of Building Research & Innovation

Arch. DI Dr. Renate Hammer, MAS

DI Dr. Peter Holzer

Schlussbericht

Arbeitszeitraum: 15. August – 18. Jänner 2015

Wien, 30.10.2015

1	Einleitung.....	4
2	Fragestellungen zur Festlegung der Analyse Kriterien	5
3	Festlegung der zu analysierenden Publikationen	6
4	Durchführung und Ergebnisse der Voranalyse	9
5	Ergebnisse zu Frage A: Niveaus des rechnerischen Kostenoptimums der Gesamtenergieeffizienz	12
5.1	Liste der spezifisch relevanten Studien	12
5.2	Diskussion der methodischen Gemeinsamkeiten und Unterschiede	13
5.3	Ergebnisse aus den spezifisch relevanten Studien	16
6	Ergebnisse zu Frage B: Berechnetes Kostenoptimum im Vergleich zu praktischen Erfahrungen.....	42
6.1	Liste der spezifisch relevanten Studien	42
6.2	Ergebnisse aus den spezifisch relevanten Studien	42
7	Ergebnisse zu Frage C: Berücksichtigung von Lebensdauer und sonstigen Wechselwirkungen.....	58
7.1	Liste der spezifisch relevanten Studien	58
7.2	Wechselwirkung von Gebäudelebensdauer und ökonomischen wie ökologischen Aspekten	59
7.3	Wechselwirkungen zwischen Energieeffizienz, Kostenoptimalität und Komfort	64
7.4	Normenexzerpt zu Wechselwirkungen von Ökologie und Sozialem	68
7.5	Normenexzerpt: Aspekte umfassender Nachhaltigkeit	70
8	Ergebnisse zu Frage D: Kostenunterschiede der Bauweisen	73
8.1	Liste der spezifisch relevanten Studien	73
8.2	Ergebnisse aus den spezifisch relevanten Studien	74
9	Ergebnisse zu Frage E: Wissenschaftliche Qualität der Studien	79
9.1	Normenexzerpt zur wissenschaftlichen Qualität	79
9.2	Defizite der Primärstudien in Hinsicht auf die Durchführbarkeit einer Metastudie.....	97
10	Ergebnisse zu Detailfrage f: Interpretationsspielraum in der Lebenszyklusanalyse	107
11	Ergebnisse zu Detailfrage g: Begründbarkeit der CO₂-Gutschrift von Bauholz	109
11.1	Liste der spezifisch relevanten Studien	109
11.2	Bauholz als erneuerbare Ressource	110
11.3	Lebenszyklische Betrachtung von CO ₂ Gutschriften.....	116
11.4	Grundsätzliche Festlegungen zur Vermeidung von Doppelzählungen.....	125
12	Ergebnisse zu Detailfrage h: Anzusetzende Lebensdauer von Bauwerken.....	126
12.1	Wechselwirkung von Gebäudelebensdauer, ökonomischen Aspekten und den Umweltwirkungen aus CO ₂ -Emissionen und Primärenergiebedarf.....	127

12.2	<i>Teilergebnisse aus Studien ohne direkten Bezug zur aktuellen Situation in Österreich.....</i>	132
12.3	<i>Normenexzerpt zu anzusetzenden Gebäudelebensdauer.....</i>	139
13	Ergebnisse zu Detailfrage i: Bilanz unterschiedlicher energietechnischer Gebäudekonzepte	153
14	Anhang	154
14.1	<i>Abbildungsverzeichnis</i>	154
14.2	<i>Tabellenverzeichnis.....</i>	155

1 Einleitung

In Artikel 5 der Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung) werden die Mitgliedstaaten mit der Berechnung der kostenoptimalen Niveaus von Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden beauftragt, präzisiert durch die delegierte Verordnung (EU) Nr. 244/201 der Kommission vom 16.01.2012 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/31/EU und durch die Leitlinien vom 19.04.2012 zur delegierten Verordnung (EU) Nr. 244/201.

Seit 2005 sind die Kosten für Wohnraum überproportional angestiegen. Spätestens seit der Finanzkrise 2008 und der nachfolgenden Wirtschaftskrise wird die Finanzierbarkeit der Wohnbedürfnisse für breite Bevölkerungsschichten ein ernstes Problem und die Bereitstellung nachhaltig leistbaren Wohnraums eine dringende politische Herausforderung.

Vor diesem Hintergrund wird die gesellschaftliche und politische Debatte um die zu setzenden Maßnahmen und Rahmenbedingungen kontrovers geführt und sind seit 2009 zahlreiche wissenschaftliche und gesellschaftspolitische Beiträge publiziert worden. Brennpunkte der Diskussion sind die Niveaus der Kostenoptimalität von Anforderungsniveaus an die Energieeffizienz, wobei sowohl das Ergebnis ihrer rechnerischen Ermittlung als auch vermehrt die reale Belastbarkeit der errechneten Ergebnisse diskutiert werden.

Begleitet wird diese Diskussion über die Kostenoptimalität von Energieeffizienz von diversen Vorschlägen zur Reduktion von singulären Kostenfaktoren im Wohnbau, wobei diese häufig bruchstückhaft bleiben. Im Zuge der Analysen zur Kostenoptimalität werden auch weiterführende vergleichende Analysen etwa von unterschiedlichen Bauweisen vorgenommen.

Vor diesem Hintergrund werden im Zeitraum Mai 2009 bis Mai 2014 zu diesem Spannungsfeld publizierte und gemeinsam mit dem Auftraggeber ausgewählte Studien und Grundsatzpapiere einer systematisch vergleichenden Analyse unterzogen.

2 Fragestellungen zur Festlegung der Analysekriterien

Fragestellungen

- A** Welche Niveaus des rechnerischen Kostenoptimums der Gesamtenergieeffizienz werden bei den unterschiedlichen Publikationen ermittelt, nicht zuletzt in Bezug auf das Anforderungsniveau OIB RL 6 2011?
- B** Welche Konsistenz oder Divergenz der dokumentierten Rechenergebnisse hinsichtlich des Kostenoptimums liegt im Vergleich mit dokumentierten praktischen Erfahrungen vor?
- C** Werden mittelbare ökonomische, ökologische und soziale Wechselwirkungen von Baumaßnahmen außerhalb der Systemgrenzen der LCA ergebnisrelevant berücksichtigt; beispielsweise deren kalkulatorische Lebensdauer, deren finanzielle Werthaltigkeit, der Aufwand zu deren Erhaltung und gegebenenfalls Beseitigung, oder allfällige Gutschriften von ökologischem Begleitnutzen?
- D** Zeigt sich eine Signifikanz von Kostenunterschieden von Bauten aus überwiegend mineralischen Baustoffen gegenüber Bauten aus überwiegend Leichtbaumaterialien?
- E** Wie relevant sind die Ergebnisse einzelner Publikationen für die Metastudie ausgehend von der augenscheinlichen wissenschaftlichen Qualität, etwa hinsichtlich Art und Umfang des Datenmaterials, Vollständigkeit der berücksichtigten Randbedingungen, Objektivität und Nachvollziehbarkeit der Schlussfolgerungen?

Spezifische Detailfragen

Über die oben genannten Fragestellungen hinausgehend bestehen seitens des Auftraggebers vier weitere, spezifische Detailfragen.

- f** Auf seine methodische Begründung hin untersucht werden soll der hohe Interpretationsspielraum in der Lebenszyklusanalyse (LCA) von Gebäuden. Darin von Bedeutung scheint unter anderen die Frage nach der Festlegung einer Gleichwertigkeit technischer Qualitäten.
- g** Ebenfalls auf ihre methodische Begründbarkeit und Zulässigkeit untersucht werden soll eine sogar mehrfache CO₂ Gutschrift von Bauholz.
- h** Untersucht werden soll der Fragenkomplex um die anzusetzende Lebensdauer von Bauwerken und um die darin begründete Sensitivität von Studienergebnissen, etwa wieder hinsichtlich der genannten CO₂ Gutschriften.
- i** Anhand der ausgewählten Studien vergleichend analysiert werden soll die ökologische (PEB, CO₂) und ökonomische (Investition, Betrieb, Wartung, Instandhaltung) Bilanz unterschiedlicher energietechnischer Gebäudekonzepte, insbesondere jene von Sonnenhaus- und Passivhauskonzepten.

3 Festlegung der zu analysierenden Publikationen

Ausgehend vom Vorschlag eines Katalogs von 19 Publikationen im Umfang von insgesamt knapp 1.300 Seiten wurde in Abstimmung mit dem Auftraggeber und eigenen Recherchen schließlich als Datenbasis für die Voranalyse ein Katalog von insgesamt 24 Studien zusammengestellt und gruppiert.

Im Zuge der Hauptanalyse wurde das Heranziehen weiterer Studien vorgeschlagen und mit dem Auftraggeber abgestimmt, womit die vorliegende Metastudie schlussendlich die folgende Sammlung von 36 Studien und Regelwerken im Umfang von insgesamt 3.046 Seiten umfasst.

Gruppe 1 – Berechnungsmethoden von Lebenszykluskosten

01_01 Lebenszykluskosten, Donau-Universität Krems, 05_2009

Gruppe 2 – Rechnerische Ermittlung von Kostenoptimalität

02_01 Kostenoptimalität, e7, 11_2012

02_02 Kostenoptimalität, energy agency, 12_2012

02_03 Kostenoptimalität, TU-Wien, Bednar, 2013

02_04 Kostenoptimalität, OIB, 03_2014

02_05 Nearly Zero Energy Buildings, Ecofys, 03_2013

02_06 *Kostenoptimalität, OIB, 03_2013 (unvollst. Version von 02_04)*

02_07 *Kostenoptimalität, e7, 09_2013 (Auszug aus 02_01)*

02_08 Kostenoptimales Anforderungsniveau für Wohnungsneubauten in Vbg, e7+EIV, 2013

Gruppe 3 – Weiterführende Parameterstudien

03_01 Bauen 2020 - Gebäudesystemvergleich, DUK, 11_2012

03_02 Wachstumswirkungen der KfW-Programme, Prognos, 03_2013

03_03 Wohnbauförderung in Österreich 2012, IIBW, 09_2013

03_04 Wohnkomfort und Heizwärmeverbrauch im PH und NEH, Rhomberg, 03_2013

03_05 Das Passivhaus in der Praxis, EIV, 03_2013

03_06 Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit, gbv, 10_2013

03_07 Innovative Gebäudekonzepte im Vergleich, ACR, 2014

03_08a Energetische Bewertung hocheffizienter Gebäude, klima:aktiv, 01_2014

03_08b *Hocheffiziente Wohngebäude mit geringstem Primärenergieeinsatz, EIV, 01_2014 (Auszug aus 03_08a)*

03_09 Gebäude maximaler Energieeffizienz mit integrierter erneuerbarer Energieerschließung, bm:vit, Nachhaltig Wirtschaften, 06_2012

03_10 Sensitivitätsanalyse von Gebäudeökobilanzen, Holger König, 03_2012

03_11 ÖNORM plusenergiegebäude, Entwicklung des ersten rechtssicheren Nachweisverfahrens für Plusenergiegebäude durch komplette Überarbeitung der ÖNORMEN Rosenberger, Bednar et al, 10_2012

03_12 Nachhaltigkeits-Monitoring ausgewählter Passivhaus-Wohnanlagen in Wien, Treberspurg, Smutny et al, 12_2009

- 03_13 Linking Low Carbon Technologies with Low Carbon Society: Energie 2050: Anforderungen an die Technologiepolitik zur Eindämmung des Rebound-Effektes, Kanatschnig, Lacher, 10_2012
- 03_14 Introducing the prebound effect: the gap between performance and actual energy consumption, Sunikka-Blank and Galvin, 2012
- 03_15 Ermittlung und Evaluierung der baulichen Mehrkosten von Passivhausprojekten, Schöberl, Lang, Handler, 2011
- 03_16 Betriebskosten- und Wartungskostenvergleich zwischen Passivhäusern und Niedrigenergiehäusern, Schöberl, Hofer, 2012

Gruppe 4 - Absichtserklärungen und Arbeitspapiere der Österr. Bundesregierung

- 04_01 Leistbares Leben, bm:wfj, 03_2013
- 04_02 Arbeitsprogramm der österr. Bundesregierung 2013 bis 2018

Gruppe 5 – Normen

- 05_01 ÖNORM EN 15643-1 bis -4 Nachhaltigkeit von Bauwerken, 2010 bis 2012
- 05_02 ÖNORM EN ISO 14040 Umweltmanagement - Ökobilanz 11_2009
- 05_03 EN 15978: Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode, 10_2012
- 05_04 ÖNORM EN ISO 14044 Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen, 10_2006
- 05_05 ÖNORM EN ISO 14025 Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Typ III Umweltdeklarationen - Grundsätze und Verfahren, 07_2010
- 05_06 ISO 15686-1 und -9: Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 1: General principles and framework; Buildings and constructed assets. Service-life planning. – Part 9: Guidance on assessment of service-life data, 05_2011
- 05_07 ISO 21931-1: Sustainability in building construction - Framework for methods of assessment of the environmental performance of construction works - Part 1: Buildings, 06_2010
- 05_08 ISO 15392: Sustainability in building construction - General principles, 05_2008

Gruppe 6 – Regelwerke des EU Parlaments, Rates und der Kommission

- 06_01 Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung)
- 06_02 Delegierte Verordnung (EU) Nr. 244/2012 der Kommission vom 16. Januar 2012 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden durch die Schaffung eines Rahmens für eine Vergleichsmethode zur Berechnung kostenoptimaler Niveaus von Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und Gebäudekomponenten

o6_03 Leitlinien zur delegierten Verordnung (EU) Nr. 244/2012 der Kommission vom 16. Januar 2012 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden durch die Schaffung eines Rahmens für eine Vergleichsmethode zur Berechnung kostenoptimaler Niveaus von Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und Gebäudekomponenten (2012/C 115/01)

4 Durchführung und Ergebnisse der Voranalyse

In Bezug auf die fünf Fragestellungen A bis E und die vier spezifischen Detailfragen f bis i wurden die bis zu diesem Zeitpunkt 19 ausgewählten Studien und Grundsatzpapiere einer Voranalyse laut AP3a unterzogen. Die genannten Publikationen wurden inhaltlich auf das Vorhandensein von Basiskriterien untersucht, die zur Beantwortung der fünf Fragestellungen und vier spezifischen Detailfragen Voraussetzung sind.

Insbesondere wurde erhoben, ob eine zufriedenstellende Beantwortung dieser speziellen Fragestellungen, also jener betreffend den Vergleich von Massiv- und Leichtbauqualitäten, aus der Analyse der zugrunde gelegten Studien möglich ist, oder ob Methodik und Literaturquellen zu erweitern sind.

Die Voranalyse wurde am 14.09.2014 abgeschlossen und dem Auftraggeber übergeben und wurde am 15.10.2014 im Rahmen der Sitzung der Technik- und Marketingplattform mit diesem diskutiert. Die Vorstudie liegt dem Auftraggeber vor und ist dem gegenständlichen Schlussbericht beigelegt.

Zusammenfassend ergaben sich aus der Voranalyse die folgenden Ergebnisse und Schlussfolgerungen für die weitere Vorgehensweise, die in der gegenständlich dokumentierten Hauptanalyse umgesetzt wurden.

Frage A: Niveaus des rechnerischen Kostenoptimums der Gesamtenergieeffizienz

Die Frage A wurde in sechs der im Zuge der Vorstudie untersuchten Studien in guter wissenschaftlicher Qualität behandelt. Von der Möglichkeit der Erstellung einer sinnvollen Metastudie konnte daher ausgegangen werden und es wurde diese durchgeführt, wobei die Sammlung der Studien noch erweitert wurde.

Siehe Kapitel 5.

Frage B: Berechnetes Kostenoptimum im Vergleich zu praktischen Erfahrungen

Mit der Frage B befassen sich lediglich drei der untersuchten Studien. Es konnte daher nicht von der Erstellung einer sinnvollen Metastudie ausgegangen werden.

In der Hauptanalyse wurde daher in dieser Frage die bloß vergleichende Methodik der klassischen Metastudie auf jene der fachlichen Analyse und Interpretation erweitert und wurden die vorliegenden Studien inhaltlich analysiert und kommentiert.

Siehe Kapitel 6.

Frage C: Berücksichtigung von Vorteilen und Belastungen außerhalb der Systemgrenzen

Mit der Frage C setzen sich insgesamt 8 der untersuchten Studien auseinander. Von der Möglichkeit der Erstellung einer sinnvollen Metastudie konnte daher ausgegangen werden und es wurde diese durchgeführt.

Siehe Kapitel 7.

Frage D: Kostenunterschiede der Bauweisen

Die Frage D wird in vier der untersuchten Studien in guter wissenschaftlicher Qualität behandelt. Von der Möglichkeit der Erstellung einer sinnvollen Metastudie konnte daher ausgegangen werden, wobei sich bereits in der Vorstudie abzeichnete, dass die methodischen Unterschiede in den einzelnen Studien wieder den Rahmen der reinen Metastudie sprengen und eine fachliche Interpretation der Ergebnisse erzwingen werden. Letztere wurde durchgeführt.

Siehe Kapitel 8.

Frage E: Wissenschaftliche Qualität der Studien

Sämtliche Studien wurden im Rahmen der Voranalyse einer ersten qualitativen Einschätzung unterzogen und der Auftraggeber informiert.

Im Zuge der Hauptanalyse ergab sich eine deutlich positive Neubewertung für die Studie 03_07 ACR Innovative Gebäudekonzepte im Vergleich und eine vorsichtig positive Neubewertung für die Studie 03_6 Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit, gbv, 10_2013

Siehe Kapitel 9.

Detailfrage f: Interpretationsspielraum in der Lebenszyklusanalyse

Die Detailfrage f wird, allerdings in stark unterschiedlichen Ausprägungen, in zehn der untersuchten Studien behandelt. Von der Möglichkeit der Erstellung einer sinnvollen Metastudie wurde daher ausgegangen. In der Hauptanalyse wurde der methodische Weg gewählt, die Detailfrage f als Ausprägung der Hauptfragen A, B und C zu bearbeiten, weshalb sie diesen drei Hauptfragen zugeordnet wurde.

Siehe deshalb Kapitel 5, 6 und 7.

Detailfrage g: Begründbarkeit der CO₂-Gutschrift von Bauholz

Nur zwei der untersuchten Studien beschäftigen sich explizit mit dieser Detailfrage, einige andere aber implizit. Die Möglichkeit der Erstellung einer sinnvollen Metastudie war demnach nicht gegeben. Es wurde daher nach Rücksprache mit dem Auftraggeber die bereits erwähnte Aufarbeitung jener Normen vorgenommen, die sich mit der Methodik der Quantifizierung von Nachhaltigkeit von Gebäuden auseinandersetzen.

Die Detailfrage g wurde somit auf Basis der beiden Studien und der genannten Normenrecherche, über die Methodik einer Metastudie hinaus, fachlich interpretativ bearbeitet.

Siehe Kapitel 11.

Detailfrage h: Anzusetzende Lebensdauer von Bauwerken

Die Detailfrage h wird in sieben Studien guter wissenschaftlicher Qualität behandelt, in vielen davon allerdings nur implizit, als diese eine Lebensdauer für die LCA annehmen. Explizit wird die Frage der korrekten Wahl der Lebensdauer und der damit verbundenen Auswirkungen auf die Ergebnisse der LCA nur in einer einzigen Studie thematisiert.

Auch diese Detailfrage wurde daher auf Basis dieser Studie und der genannten Normenrecherche, jenseits der Methodik einer Metastudie, fachlich interpretativ bearbeitet.

Siehe Kapitel 12.

Detailfrage i: Bilanz unterschiedlicher energietechnischer Gebäudekonzepte

Die Detailfrage i wird in acht der Studien in guter oder sehr guter wissenschaftlicher Qualität behandelt. Von der Möglichkeit der Erstellung einer sinnvollen Metastudie konnte daher ausgegangen werden und es wurde diese durchgeführt.

Siehe Kapitel 13.

5 Ergebnisse zu Frage A: Niveaus des rechnerischen Kostenoptimums der Gesamtenergieeffizienz

5.1 Liste der spezifisch relevanten Studien

- 02_01 Kostenoptimalität, e7, 11_2012
- 02_02 Kostenoptimalität, energy agency, 12_2012
- 02_03 Kostenoptimalität TU-Wien, Bednar, 2013
- 02_04 Kostenoptimalität, OIB, 03_2014
- 02_08 Kostenoptimales Anforderungsniveau für Wohnungsneubauten in Vbg, e7+EIV, 2013
- 03_01 Bauen 2020 - Gebäudesystemvergleich, DUK, 11_2012
- 03_07 Innovative Gebäudekonzepte im Vergleich, ACR, 2014
- 03_09 Gebäude maximaler Energieeffizienz mit integrierter erneuerbarer Energieerschließung, bm:vit, Nachhaltig Wirtschaften, 06_2012
- 06_01 Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung)
- 06_02 Delegierte Verordnung (EU) Nr. 244/2012 der Kommission vom 16. Januar 2012 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden durch die Schaffung eines Rahmens für eine Vergleichsmethode zur Berechnung kostenoptimaler Niveaus von Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und Gebäudekomponenten
- 06_03 Leitlinien zur delegierten Verordnung (EU) Nr. 244/2012 der Kommission vom 16. Januar 2012 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden durch die Schaffung eines Rahmens für eine Vergleichsmethode zur Berechnung kostenoptimaler Niveaus von Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und Gebäudekomponenten (2012/C 115/01)

5.2 Diskussion der methodischen Gemeinsamkeiten und Unterschiede

In der vergleichenden Analyse zeigt sich, dass erhebliche methodische Unterschiede zwischen den einzelnen Studien bestehen, die einen unkommentierten Vergleich verunmöglichen. Es wird daher nachfolgend eine Diskussion der wesentlichen methodischen Gemeinsamkeiten und Unterschiede vorgenommen, auf denen aufbauend im Folgekapitel die vergleichende Analyse dargestellt wird.

5.2.1 Methodische Grundlagen der Kostenoptimalitäts-Berechnungen

Alle der untersuchten Kostenoptimalitätsberechnungen wurden veranlasst durch den dahingehenden Artikel 4 in der EPBD, der Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung), in dem das Niveau der Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz an den neu eingeführten Begriff einer „Kostenoptimalität“ gekoppelt wird:

*Artikel 4. Festlegung von Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz.
(1) Die Mitgliedstaaten ergreifen die erforderlichen Maßnahmen, um sicherzustellen, dass im Hinblick auf die Erreichung kostenoptimaler Niveaus Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden oder Gebäudeteilen festgelegt werden. Die Gesamtenergieeffizienz wird nach der in Artikel 3 genannten Methode berechnet. Die kostenoptimalen Niveaus werden nach dem in Artikel 5 genannten Rahmen für eine Vergleichsmethode berechnet, sobald dieser Rahmen verfügbar ist.*

RICHTLINIE
2010/31/EU

Der Rahmen für die Vergleichsmethode zur Berechnung der kostenoptimalen Niveaus der Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und Gebäudekomponenten wurde von der Kommission in der Delegierten Verordnung (EU) Nr. 244/2012 vom 16. Januar 2012 verabschiedet und wurde ebenfalls von der Kommission in den Leitlinien (2012/C 115/01) vom 19. April 2012 zu eben dieser delegierten Verordnung erläutert. Alle untersuchten Studien nehmen explizit oder implizit auf diese Verordnung und deren zugeordnete Leitlinien Bezug.

5.2.2 Festlegung der energetischen Bezugsgrößen

In den oben genannten Leitlinien (2012/C 115/01) wird als energetische Bezugsgröße der Kostenoptimalität eindeutig die Primärenergie festgelegt. Darüber hinaus wird festgelegt, dass (nur) der nichterneuerbare Teil der Primärenergie berücksichtigt wird, zu berechnen mit nationalen Umrechnungsfaktoren.

Für die Bewertung der Kostenoptimalität wird der nicht erneuerbare Teil der „Primärenergie“ berücksichtigt. (...) Die entsprechenden Primärenergie-Umrechnungsfaktoren sind unter Berücksichtigung des Anhangs II der Richtlinie 2006/32/EG (1) auf nationaler Ebene festzulegen.

Auf der Grundlage der Berechnung des Primärenergieverbrauchs (Schritt 3) und der

Leitlinien zur
delegierten
Verordnung
2012/C 115/01

Gesamtkosten (Schritt 4) unterschiedlicher Maßnahmen / Maßnahmenbündel / Varianten (Schritt 2), die für die definierten Referenzgebäude geprüft werden (Schritt 1), können für die einzelnen Referenzgebäude Diagramme gezeichnet werden, die den Primärenergieverbrauch (x-Achse: kWh Primärenergie/m² Nutzfläche/Jahr) und die Gesamtkosten (y-Achse: EUR/m² Nutzfläche) der verschiedenen Lösungen abbilden.

Diese Festlegung der nicht erneuerbaren Primärenergie als Bezugsgröße ist für die Anwendung in der österreichischen Rechtsumgebung problematisch, weil in dieser die Anforderungen an die Energieeffizienz über den Nutzwärmebedarf (HWB) und den Endenergiebedarf (f_{GEE}) definiert sind und nicht über den Primärenergiebedarf. Aktuelle Bestrebungen des OIB, immerhin eine zusätzliche Anforderung an den Primärenergiebedarf zu formulieren, sind gegenwärtig im Begriff zu scheitern.

Vor diesem Hintergrund bestehen auch Abweichungen der untersuchten Studien, von denen manche die Vorgabe der Leitlinie einhalten und die Kostenoptimalität auf die Primärenergie, allerdings im österreichischen Sinn auf die Gesamtprimärenergie, beziehen, während andere Studien die Kostenoptimalität auf die in Österreich gebräuchlichen HWB-Linien beziehen.

Auch die Festlegung der Nutzfläche als Bezugsgröße ist für Österreich untypisch, bedingt aber keine substantielle Veränderung des Ergebnisses des Niveaus der Kostenoptimalität.

Diese Abweichung zueinander stellt eine substantielle Schwächung der Vergleichbarkeit der untersuchten Studien dar.

5.2.3 Festlegung des Berechnungszeitraums

Gemäß der delegierten Verordnung (EU) Nr. 244/2012 der Kommission vom 16. Januar 2012 ist den Berechnungen der Kostenoptimalität ein Berechnungszeitraum von 30 Jahren für Wohngebäude und öffentliche Gebäude und ein Berechnungszeitraum von 20 Jahren für gewerbliche Gebäude/Nichtwohngebäude zugrunde zu legen. Kosten der Wiederbeschaffung innerhalb dieses Berechnungszeitraums sind ebenso zu berücksichtigen wie allfällige Restwerte nach Ablauf des Berechnungszeitraums.

Anhang 1, Kap. 4.2, Pkt. 8. Die Mitgliedstaaten legen einen Berechnungszeitraum von 30 Jahren für Wohngebäude und öffentliche Gebäude und einen Berechnungszeitraum von 20 Jahren für gewerbliche Gebäude/Nichtwohngebäude zugrunde.

Anhang 1, Kap. 4.2, Pkt. 9. Die Mitgliedstaaten sind aufgefordert, Anhang A zur Europäischen Norm 15459 in Bezug auf wirtschaftliche Daten für Gebäudekomponenten bei der Bestimmung der geschätzten wirtschaftlichen Lebensdauern für diese Gebäudekomponenten zu nutzen. Werden andere geschätzte wirtschaftliche Lebensdauern für Gebäudekomponenten festgelegt, so sollten diese der Kommission im Rahmen der Berichterstattung nach Artikel 6 mitgeteilt werden. Die Mitgliedstaaten legen die geschätzte wirtschaftliche Lebensdauer eines Gebäudes auf nationaler Ebene fest.

DELEGIERTE
VERORDNUNG
244/2012

Dieser Berechnungszeitraum wurde von den untersuchten Studien der Gruppe 2 eingehalten. Die Studien der Gruppe 3 beziehen sich auf teilweise abweichende Berechnungszeiträume.

Selbst innerhalb der Gruppe 2 mit einheitlich 30 Jahren Berechnungszeitraum ergeben sich aber Verzerrungen im Ergebnis aus der Tatsache, dass Kosten für Gebäudekomponenten, die keinen Einfluss auf die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes haben, bei der Ermittlung der Gesamtkosten weggelassen dürfen und auch in unterschiedlichem Maß werden.

Siehe folgendes Kapitel.

5.2.4 Festlegung des Kostenumfangs

Gemäß der delegierten Verordnung (EU) Nr. 244/2012 der Kommission vom 16. Januar 2012 ist zwar eine Berechnung der Gesamtkosten der einzelnen Maßnahmenbündel vorzunehmen, dürfen aber Kosten für Gebäudekomponenten, die keinen Einfluss auf die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes haben, bei der Ermittlung der Gesamtkosten weggelassen werden, was auch in den untersuchten Studien in unterschiedlichem Maß getan wurde. Auf diese Weise fließt etwa der Restwert einer langlebigen Konstruktion, wenn sie nicht relevant für die Variantenrechnungen des Energieverbrauchs ist, nicht in die Berechnung Kostenoptimalität ein.

Anhang 1, Kap. 4.2, Pkt. 5: Der Restwert wird ermittelt durch lineare Abschreibung der Anfangsinvestitions- oder Wiederbeschaffungskosten einer bestimmten Gebäudekomponente bis zum Ende des Berechnungszeitraums, abgezinst auf den Beginn des Berechnungszeitraums. Der Abschreibungszeitraum wird durch die wirtschaftliche Lebensdauer eines Gebäudes oder einer Gebäudekomponente bestimmt. Restwerte von Gebäudekomponenten müssen möglicherweise um die Kosten ihrer Entfernung aus dem Gebäude am Ende der geschätzten wirtschaftlichen Lebensdauer des Gebäudes berichtigt werden.

Anhang 1, Kap. 4.2, Pkt. 6: Entsorgungskosten sind ggf. abzuzinsen und können vom Endwert abgezogen werden. Sie müssen eventuell zunächst von der geschätzten wirtschaftlichen Lebensdauer auf das Ende des Berechnungszeitraums und dann in einem zweiten Schritt wieder auf den Beginn des Berechnungszeitraums abgezinst werden.

DELEGIERTE
VERORDNUNG
244/2012

5.2.5 Berücksichtigung von Energiebereitstellung aus erneuerbaren Quellen

In den oben genannten Leitlinien (2012/C 115/01) wird zur Berechnung der Gesamtenergieeffizienz festgelegt, dass Wärmeenergie aus erneuerbaren Quellen, die vor Ort erzeugt und genutzt wird, vom errechneten Netto- (Nutz-) Wärmebedarf abgezogen werden darf.

Es wird weiteres festgelegt, dass Strom aus erneuerbaren Quellen, der vor Ort erzeugt und genutzt wird, vom errechneten Stromverbrauch abgezogen werden darf.

Und es wird weiters festgelegt, dass das Primärenergieäquivalent der in den Markt exportierten Energie, die z. B. aus erneuerbaren Energieträgern oder durch Kraft-Wärme-Kopplung vor Ort erzeugt wurde), vom bis dahin errechneten Primärenergiebedarf abgezogen werden darf.

Diese Festlegungen stehen im krassen Widerspruch zur geltenden Normung der LCA, wo eindeutig festgelegt ist, dass derartige Effekte allenfalls im Modul D Berücksichtigung finden dürften.

5.3 Ergebnisse aus den spezifisch relevanten Studien

Nachfolgend vorgenommen wird ein knappes Exzerpt der wesentlichen Ergebnisse aus den jeweiligen Studien zur gegenständlich diskutierten Frage A - Niveaus des rechnerischen Kostenoptimums der Gesamtenergieeffizienz.

Zur Steigerung der Übersichtlichkeit wurden für die folgende Zusammenfassung stets beispielhafte Ergebnisse aus den jeweiligen Studien für die Gebäudekategorie „Kleines Mehrfamilienhaus“, mit ca. 10 Wohneinheiten herangezogen.

5.3.1 02_01 Kostenoptimalität, e7, 11_2012

- Die Studie bezieht sich vollständig auf die eingangs diskutierten EU-Regelwerke
- Es werden drei Referenzgebäude (MFH_groß, MFH_klein und EFH) abgebildet. Es wird kein Vergleich zwischen unterschiedlichen Konstruktionstypen vorgenommen. MFH_groß und MFH_klein werden als Betonkonstruktion mit WDVS, das EFH wird als Ziegel mit WDVS modelliert.
- Die Varianten des Wärmeschutzniveaus werden modelliert anhand der HWB-Linie im Sinne der OIB-RL 6. Mit den Varianten wird ein Bereich von HWB 16er-Linie bis HWB 8er-Linie abgedeckt, bei einer charakteristische Länge von 1,95m also $HWB = 4,1 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$ bis $HWB = 20 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$. Abweichend vom nationalen Plan des OIB wird aber der Effekt der Lüftungsanlage im HWB berücksichtigt.
- Sämtliche Berechnungen des Heizwärmebedarfs werden für das österreichische Referenzklima durchgeführt.
- Als energetische Bezugsgröße der Kosten wird in den Ergebnisdarstellungen der Endenergiebedarf gewählt.
- Der Berechnungszeitraum ist im Einklang mit der delgierten Verordnung mit 30 Jahren angesetzt.
- Die kalkulatorischen Nutzungszeiträume der einzelnen Komponenten werden nach eigener Einschätzung festgelegt und sind gut dokumentiert. Die Nutzungsdauer von Dämmstoff wird etwa mit 60 Jahren, jene von Fenstern mit 35 Jahren, jene von Heizverteilung mit 35 Jahren und jene von Heiz- und Lüftungszentralen mit 20 Jahren angesetzt.
- Die Kosten der einzelnen Komponenten und Prozesse werden aus eigenen Datenbeständen sowie in Einzelfällen aus externen Studien ermittelt. Es werden auch Kosten für Wartung und Instandhaltung berücksichtigt.
- Es werden nur die Kosten jener Komponenten angegeben, deren Variation die Gesamtenergieeffizienz direkt beeinflusst. Ersatz und Restewerte werden daher nur für diese Komponenten berücksichtigt. Nachdem keine unterschiedlichen Konstruktionstypen verglichen werden, werden die Rohbau- und Ausbauposten jenseits der Kosten von Wärmedämmung und Fenster nicht berücksichtigt.
- Über diese Festlegungen hinaus untersucht die Studie auch die Sensitivität des kostenoptimalen Niveaus auf Veränderungen von Randbedingungen wie Lebensdauern, Energiekosten oder Finanzierungskosten.

Die Ergebnisse der kostenoptimalen Niveaus werden dargestellt über dem Endenergiebedarf laut OIB RL 6, also inklusive Warmwasser, Haushaltsstrom und Hilfsenergie.

Nachfolgende Diagramme zeigen die so berechneten Kosten für das Referenzgebäude MFH_klein (10 Wohnungen, $l_c = 1,95 \text{ m}$) für einmal Pellets-Zentralheizung und einmal Gas-Zentralheizung.

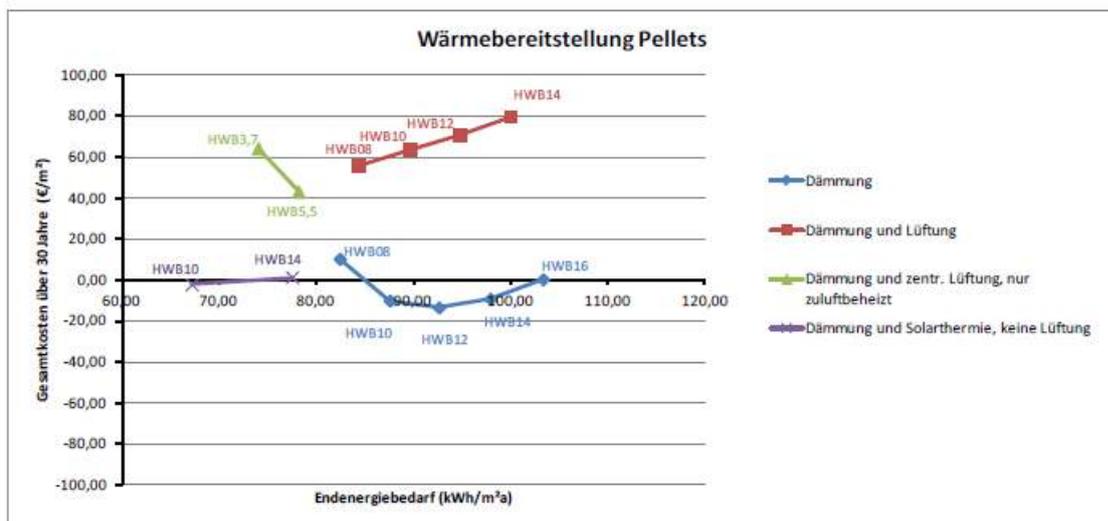


Abbildung 1: Berechnungsergebnisse für das pelletsversorgte Referenzgebäude MFH_klein – Darstellung der Differenzkosten im Vergleich zur Variante HWB-Linie 16 (Anforderungsniveau der gegenwärtigen Bauordnung), Quelle: e7

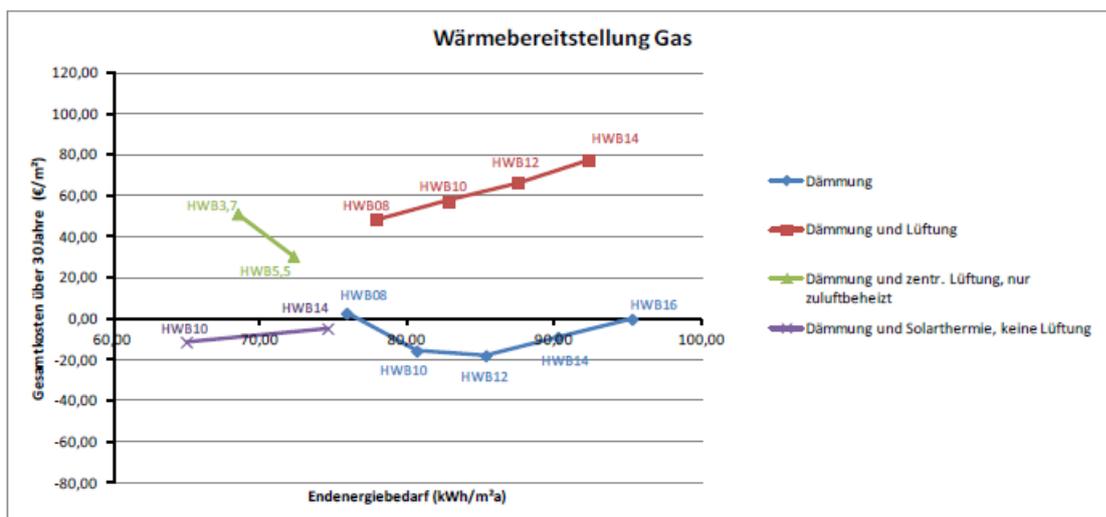


Abbildung 2: Berechnungsergebnisse für das gasversorgte Referenzgebäude MFH klein – Darstellung der Differenzkosten im Vergleich zur Variante HWB-Linie 16 (Anforderungsniveau der gegenwärtigen Bauordnung), Quelle: e7

- Nach dieser Studie ergibt sich (blaue Linie) also für das gasbeheizte MFH klein mit Fensterlüftung ein Kostenoptimum bei HWB 12er-Linie oder $\text{HWB} = 30 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$, mit Differenzkosten gegenüber einem Haus der Mindestanforderung von HWB 16er-Linie oder $\text{HWB} = 41 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$ innerhalb des Berechnungszeitraums von $-20 \text{ EUR/m}^2_{\text{BGFa}}$.
- Mit Lüftungsanlage (rote und grüne Linien) ergeben sich, abhängig vom Dämmstandard, gegenüber diesem Kostenoptimum um $+60,-$ bis $+100,-$ EUR höhere Kosten. Innerhalb der

Varianten mit Lüftungsanlage wird ein relatives Kostenoptimum bei HWB 8er-Linie oder bei reiner Zuluftheizung sogar bei einem um 12 kWh/m²a kleineren EEB und bei HWB 5,5er-Linie erreicht. Wobei bei dieser Kategorisierung der Effekt der Energieeinsparung durch die Wärmerückgewinnung in den HWB eingerechnet wird. Im Sinne des Nationalen Plans entspräche ein solches Gebäude der 10er-Linie.

- Mit Solaranlage für Warmwasserbereitung (violette Linie) von 2,5m² Kollektorfläche je Wohnung ergeben sich Differenzkosten gegenüber den Varianten gleicher HWB-Linie ohne Solaranlage von weniger als +10 EUR/m²_{BGF}, bei gleichzeitig um 25 kWh/m²_{BGF}a niedrigerem Endenergiebedarf.

Für das pelletsbeheizte MFH klein ergeben sich ähnliche Zusammenhänge.

5.3.2 02_02 Kostenoptimalität, energy agency, 12_2012

- Die Studie bezieht sich vollständig auf die eingangs diskutierten EU-Regelwerke.
- Es werden zwei Referenzgebäude (MWB und EFH) abgebildet. Zusätzlich werden drei Konstruktionstypen (Ziegelmassivbau, Holzleichtbau und Holzmassivbau) berücksichtigt.

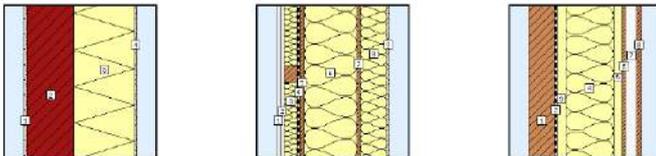


Abbildung 3: Ziegelmassivbauweise, Holzleichtbauweise, Holzmassivbauweise

- Die Varianten des Wärmeschutzniveaus werden modelliert anhand des HWB laut OIB-RL 6. Mit den Varianten wird ein Bereich von HWB = 35 kWh/m²_{BGF}a bis HWB = 15 kWh/m²_{BGF}a abgedeckt, bei einer charakteristische Länge von 2,47 m des MWB, also entsprechend etwa der HWB 16er-Linie bis sogar unter HWB 8er-Linie.
- Sämtliche Berechnungen des Heizwärmebedarfs werden für das österreichische Referenzklima durchgeführt.
- Als energetische Bezugsgröße der Kosten wird, im Einklang mit den Leitlinien (2012/C 115/01), der nicht erneuerbare Primärenergieverbrauch gewählt.
- Der Berechnungszeitraum ist mit 30 Jahren angesetzt.
- Es werden nur die Kosten jener Komponenten angegeben, deren Variation die Gesamtenergieeffizienz direkt beeinflusst. Ersatzkosten und Restwerte werden daher nur für diese Komponenten berücksichtigt. Da aber ein Vergleich von Konstruktionstypen vorgenommen wird, sind die Kosten für die Gebäudehüllenstruktur (oberste Geschoßdecke, Außenwände und Kellerdecke) in den Berechnungen enthalten. Welche Lebensdaueransätze für die Gebäudehüllenstruktur in Abhängigkeit vom Konstruktionstyp angesetzt wird, geht aus der Studie nicht hervor.
- Im Einklang mit der delegierten Verordnung (EU) Nr. 244/2012 werden zusätzlich zu den Kosten aus „finanzieller“ Perspektive, also inklusive Mehrwertsteuer aber exklusive externer Kosten, auch Kosten aus „makroökonomischer“ Perspektive angegeben, also exklusive Mehrwertsteuer aber inklusive externer Kosten wie insbesondere CO₂-Emissionskosten.

Die Ergebnisse der kostenoptimalen Niveaus werden dargestellt über dem gesamten Primärenergiebedarf, also inklusive Warmwasser, Haushaltsstrom und Hilfsenergie.

Nachfolgende Diagramme zeigen die so berechneten Kosten für das Referenzgebäude MWB (12 Wohnungen, $l_c = 2,47\text{ m}$) für einmal Ziegelbauweise (Ziegel+WDVS) und einmal Holzleichtbauweise.

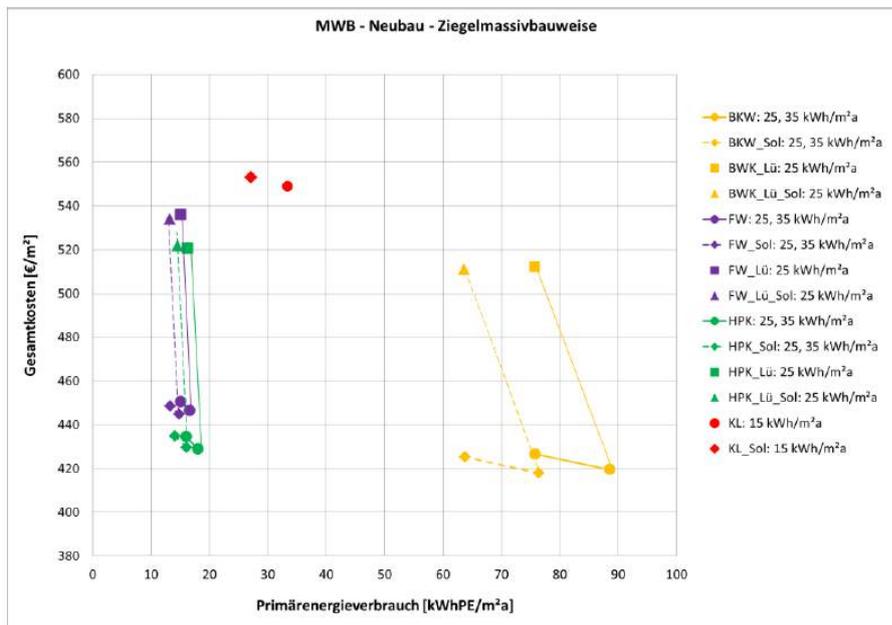


Abbildung 4: Ergebnisse aus finanzieller Persp.: MWB-Neubau in Ziegelbauweise (Quelle: ea)

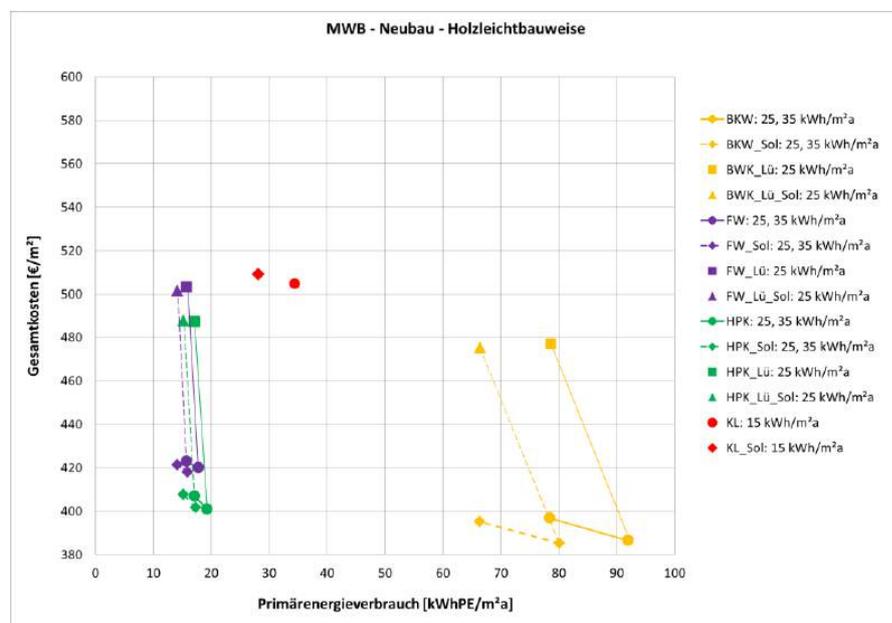


Abbildung 5: Ergebnisse aus finanz. Persp.: MWB-Neubau in Holzleichtbauweise (Quelle: ea)

- Nach dieser Studie ergeben sich (durchgezogene Linie zwischen runden Markierungen, im Diagramm immer bezogen auf den nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf) also für die untersuchten Konstellationen Kostenoptima im Bereich von HWB=35 kWh/m²a (16er-Linie).

- Es bestätigt sich wieder ein ausgeprägt flaches Kostenoptimum, mit Kostenunterschieden zwischen 16er- und <12er-Linie von 10,- EUR/m² und weniger.
- Der zusätzliche Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung in das Gebäude HWB=35 kWh/m²a bei gleichbleibender Wärmedämmung (durchgezogene Linie zur quadratischen oder dreieckigen Markierung) bewirkt eine Kostensteigerung um ca. 80,- EUR/m²_{BGF} bei Senkung des nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs um bis zu 12 kWh/m²_{BGF}a.
- Das Gebäude mit Lüftungsanlage, WRG und ausschließlich Luftheizung mittels Kompakt-WP-Aggregat (HWB = 15 kWh/m²_{BGF}a bzw. 12er-Linie im Sinne des Nationalen Plans), weist gegenüber den kostenoptimalen Varianten Mehrkosten von ca. 120,- EUR/m²_{BGF} auf, auch gegenüber solchen, die primärenergetisch besser sind.
- Mit Solaranlage für Warmwasserbereitung (unterbrochene Linien) von 2,0 m² Kollektorfläche je Wohnung ergeben sich, bei starker Abhängigkeit vom Hauptheizsystem, Differenzkosten gegenüber den Varianten mit gleichem HWB ohne Solaranlage von bis zu +20 EUR/m²_{BGF}, bei gleichzeitiger Senkung des Primärenergiebedarfs um bis 12 kWh/m²_{BGF}a.
- Im Kostenvergleich zwischen den drei Konstruktionstypen werden die in diesem Vergleich berücksichtigten Teilkosten der Ziegelbauweise um ca. 30,- bis 40,- EUR/m²_{BGF} höher angegeben als jene der Holzleichtbauweise; jene der Holzmassivbauweise etwa zwischen den beiden. Wie schon zuvor erwähnt, fehlen aber Angaben, ob und welche Restwerte der Hüllbauteile nach dem 30-jährigen Berechnungszeitraum angesetzt wurden.
- Im Kostenvergleich zwischen Kosten aus finanzieller Perspektive und Kosten aus makroökonomischer Perspektive sind letztere gegenüber ersteren um ca. 80,- bis 100,- EUR/m²_{BGF} niedriger. Es wirkt sich also der Wegfall der USt. stärker aus als die Einrechnung der externen Kosten.

5.3.3 02_03 Kostenoptimalität TU-Wien, Bednar, 2013

- Die Studie bezieht sich auf die eingangs diskutierten EU-Regelwerke
- Es werden drei Referenzgebäude abgebildet: EFH, MFH klein, MFH groß. Zusätzlich werden drei Konstruktionstypen abgebildet, die in der Studie wie folgt bezeichnet werden: „Monolithisch (Hochlochziegel)“, „WDVS mit EPS“, „Hinterlüftete Fassade“. Darüber hinaus sind die Bauweisen aber nicht dokumentiert.
- Die Modellierung der Varianten des Wärmeschutzniveaus ist nicht eindeutig angegeben. Die Variation scheint sich auf den Wärmeschutz der Fassade zu beschränken, jener des Daches und der untersten Geschoßdecke sind als konstant angenommen. Die Verglasungsqualität wird von 3-WSG auf 2-WSG variiert.
- Die Berechnungen des zu erwartenden Energieverbrauchs werden für Klimadaten aus Testreferenzjahr 2011 und 2050 durchgeführt.
- Als energetische Bezugsgröße der Kosten werden in Anlehnung an die Kennzahlen des Österr. Energieausweises alternativ der HWB, der f_{GEE} , der gesamte Primärenergieverbrauch und die CO₂-Emissionen gewählt.
- Der Berechnungszeitraum ist mit 30 Jahren angesetzt.
- Die kalkulatorischen Nutzungszeiträume der einzelnen Komponenten werden mit >30 Jahren angesetzt und somit wird für alle Maßnahmen eine Haltbarkeit ohne Erneuerung während des Berechnungszeitraums angesetzt.

- Die angesetzten Kosten für Energie und für die Dämmmaßnahmen werden angegeben. Eine Quelle für die getroffenen Festlegungen wird nicht angegeben.
- Es werden nur die Kosten jener Komponenten angegeben, deren Variation die Gesamtenergieeffizienz direkt beeinflusst. Zur Berücksichtigung von Restwerten finden sich keine Angaben.

Die Ergebnisse des kostenoptimalen Niveaus werden dargestellt über alternativ dem HWB, dem f_{GEE} , dem gesamte Primärenergiebedarf und den CO₂-Emissionen. Es werden stets nur die Differenzkosten, ansteigend von der Null-Linie des jeweiligen Kostenoptimums aufgetragen, womit ein Quervergleich der Kosten zwischen den einzelnen Varianten unmöglich ist. Es wird außerdem durch Farbcodierung angezeigt, welchen Punkt in der sich ergebenden Kurve die geltenden Wärmeschutzanforderungen markieren.

Nachfolgende Diagramme zeigen die so berechneten Kostenoptima für das Referenzgebäude MFH klein (6 Wohnungen, $l_c = 1,9$ m) für die monolithische Ziegelbauweise.

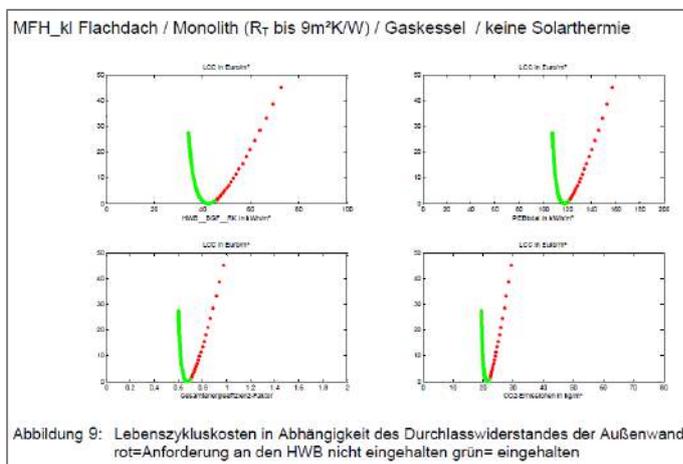


Abbildung 6: Lebenszykluskosten in Abh. des Durchlasswiderstandes der AW (Quelle: TU-Wien)

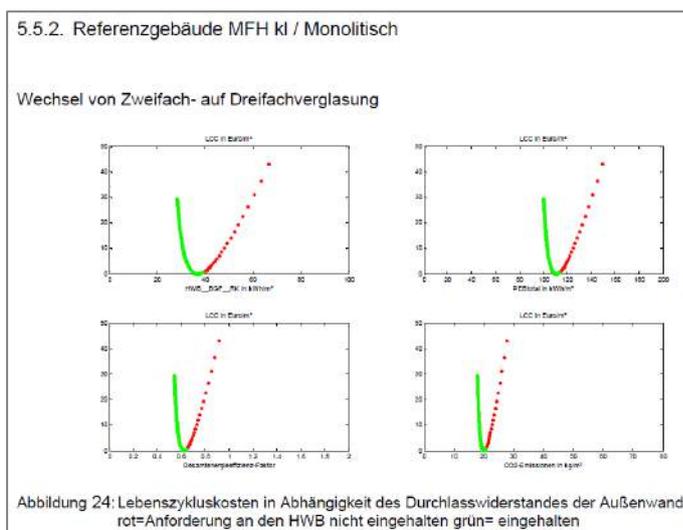


Abbildung 7: Lebenszykluskosten in Abh. des Durchlasswiderstandes der AW (Quelle: TU-Wien)

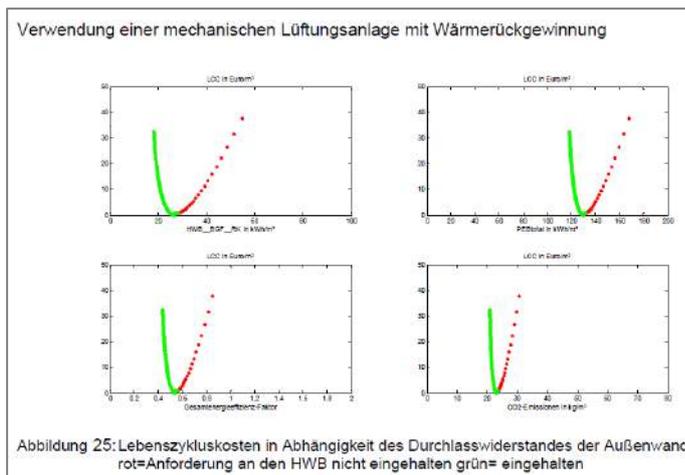


Abbildung 8: Lebenszykluskosten in Abh. des Durchlasswiderstandes der AW (Quelle: TU-Wien)

- Insgesamt vermittelt die Studie das Ergebnis, wonach für fast alle überprüften Konstellationen die derzeit gültigen Mindestanforderungen (OIB RL 6 2011) nahe am Kostenoptimum sind, mit moderatem Potential zur Verschärfung der Anforderungen.

5.3.4 02_04 Kostenoptimalität, OIB, 03_2014

- Die Studie bezieht sich vollständig auf die eingangs diskutierten EU-Regelwerke.
- Es werden vier Referenzgebäude abgebildet: EFH, MFH, GWB, DLG.
- Es werden, allein im Fall Wohnung-Neubau, sieben baukonstruktive Varianten berücksichtigt: Holzriegelbauweise, Massivholzbauweise, Stahlbetonbauweise mit VHF, Stahlbetonbauweise mit WDVS, Ziegelbauweise mit WDVS, Ziegelbauweise (monolithisch) inklusive Variationen bei den Fensterbauarten. Ihre Ergebnisse wurden nicht gesondert ausgewiesen, sondern gemittelt.
- Es werden, allein im Fall Wohnung-Neubau, kostenseitig 6 Haustechnik-Variationen berücksichtigt. Ihre Ergebnisse wurden nicht gesondert ausgewiesen, sondern gemittelt.
- Es werden zehn österreichische Klimastandorte abgebildet.
- Die Varianten des Wärmeschutzniveaus werden modelliert anhand der HWB-Linien im Sinne der OIB-RL 6 bzw. des Nationalen Plans. Mit den Varianten wird ein Bereich von HWB 26er-Linie bis HWB 8er-Linie abgedeckt.
- Als energetische Bezugsgröße der Kosten werden in Anlehnung an die Kennzahlen des Österr. Energieausweises alternativ der HWB, der f_{GEE} , der gesamte Primärenergieverbrauch und die CO₂-Emissionen gewählt.
- Der Berechnungszeitraum ist für Wohngebäude mit 30 Jahren, für Dienstleistungsgebäude mit 20 Jahren angesetzt
- Die Energiekosten werden aus Datenmaterial der Statistik Austria ermittelt. Die Baukosten wurden aus Erfahrungswerten von einschlägig bauschaffenden Personen und Institutionen erhoben.
- Es werden nur die Kosten jener Komponenten angegeben, deren Variation die Gesamtenergieeffizienz direkt beeinflusst. Ersatzkosten und Restewerte werden für diese Komponenten berücksichtigt.

- Im Einklang mit der delegierten Verordnung (EU) Nr. 244/2012 werden zusätzlich zu den Kosten aus „finanzieller“ Perspektive, also inklusive Mehrwertsteuer aber exklusive externer Kosten, auch Kosten aus „makroökonomischer“ Perspektive angegeben, also exklusive Mehrwertsteuer aber inklusive externer Kosten wie insbesondere CO₂-Emissionskosten.
- Die Studie zeichnet sich durch die Vielzahl der untersuchten Szenarien jedenfalls aus.

Die Ergebnisse der kostenoptimalen Niveaus werden, für den folgend dargestellten Fall Wohnung Neubau, in jeweils eigenen Diagrammen für jeden der zehn Standorte, und innerhalb jedes Diagramms als Kurvenschar für die 7 Stufen des Wärmeschutzes und für die 6 Gebäudegeometrien bei einer Mittelung aus 7 baukonstruktiven Varianten und 6 Haustechnik-Variationen angegeben. Mit farbigen Linien verbunden sind unterschiedlicher Gebäudegeometrie aber gleicher HWB-Linie. Es wurden Diagramme erstellt sowohl über dem HWB als auch über den CO₂-Emissionen und über dem PEB, womit herausgearbeitet wird, dass die als kostenoptimal ermittelten HWB-Linien im Mittelwert über die zahlreichen Varianten auch hinsichtlich PEB und CO₂ kostenoptimal sind.

Nachfolgende Diagramme zeigen die so berechneten Lebenszyklusteilkosten für den Standort Wien.

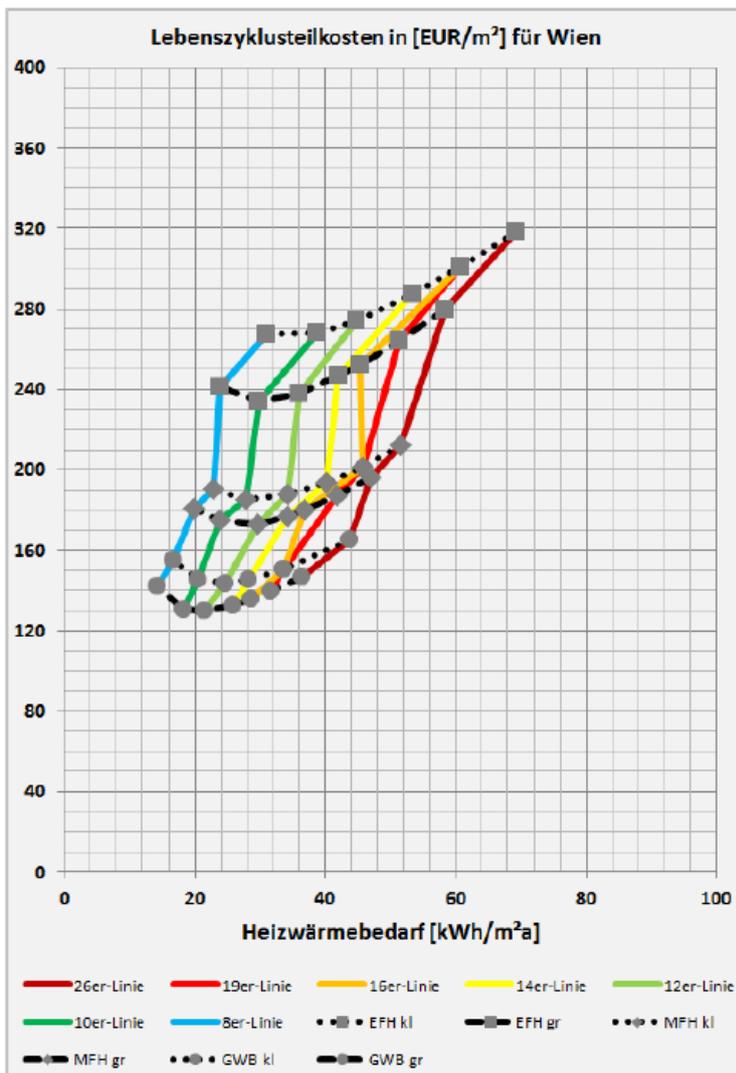


Abbildung 33: Lebenszyklusteilkosten für Wien über dem Heizwärmebedarf

Abbildung 9: Lebenszykluskosten für Wohnen Neubau für Wien über dem HWB, Quelle: OIB

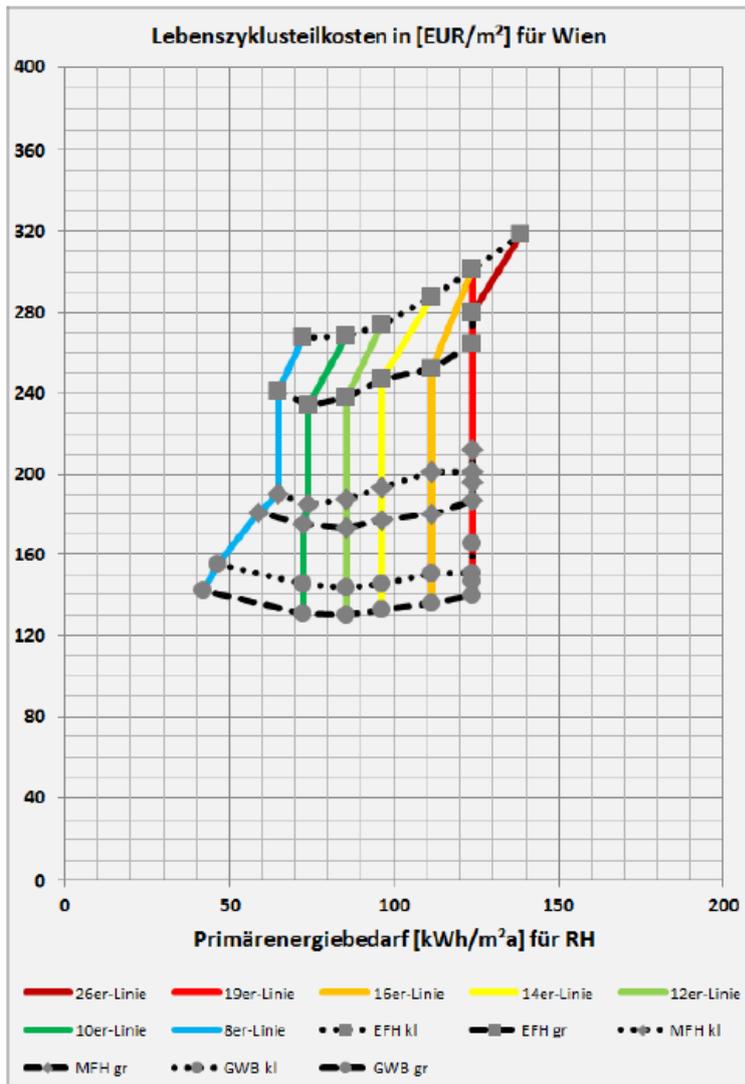


Abbildung 34: Lebenszyklusteilkosten für Wien über dem Primärenergiebedarf

Abbildung 10: Lebenszykluskosten für Wohnen Neubau für Wien über dem PEB, Quelle: OIB

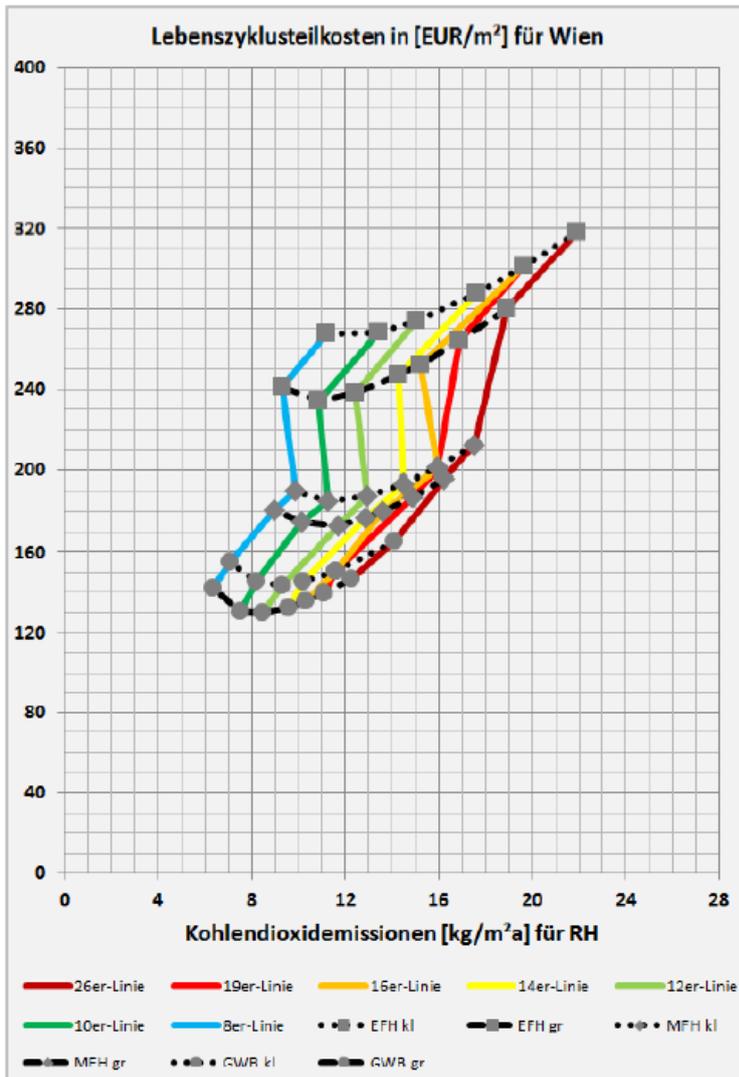


Abbildung 35: Lebenszyklusteilkosten für Wien über den Kohlendioxidemissionen

Abbildung 11: Lebenszykluskosten für Wohnen Neubau für Wien über den CO₂-Emissionen, Quelle: OIB

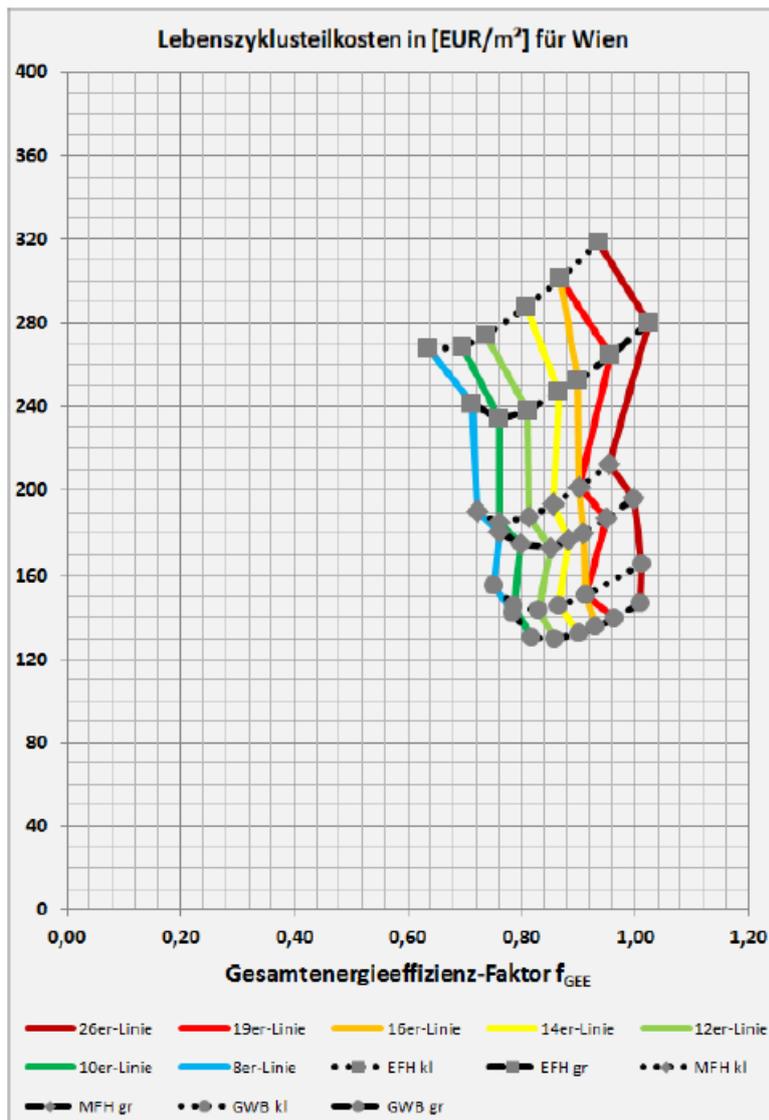


Abbildung 36: Lebenszyklusteilkosten für Wien über dem Gesamtenergieeffizienz-Faktor

Abbildung 12: Lebenszykluskosten für Wohnen Neubau für Wien über dem f_{GEE} , Quelle: OIB

Die Ergebnisse dieser äußerst umfangreichen Studie lassen sich zur Aussage verdichten, dass der vorgezeichnete Weg des Nationalen Plans zur Mindestanforderung der HWB 10er-Linie in allen Gebäudekategorien und an allen untersuchten Standorten als kostenoptimal bezeichnet werden kann.

5.3.5 02_08 Kostenopt. Anforderungsniveau f. Whgs.-neubauten in Vbg, e7+EIV, 2013

Diese Studie stellt in zeitlicher Folge den derzeitigen Endpunkt der österreichischen Untersuchungen zu kostenoptimalen Anforderungsniveaus dar. Sie nimmt auch bei der Wahl der eigenen Ansätze und auch der Dokumentation der Ergebnisse explizit auf die Vorgängerstudien Bezug. Und sie zeichnet sich generell durch eine sehr umsichtige und fundierte Wahl und Ermittlung der Randbedingungen und durch eine sehr gute Dokumentation aus.

- Die Studie bezieht sich vollständig auf die eingangs diskutierten EU-Regelwerke
- Es werden drei Referenzgebäude (MFH_groß, MFH_typisch und EFH) abgebildet. Es werden drei unterschiedliche Konstruktionstypen (Massivbau und Holzbau bzw. Mischbau für EFH und MFH_typisch, Massivbau für MFH_groß) in den Vergleich mit aufgenommen.
- Die Varianten des Wärmeschutzniveaus werden mit fünf Hüllqualitäten (U-Wert-Ensembles zwischen Mindestanforderungen OIB RL 6 (2011) und Passivhaus modelliert. Die Passivhausvarianten wurden zunächst mit PHPP-Berechnungen für jeden Gebäudetyp ermittelt und dann erst nach OIB abgebildet, woraus sich für diese Typen ein HWB nach OIB zwischen 4,1 und 10,2 kWh/m²_{EBFa} ergibt. Weiters werden die Lüftungsstrategie, das Wärmeversorgungssystem und die thermische Solaranlage für 60% Warmwasserdeckung variierend modelliert.
- Sämtliche Berechnungen des Heizwärmebedarfs werden für den Standort Bregenz durchgeführt.
- Als energetische Bezugsgröße der Kosten wird in den Ergebnisdarstellungen der Primärenergiebedarf gewählt.
- Der Berechnungszeitraum ist mit 30 Jahren angesetzt.
- Die kalkulatorischen Nutzungszeiträume der einzelnen Komponenten werden nach eigener Einschätzung detailliert festgelegt und werden vollständig dokumentiert. Die Nutzungsdauer von Wärmedämmung in WDVS wird etwa mit 40 Jahren, jene von Wärmedämmung in Holzkonstruktionen mit 60 Jahren angesetzt.
- Die Bauwerkskosten (ÖNORM 1801-1, KG 2, 3 und 4) der energierelevanten Bauteile und Komponenten werden aus regionalen Ausschreibungen ermittelt. Ergänzend werden Daten aus anderen Kostenerhebungen in Vorarlberg verwendet. Alle Kosten werden auf das Preisniveau 2013 indexangepasst. Nur für den Zweck der Ermittlung relativer Mehrkosten werden ergänzend auch die Gesamt-Bauwerkskosten aus aktuellen Vorarlberger Kostenstudien geschätzt.
- Es werden Anfangsinvestitionen, Ersatz und Restewerte der energierelevanten Bauteile und Komponenten, Planungskosten, Wartungs- und Instandhaltungskosten sowie Energiekosten berücksichtigt.

Den Ergebnissen der Wirtschaftlichkeitsanalysen vorangestellt werden detaillierte Analysen der Mehr- oder Minderkosten der Gebäudeerrichtung, aufgeschlüsselt nach Verursachern. Demzufolge ergeben sich etwa für das typische (kleine) Mehrfamilienhaus Mehrkosten der Passivhausvariante gegenüber der Variante nach Mindestanforderung OIB RL 6 2011 von knapp über 100 EUR/m²_{EBF} und beim Einfamilienhaus von knapp über 200 EUR/m²_{EBF}. Siehe die folgende Abbildung 13.

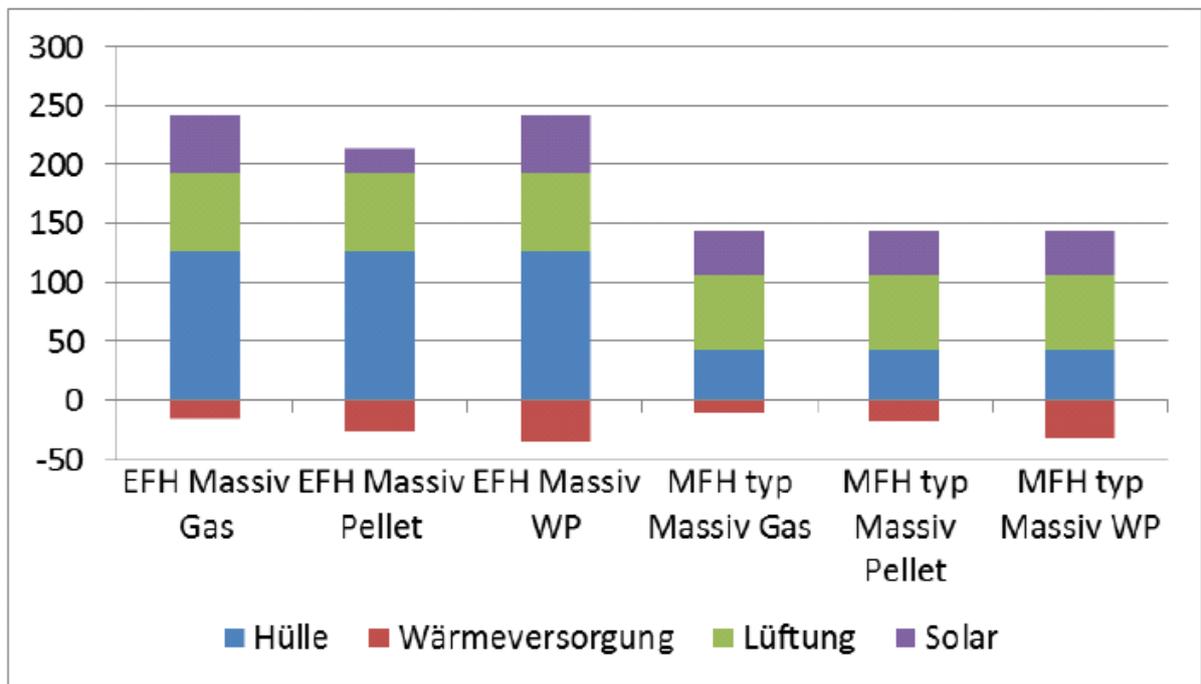


Abbildung 13: Zusammensetzung der Mehr- und Minderkosten der Passivhausvariante mit Solaranlage gegenüber der Variante mit Hülle nach Mindestanforderung OIB RL 6, ohne Solaranlage und mit gleichem Wärmeversorgungssystem [EUR/m²EBF]

Die Ergebnisse zur Wirtschaftlichkeit selbst, also zu den kostenoptimalen Niveaus, werden dargestellt über dem gesamten Primärenergiebedarf laut OIB RL 6, inklusive Warmwasser, Haushaltsstrom und Hilfsenergie.

Darüber hinaus werden exemplarisch für das EFH und das große MFH auch die Kostenoptima bezüglich des HWB dargestellt.

Nachfolgende Abbildungen zeigen diese beiden Ergebnisdarstellungen exemplarisch für das EFH massiv mit Wärmepumpenheizung.

Die Kürzel HÜ01 bis HÜ05 bezeichnen darin die Hüllqualitäten wie folgt:

HÜ01: OIB RL 6 (2011) für Wohnungsneubauten

HÜ02: BTV Vorarlberg 2013 für Wohnungsneubauten

HÜ03: mod. 13er Linie: $\text{HWB}_{\text{max}} = 13 \cdot (1 + 2,5 \cdot A/V)$; $\text{HWB}_{\text{max}} = 39 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$

HÜ04: mod. 10er Linie: $\text{HWB}_{\text{max}} = 10 \cdot (1 + 2,5 \cdot A/V)$; $\text{HWB}_{\text{max}} = 30 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$

HÜ05: U-Wert-Ensemble Passivhaus mit $\text{HWB} = 15 \text{ kWh/m}^2_{\text{EBFa}}$ gemäß Berechnung PHPP

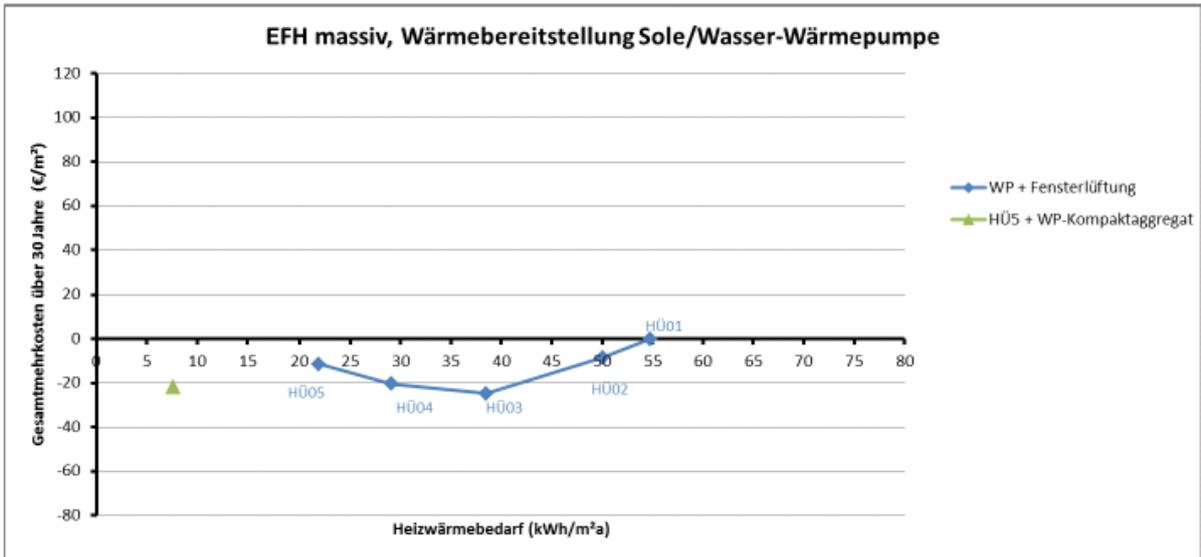


Abbildung 14: Kostenoptimum bezüglich des HWB für die Massivbauvariante des EFH mit WP

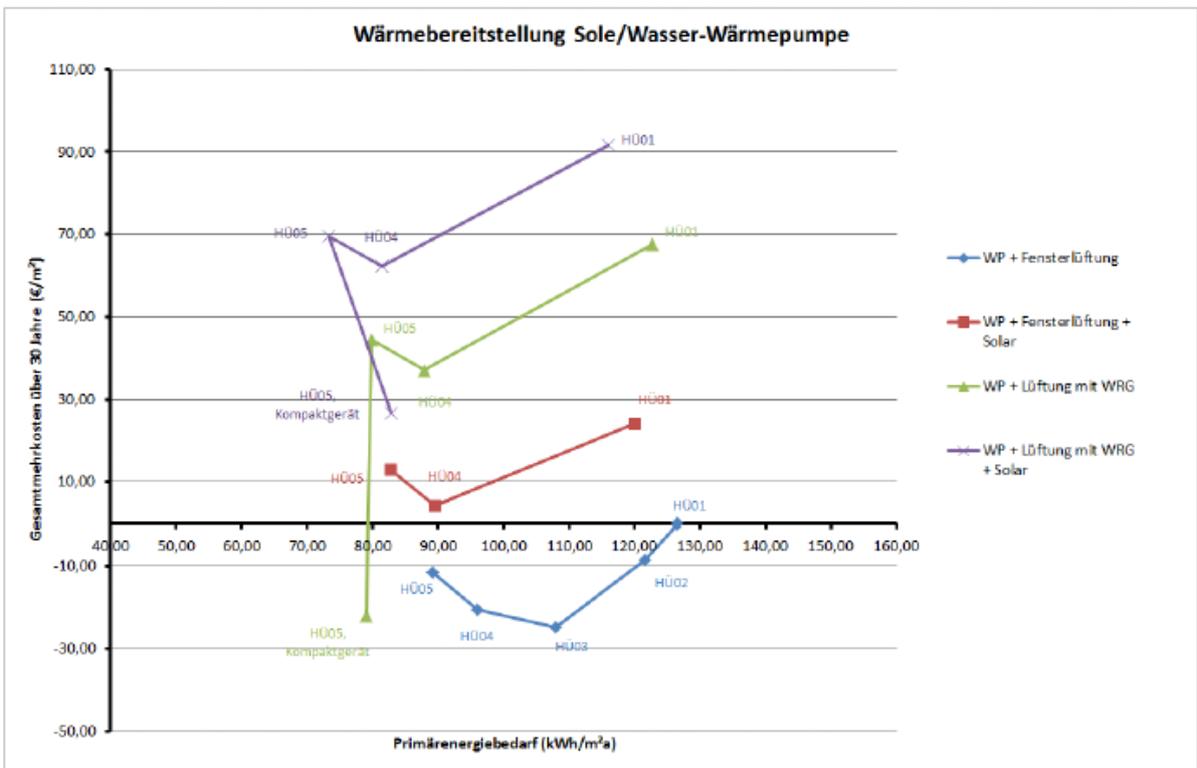


Abbildung 15: Kostenoptimum bezüglich des PEB für die Massivbauvariante des EFH mit WP

Das Kostenoptimum bezüglich des HWB liegt für die Variante mit Erdreich-Sole-WP bei Hüllqualität 3 mit etwa 38 kWh/m₂BGf.a.

Die Gebäudevariante in Hüllqualität 3 mit Fensterlüftung hat in 30 Jahren um 25 EUR/m²_{BGF} niedrigere Kosten als die Referenzvariante nach Mindestanforderungen OIB RL 6 (2011) mit einem HWB von 54,8 kWh/m²_{BGFa}.

Die Variante in Hüllqualität 5 (HÜ5 = Passivhaus ohne Komfortlüftung) hat einen Heizwärmebedarf von etwa 22 kWh/m²_{BGFa}. Die Gesamtkosten sind gegenüber dem Kostenoptimum leicht erhöht, liegen jedoch niedriger, als für die Referenzvariante nach Mindestanforderungen OIB RL 6 (2011).

Ein zweites Kostenoptimum ergibt sich für die Variante mit Hüllqualität 5 mit Lüftungsanlage und Wärmepumpen-Kompakttaggregat. Diese Variante hat einen Heizwärmebedarf von 7,6 kWh/m²_{BGFa} und ist in 30 Jahren um 22 EUR/m²_{BGF} günstiger, als die Referenzvariante nach OIB RL6 (2011) mit Erdreich-Sole-Wärmepumpe (siehe grünes Dreieck in der Abbildung).

Zusammenfassend kommt die Studie zum Schluss:

Die energetisch besten Varianten haben überschaubare Investitions-Mehrkosten.

Die Investitions-Mehrkosten der energetisch besten Varianten mit Solaranlage gegenüber den Varianten nach Mindestanforderungen OIB RL 6 (2011) und ohne Solaranlage liegen bei 8,8 bis 14,4% der Bauwerkskosten für das Einfamilienhaus und bei 6,2 bis 8,8% der Bauwerkskosten für die Mehrfamilienhäuser.

Das kostenoptimale Energieniveau liegt auch ohne Förderung nahe am Passivhausniveau.

5.3.6 03_01 Bauen 2020 - Gebäudesystemvergleich, DUK, 11_2012

Diese Studie der Donau-Universität Krems steht außerhalb des Kontextes der Kostenoptimalität im Sinne der EU Richtlinie zur Gesamtenergieeffizienz.

Die Studie zielt nicht auf die Berechnung der Kostenoptimalität von Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz im Sinne der EPBD, sondern hat, wie die nachfolgend diskutierte ACR-Studie, einen systematischen, ökologischen und ökonomischen Vergleich unterschiedlicher Gebäudekonzepte zum Gegenstand. Vor diesem Hintergrund bezieht sie sich nicht auf die eingangs diskutierten EU-Regelwerke zur Kostenoptimalität, sondern formuliert anlassbezogene Berechnungsgrundlagen.

Methodik

Es wird ein einziges Referenzgebäude in zwei Varianten abgebildet, in Form eines als charakteristisch anzusehenden EFH und Reihenmittelhauses.

Es wird dieses Gebäude in vier Bauweisen (Holzriegel mit Mineralwolle und alternativ mit Zellulosedämmung und Ziegel mit EPS oder alternativ monolithisch), in drei thermischen Qualitäten (TQ10 mit HWB = 10 kWh/m²_{BGFa} TQ 25 mit HWB = 25 kWh/m²_{BGFa}, TQ 45 mit HWB = 45 kWh/m²_{BGFa} und mit 8 Wärmebereitstellungssystemen (darunter auch teilsolare Raumheizung) definiert.

Und es werden für diese Konstellationen die folgenden Kennzahlen berechnet und vergleichend ausgewertet:

- Endenergiebedarf aus dem Gebäudebetrieb für Heizen, Warmwasserbereitung und Haushaltsstrom, inklusive der Hilfsenergie für Pumpen, Regelungstechnik und ähnlichem.

- Primärenergiebedarf nicht erneuerbar aus Errichtung und Betrieb.
- Treibhausgasemissionen aus Errichtung und Betrieb.
- Errichtungskosten und annuitätische Betriebskosten, letztere bestehend aus Energiekosten, Wartungs- und Instandhaltungskosten.

Ganz bewusst legt die Studie die Kosten und die Umweltfolgen der Gebäudeerrichtung nicht auf annuitätische Kosten um, nachdem die Frage eines differenzierten Lebensdaueransatzes zwischen Holzbau und Massivbau nicht fundiert entscheidbar erschien.

Die Endenergiebedarfsberechnungen erfolgen mittels der HWB-Berechnung nach OIB RL 6 und darauf aufbauend unter Heranziehung eigener, in der Studie dokumentierten Ansätzen zur Berücksichtigung der gebäudetechnischen Nutzungsgrade.

Die Berechnung der Umweltfolgen aus Errichtung erfolgt mit vereinfachten Ansätzen der Massenberechnung und Multiplikation der Massen mit Konversionsfaktoren, welche den Baustoffkatalogen von www.baubook.at entnommen sind, jene der Umweltfolgen aus Betrieb durch Multiplikation der Endenergiebedarfswerte mit den zugehörigen Konversionsfaktoren.

Die Ermittlung der Baukosten werden von je einem im Holzbau und im Massivbau einschlägig erfahrenen Professionisten auf Basis der Leitdetails vorgenommen. Die Kosten für Außenwände, Fenster, Decken, Dach und Keller werden detailliert auf Basis realer Einheitspreise kalkuliert. Die so ermittelten Kosten werden geliedert nach:

- Kosten des Energiebezugs für Raumheizung, Warmwasser, Haushaltsstrom und für Strom zum Betrieb der gebäudetechnischen Anlagen.
- Kosten aus der Wartung und Reparatur der gebäudetechnischen Systemkomponenten.
- Kosten für die Herstellung und Anschaffung der gebäudetechnischen Systemkomponenten, ausgedrückt als jährliche Kosten, gemittelt über die kalkulatorische Nutzungsdauer der Anlagenkomponenten.
- Kosten für den bewerteten Raumbedarf der gebäudetechnischen Komponenten.

Alle Eingangsparameter der Studie sind vollständig dokumentiert.

Ergebnisse Errichtungskosten

Die untersuchten Gebäude erreichen mit den angewandten Kostenansätzen Errichtungskosten von EUR 242.000,- bis EUR 297.000,-.

Hinsichtlich der Veränderung der Errichtungskosten mit steigender thermischer Qualität werden folgende Ergebnisse dokumentiert:

Der Schritt von TQ₄₅ nach TQ₂₅ verursacht in der Gebäudeerrichtung Mehrkosten von EUR 3.000,- bis EUR 9.000,- bzw. von 1% bis 3%. Bei einem weiteren Verbesserungsschritt von TQ₂₅ auf TQ₁₀ ergibt sich eine Erhöhung der Errichtungskosten von absolut EUR 13.000,- bis EUR 24.000,- und relativ von 6% bis 9%. Diese Mehrkosten ergeben sich ohne Berücksichtigung der Lüftungsanlage, die ab der thermischen Qualität TQ₂₅ berücksichtigt ist, die aber nicht in den Errichtungskosten aufscheint, sondern den annuitätischen Kosten des Gebäudebetriebs zugerechnet wird. Vor diesem Hintergrund ist die geringe Steigerung der Errichtungskosten zwischen TQ₄₅ und TQ₂₅ zu verstehen.

Der Kostenvergleich zwischen Massivbau und Holzbau wird in der Studie ebenfalls dokumentiert. Er ist Gegenstand des Kapitels 8 der vorliegenden Metastudie. Siehe ebendort.

Ergebnisse Umweltfolgen aus der Gebäudeerrichtung

Errechnet werden der Primärenergiebedarf (PEI) und die Treibhausgasemissionen (Global Warming Potential, GWP) der Gebäudeerrichtung. In die Rechnung gehen alle Bauteile der thermischen Gebäudehülle, inklusive Keller und Decken, ein. Zwischenwände wurden mit einem Aufschlag von 10% auf die errechneten Summen ergänzt. Umweltfolgen aus der Herstellung gebäudetechnischer Systemkomponenten werden den Umweltfolgen des Gebäudebetriebs zugerechnet.

Nachfolgende Abbildung 15 zeigt die Ergebnisse der CO₂-Emissionen der Errichtung exemplarisch für Ziegel monolithisch und Holzleichtbau mit mineralischer Dämmung, inklusive Keller, dessen Anteil an den gesamten CO₂-Emissionen beim Massivbau mit ca. 37% und beim Holzbau fast 50% beträgt.

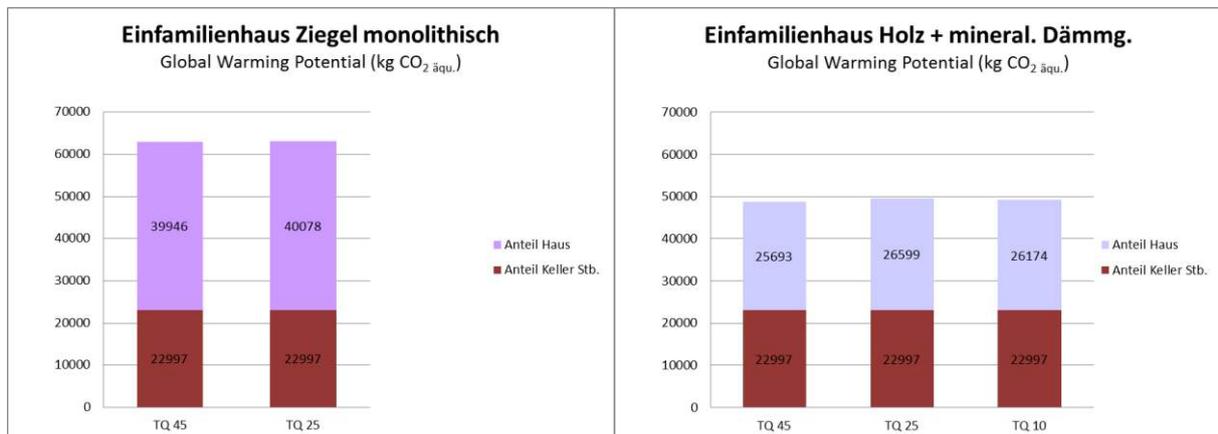


Abbildung 16: Vergleich der Treibhausgasemissionen der Errichtung

Ergebnisse Kosten des Gebäudebetriebs

Die Ergebnisse der Kosten des Gebäudebetriebs werden als Säulendiagramme für jedes haustechnische System dargestellt. Nachfolgend exemplarisch die Ergebnisdarstellung für die Wärmebereitstellung mit Sole WP und solarer Warmwasserbereitung. Der markante Kostensprung zwischen TQ₄₅ und TQ₂₅ entsteht aufgrund der in diesem Schritt eingeführten, und mit EUR 14.000,- Investitionskosten bewerteten Lüftungsanlage.

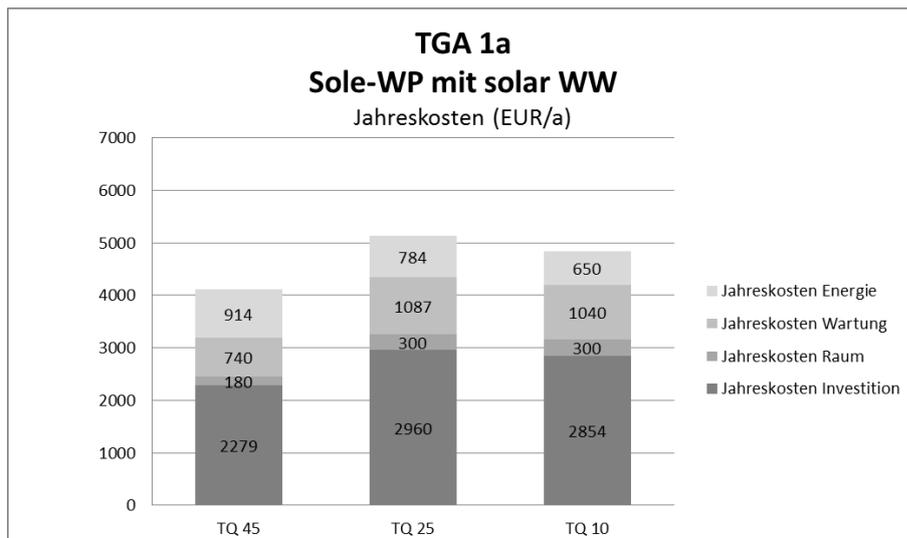


Abbildung 17: Jahreskosten des gebäudetechnischen Systems Sole WP mit solarer WWB

Ergebnisse Umweltbelastungen des Gebäudebetriebs

Die Ergebnisse der Umweltbelastungen des Gebäudebetriebs werden ebenso als Säulendiagramme für jedes haustechnische System dargestellt. Nachfolgend exemplarisch die Ergebnisdarstellung für die Wärmebereitstellung mit Sole WP und solarer Warmwasserbereitung. Erkennbar ist zwischen TQ45 und TQ25 das Ansteigen der Umweltfolgen von Hilfsstrom, worin sich der Antriebsstrom der Lüftungsanlage abbildet, was aber insgesamt von der Energieeinsparung mehr als wettgemacht wird.

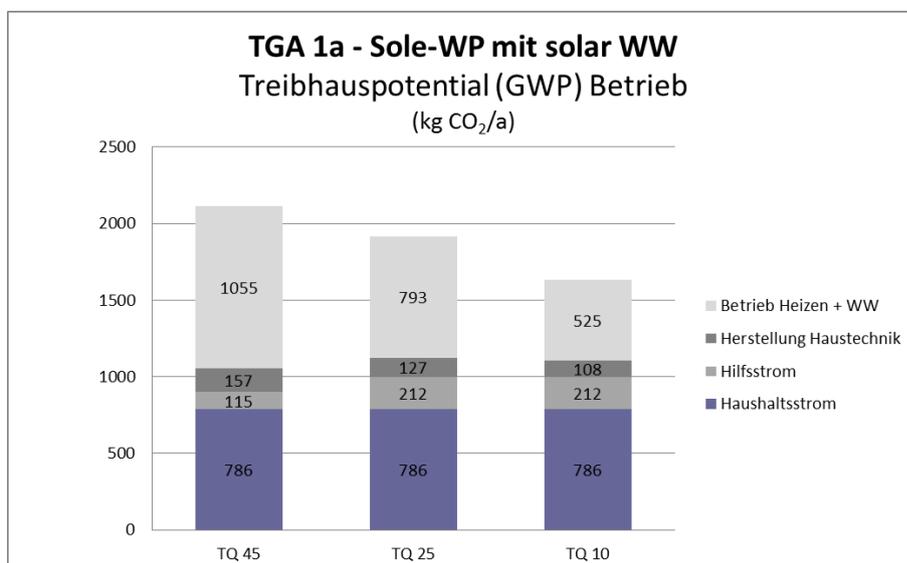


Abbildung 18: CO₂-Emissionen Gebäudebetriebs des Systems Sole WP mit solarer WWB

Insgesamt dokumentiert postuliert diese Studie, mit konservativen Kostenansätzen, die finanzielle Unwirtschaftlichkeit des Einbaus einer Lüftungsanlage und der weiteren Verbesserung des Wärmeschutzniveaus von 25 nach 10 kWh/m²_{BGFA}. Nicht untersucht wurde die Wirtschaftlichkeit verbesserten Wärmeschutzes ohne Lüftungsanlage. Und bestätigt wurde auch hier wieder das

„flache Kostenoptimum“, also die Möglichkeit, mit vertretbaren Mehrkosten einen wesentlichen Effekt in der Minimierung von Energiebedarf und Umweltbelastung erzielen zu können. Die teuerste und die billigste Lösung bewegen sich auf 30 Jahre betrachtet in einer Bandbreite von $\pm 10\%$ um den Mittelwert. Dieses Ergebnis wird auch von der folgend diskutierten ACR Studie sinngemäß bestätigt.

5.3.7 03_07 Innovative Gebäudekonzepte im Vergleich, ACR, 2014

- Die Studie zielt nicht auf die Berechnung der Kostenoptimalität von Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz im Sinne der EPBD, sondern hat einen systematischen, ökologischen und ökonomischen Vergleich innovativer Gebäudekonzepte zum Gegenstand. Vor diesem Hintergrund bezieht sie sich nicht auf die eingangs diskutierten EU-Regelwerke zur Kostenoptimalität, sondern formuliert anlassbezogene Berechnungsgrundlagen.
- Es wird ein einziges Referenzgebäude abgebildet, in Form eines als charakteristisch anzusehenden EFH.
- Es wird dieses Gebäude in acht Baustoffvarianten und in sechs Gebäudekonzepten, bestehend aus Kombinationen von Energiestandards und Haustechniksystemen. Alle dieser sich somit ergebenden Gebäudevarianten verdienen die Bezeichnung des innovativen, im Sinne von Ökologie und Komfort hochwertigen, Gebäudestandards.
- Es wird die Energiebilanz am österreichischen Referenzstandort berechnet.
- Die Varianten des Energiestandards betragen ca. $\text{HWB} = 40 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$ für das Niedrigenergiehauses in zwei Varianten und das Sonnenhaus, sowie ca. $10 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$ für das Passivhaus in zwei Varianten und das Plusenergiehaus.
- Die Ermittlung der Umweltfolgen über den Lebenszyklus der Gebäude (LCA) wird nach ÖNORM EN 15978 „Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode“ vorgenommen. Es wird ein Berechnungszeitraum von 100 Jahren gewählt. Berücksichtigt werden Modul A Herstellungsphase vollständig, aus Modul B Nutzungsphase die Phasen B₄ Austausch und B₆ Energieverbrauch im Betrieb sowie aus Modul C Phase am Ende des Lebenszyklus die Phasen C₂ Transport, C₃ Abfallverwertung und C₄ Entsorgung. Aspekte aus Modul D Vorteile und Belastungen außerhalb der Systemgrenzen wurde exemplarisch erörtert, aber normgerecht korrekt nicht in die Bilanzen aufgenommen. Siehe dazu umfangreiche Erörterungen im Kapitel 7.
- Die Ermittlung der Gesamtkosten über den Lebenszyklus (LCC) wird in Anlehnung an die ÖNORM EN 15643-4 Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden - Teil 4: Rahmenbedingungen für die Bewertung der ökonomischen Qualität vorgenommen. Es wird ein Berechnungszeitraum von 50 Jahren gewählt. Berücksichtigt werden die vollständigen Bauwerkskosten, also die Kostengruppen 2 bis 4 laut ÖNORM B 1801-1 Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 1: Objekterrichtung.
- Die Kostenermittlungen erfolgen auf der Ebene von vollständigen Leistungsverzeichnissen, die von einem großen österreichischen Bauunternehmen ausgepreist wurden, unter Berücksichtigung branchenüblicher Nachlässe und Zusatzkosten. Ersatz und Restwerte werden berücksichtigt.

Die Ergebnisse der Ermittlung der Umweltfolgen über den Lebenszyklus der Gebäude (LCA) werden dargestellt in Form der Absolutwerte von AP – Versauerungspotential von Boden und Wasser, EP – Eutrophierungspotential, GWP - Globales Erwärmungspotential, ODP - Abbaupotential der stratosphärischen Ozonschicht, POCP - Bildungspotential für troposphärisches Ozon, CED complete - Primärenergiebedarf erneuerbar und nicht erneuerbar, CED non ren – Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, CED ren - Primärenergiebedarf erneuerbar.

Die Ergebnisse der Ermittlung der Gesamtkosten über den Lebenszyklus (LCC) werden dargestellt als die Bauwerkskosten, also die Kostengruppen 2 bis 4, laut ÖNORM B 1801-1 bezogen auf die Nutzfläche.

In den nachfolgenden Diagrammen dargestellt sind zusammenfassende Ergebnisdarstellungen von erstens der Ermittlung der Umweltfolgen über den Lebenszyklus der Gebäude LCA und von zweitens der Ermittlung der Gesamtkosten über den Lebenszyklus LCC, angeführt von einer tabellarischen Zusammenstellung aller untersuchten Varianten mit der Nomenklatur ihrer Bezeichnung.

Variante	Struktur	Kurzbez.	Bauweise	HT-Var.
	1.		Ziegelbauweise	
	1.1.		Niedrigenergiehaus (NEH)	
1	1.1.1.	Z-N-W-P	Ziegel + WDVS + Pelletsheizung	NEH2
2	1.1.2.	Z-N-W-W	Ziegel + WDVS + Wärmepumpe	NEH1
3	1.1.3.	Z-N-1-P	Ziegel einschalig + Pelletsheizung	NEH2
4	1.1.4.	Z-N-1-W	Ziegel einschalig + Wärmepumpe	NEH1
	1.2.		Sonnenhaus (SH)	
5	1.2.1.	Z-S-W-E	Ziegel + WDVS + Einzelofen	SH
6	1.2.2.	Z-S-1-E	Ziegel einschalig + Einzelofen	SH
	1.3.		Passivhaus (PH)	
7	1.3.1.	Z-P-W-P	Ziegel + WDVS + Pelletsheizung	PH2
8	1.3.2.	Z-P-W-W	Ziegel + WDVS + Wärmepumpe	PH1
9	1.3.3.	Z-P-1-P	Ziegel einschalig + Pelletsheizung	PH2
10	1.3.4.	Z-P-1-W	Ziegel einschalig + Wärmepumpe	PH1
	1.4.		Plusenergiehaus (PEH)	
11	1.4.1.	Z-E-W-W	Ziegel + WDVS + Wärmepumpe	PEH
12	1.4.2.	Z-E-1-W	Ziegel einschalig + Wärmepumpe	PEH
	2.		Betonbauweise	
	2.1.		Niedrigenergiehaus (NEH)	
13	2.1.1.	B-N-W-P	Beton + WDVS + Pelletsheizung	NEH2
14	2.1.2.	B-N-W-W	Beton + WDVS + Wärmepumpe	NEH1
	2.2.		Sonnenhaus (SH)	
15	2.2.1.	B-S-W-E	Beton + WDVS + Einzelofen	SH
	2.3.		Passivhaus (PH)	
16	2.3.1.	B-P-W-P	Beton + WDVS + Pelletsheizung	PH2
17	2.3.2.	B-P-W-W	Beton + WDVS + Wärmepumpe	PH1
	2.4.		Plusenergiehaus (PEH)	
18	2.4.1.	B-E-W-W	Beton + WDVS + Wärmepumpe	PEH
	3.		Holzspanbeton	
	3.1.		Niedrigenergiehaus (NEH)	
19	3.1.1.	S-S-H-E	Holzspanbeton + WDVS Holzfaser + Pelletsheizung	NEH2
20	3.1.2.	S-S-W-E	Holzspanbeton + WDVS Holzfaser + Wärmepumpe	NEH1
21	3.1.3.	S-S-0-E	Holzspanbeton + WDVS EPS + Pelletsheizung	NEH2
22	3.1.4.	S-S-H-E	Holzspanbeton + WDVS EPS + Wärmepumpe	NEH1
23	3.1.5.	S-S-W-E	Holzspanbeton + Pelletsheizung	NEH2
24	3.1.6.	S-S-0-E	Holzspanbeton + Wärmepumpe	NEH1
	3.2.		Sonnenhaus (SH)	
25	3.2.1.	S-S-H-E	Holzspanbeton + WDVS Holzfaser + Einzelofen	SH
26	3.2.2.	S-S-W-E	Holzspanbeton + WDVS EPS + Einzelofen	SH
27	3.2.3.	S-S-0-E	Holzspanbeton + Einzelofen	SH
	3.3.		Passivhaus (PH)	
28	3.3.1.	S-P-W-P	Holzspanbeton + WDVS 26cm EPS + Pelletsheizung	PH2
29	3.3.2.	S-P-W-W	Holzspanbeton + WDVS 26cm EPS + Wärmepumpe	PH1
30	3.3.3.	S-P-11-P	Holzspanbeton + WDVS 11cm EPS + Pelletsheizung	PH2
31	3.3.4.	S-P-11-W	Holzspanbeton + WDVS 11cm EPS + Wärmepumpe	PH1
	3.4.		Plusenergiehaus (PEH)	
32	3.4.1.	S-E-W-W	Holzspanbeton + WDVS 26cm EPS + Wärmepumpe	PEH
33	3.4.2.	S-E-11-W	Holzspanbeton + WDVS 11cm EPS + Wärmepumpe	PEH
	4.		Holz	
	4.1.		Niedrigenergiehaus (NEH)	
34	4.1.1.	H-N-Z-P	Massivholz + Zellulosedämmung + Pelletsheizung *	NEH2
35	4.1.2.	H-N-Z-W	Massivholz + Zellulosedämmung + Wärmepumpe *	NEH1
36	4.1.3.	H-N-M-P	Massivholz + Mineralwolle + Pelletsheizung	NEH2
37	4.1.4.	H-N-M-W	Massivholz + Mineralwolle + Wärmepumpe	NEH1
38	4.1.5.	H-N-Z-P	Holzsteher + Zellulosedämmung + Pelletsheizung *	NEH2
39	4.1.6.	H-N-Z-W	Holzsteher + Zellulosedämmung + Wärmepumpe *	NEH1
40	4.1.7.	H-N-M-P	Holzsteher + Mineralwolle + Pelletsheizung	NEH2
41	4.1.8.	H-N-M-W	Holzsteher + Mineralwolle + Wärmepumpe	NEH1
	4.2.		Sonnenhaus (SH)	
42	4.2.2.	H-S-M-E	Massivholz + Mineralwolle + Einzelofen	SH
43	4.2.4.	H-S-M-E	Holzsteher + Mineralwolle + Einzelofen	SH
	4.3.		Passivhaus (PH)	
44	4.3.1.	H-P-M-P	Massivholz + Mineralwolle + Pelletsheizung	PH2
45	4.3.2.	H-P-M-W	Massivholz + Mineralwolle + Wärmepumpe	PH1
46	4.3.3.	H-P-M-P	Holzsteher + Mineralwolle + Pelletsheizung	PH2
47	4.3.4.	H-P-M-W	Holzsteher + Mineralwolle + Wärmepumpe	PH1
	4.4.		Plusenergiehaus (PEH)	
48	4.4.1.	H-E-M-0	Massivholz + Mineralwollämmung + Wärmepumpe	PEH
49	4.4.2.	H-E-M-0	Holzsteher + Mineralwollämmung + Wärmepumpe	PEH

Tabelle 1: Übersicht über die untersuchten Varianten, Quelle: ACR

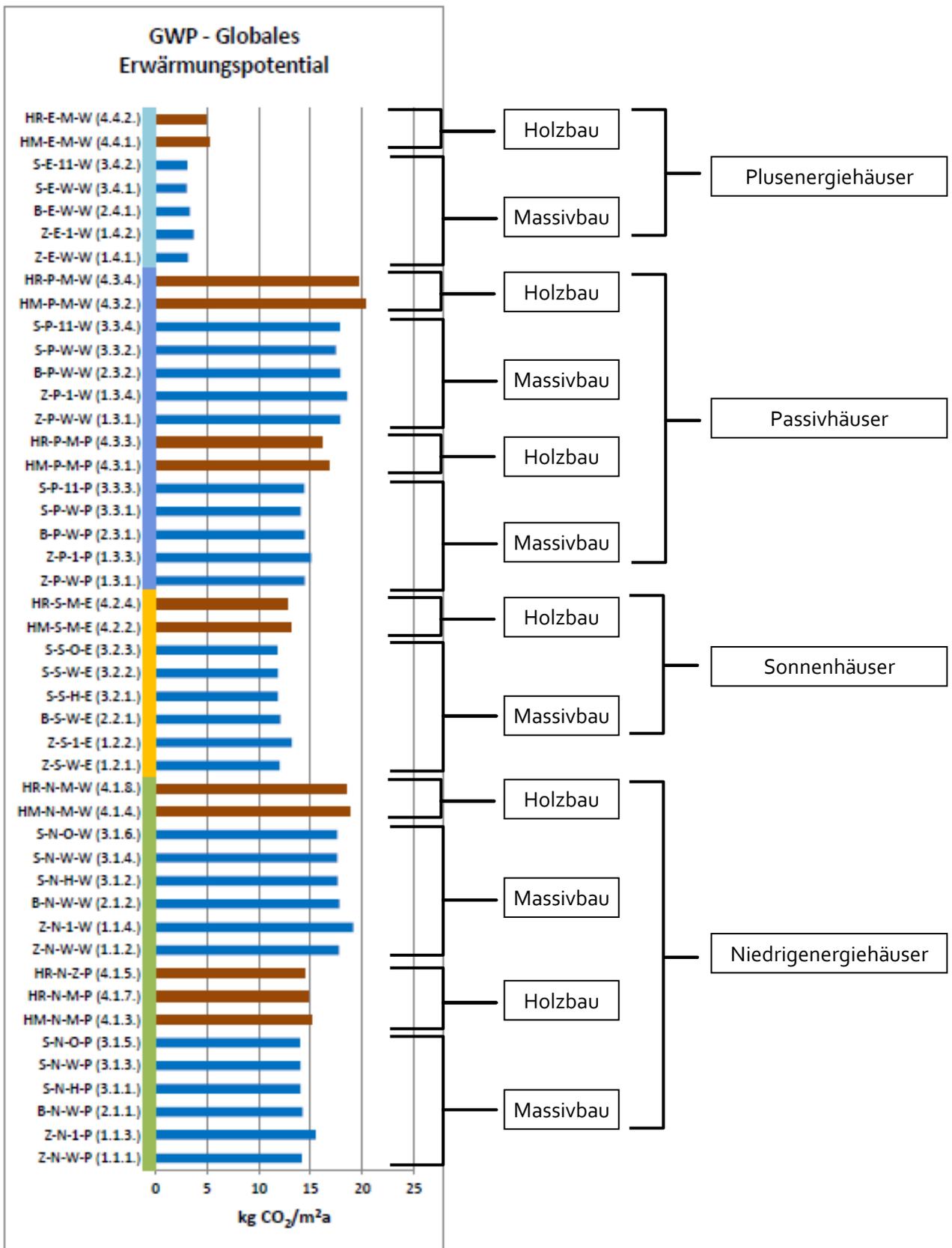


Abbildung 19: Vergleich des Treibhauspotentials aller Gesamtgebäudevarianten, Bilanzierungszeitraum 100 Jahre, Quelle: ACR

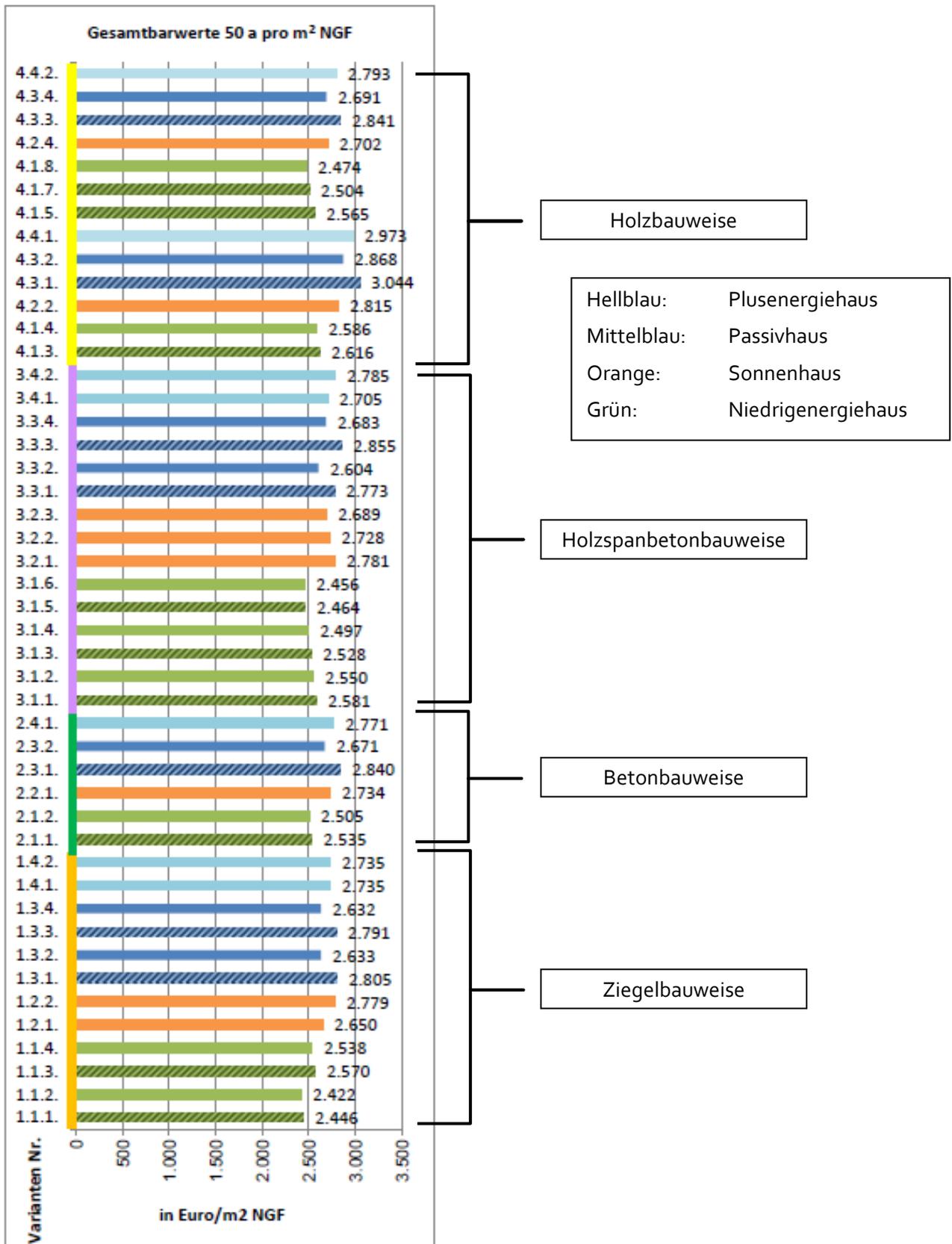


Abbildung 20: Gegenüberstellung der Gesamtbarwerte in Euro pro m² Nettogeschosßfläche, Bilanzierungszeitraum 50 Jahre, Quelle: ACR

Bezüglich der Frage des gegenständlichen Kapitels, nämlich der Kostenoptimalität oder der Kostenrelevanz von Niveaus der Gesamtenergieeffizienz liefert die Studie ein bemerkenswertes Ergebnis:

1. Die Gesamtbarwerte aller untersuchten Gebäudevarianten aus Errichtung und Betrieb, letztere inklusive Energiekosten, Wartung, Reparatur und Ersatz, über den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren, erreichen einen Mittelwert von 2.673,- EUR/m²_{NGF}, bei einer Bandbreite $\pm 14\%$ oder ± 371 EUR/m²_{NGF} um den Mittelwert..
2. Die Gruppe der Niedrigenergiehäuser wird mit einem Mittelwert von 2.520 EUR/m²_{NGF} über alle Baustoffkategorien und Wärmeerzeuger als der kostengünstigste Energiestandard ausgewiesen. Die Gruppe der Sonnenhäuser wird mit einem Mittelwert der Gesamtbarwerte von 2.735 EUR/m²_{NGF}, jene der Passivhäuser mit 2.767,- EUR/m²_{NGF} und jene der Plusenergiehäuser mit 2.785,- EUR/m²_{NGF} dokumentiert. Siehe Abbildung 20.
3. Diese Schlussfolgerungen hinsichtlich der Kosten werden flankiert von den Ergebnissen der LCA, welche zeigen, dass auch hinsichtlich der klimaschädigenden Emissionen kein Unterschied in den Ergebnissen zwischen etwa der Gruppe der Niedrigenergiehäuser und der Passivhäuser festzustellen ist. Die CO₂-Emissionen der Gruppe der Sonnenhäuser liegen hingegen im Mittel unter sowohl den Mittelwerten der Niedrigenergiehäuser als auch der Passivhäuser. Übertroffen wird dieses Ergebnis nur von der Gruppe der Plusenergiehäuser, wobei die hier angewandte Bilanzmethode der Substitution von Umweltbelastungen durch exportierte erneuerbare Energie, ebenso wie auch in den von der EU vorgegebenen Methoden zur Berechnung der Kostenoptimalität, im Widerspruch zur Normung der Ökobilanzierung steht, da produzierte Energieüberschüsse jedenfalls im Modul D zu bilanzieren sind und das Modul D außerhalb der Systemgrenze ist.

5.3.8 03_09 Gebäude maximaler Energieeffizienz, Bointner et al., bm:vit, 06_2012

Diese Studie untersucht umfangreich Strategien zum a priori postulierten Ziel der forcierten Umsetzung von Plusenergiegebäuden, definiert als Gebäude mit einer negativen nicht erneuerbaren Primärenergiebilanz.

Diese Studie unterscheidet sich daher grundsätzlich von den zuvor untersuchten, da sie nicht die Plusenergiebauweise vergleichend zu anderen energetischen Konzepten analysiert, sondern Lösungen für das in dieser Studie außer Streit gestellte Ziel der forcierten Umsetzung von Plusenergiestandard in sowohl Neubau als auch Sanierung entwickelt und skizziert.

Die Methodik ist in weiten Strecken ähnlich jener der bisher analysierten Studien: Definition von Modellgebäuden in Form und Konstruktion, Berechnung der Wärme- und Heizenergiebilanz dieser Gebäude mit unterschiedlichen heizungstechnischen Ausstattung, Anstellen von begleitenden LCC und LCA Analysen.

Wesentliches Element dieser Studie ist aber nicht die vergleichende Analyse sondern das Entwickeln von Lösungen und Umsetzungsanleitungen und auch Forderungen für das, wie gesagt, in der Studie außer Streit gestellte Ziel der Verwirklichung von Plusenergiehäusern.

6 Ergebnisse zu Frage B: Berechnetes Kostenoptimum im Vergleich zu praktischen Erfahrungen

6.1 Liste der spezifisch relevanten Studien

Aus dem Gesamtumfang aller Studien wurden folgende für die eingehende Untersuchung herangezogen:

- 03_04 Wohnkomfort und Heizwärmeverbrauch im PH und NEH, Rhomberg, 03_2013
- 03_06 Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit, gbv, 10_2013
- 03_12 Nachhaltigkeits-Monitoring ausgewählter Passivhaus-Wohnanlagen in Wien, Treberspurg, Smutny et al, 12_2009
- 03_13 Linking Low Carbon Technologies with Low Carbon Society: Energie 2050: Anforderungen an die Technologiepolitik zur Eindämmung des Rebound-Effektes, Kanatschnig, Lacher, 10_2012
- 03_14 Introducing the prebound effect: the gap between performance and actual energy consumption, Sunikka-Blank and Galvin, 2012
- 03_15 Ermittlung und Evaluierung der baulichen Mehrkosten von Passivhausprojekten, Schöberl, Lang, Handler, 2011
- 03_16 Betriebskosten- und Wartungskostenvergleich zwischen Passivhäusern und Niedrigenergiehäusern, Schöberl, Hofer, 2012

6.2 Ergebnisse aus den spezifisch relevanten Studien

6.2.1 03_04 Wohnkomfort u Heizwärmeverbrauch im PH und NEH, Rhomberg, 03_2013

Inhalt und Umfang der Studie

Es handelt sich bei dieser Studie um ein vergleichendes Monitoring des Innenraumkomforts (Temperatur, Belichtung, Feuchte), der NutzerInnenzufriedenheit und des Energieverbrauchs anhand von zwei in ihrer Gebäudeform gleichartigen Wohngebäude desselben Bauträgers am selben Standort, eines davon ein Passivhaus im Sinne von $HWB_{OIB} < 10 \text{ kWh/m}^2_{BGFa}$, das andere ein Niedrigenergiehaus mit $HWB_{OIB} = 33 \text{ kWh/m}^2_{BGFa}$. Daten wurden erhoben anhand von je vier Wohnungen jedes der beiden Gebäude.

Methodische Aspekte

Untersucht werden zwei Häuser einer viergeschoßigen, im Jahr 2010 bezogenen Wohnanlage in Bregenz. Die Häuser sind architektonisch gleichartig, wenn auch nach unterschiedlichen Himmelsrichtungen orientiert, wobei das eine als Passivhaus (PH) im Sinne von $HWB_{OIB} = 9 \text{ kWh/m}^2_{BGFa}$ geplant wurde und das andere als Niedrigenergiehaus (NEH) mit $HWB_{OIB} = 33 \text{ kWh/m}^2_{BGFa}$. Beide Gebäude weisen einen hochwertigen Wärmeschutzstandard auf, wobei das NEH geringfügig höhere U-Werte im Fußboden und bei den Verglasungen und als wesentlichen Unterschied keine Lüftungsanlage aufweist.

Die Studie erhebt anhand von regelmäßigen Messungen und schriftlichen Befragungen anhand von je vier Wohnungen pro Haus die Zufriedenheit der BewohnerInnen und den Energieverbrauch und vergleicht diese mit den Erwartungen und Berechnungen.

Angaben zu korrelierenden Kosten enthält die Studie nicht.

Ergebnisse Generelle BewohnerInnenzufriedenheit

Die BewohnerInnenzufriedenheit erweist sich als insgesamt sehr hoch und bestätigte damit die generellen Erwartungen. Auf einer Skala von 0 als Bestwert bis 3 als schlechtester Wert ergeben sich folgende Aussagen:

Generelle Behaglichkeit im Winter im PH mit 0,1 und im NEH mit 0,4.

Generelle Behaglichkeit im Sommer im PH mit 0,4 und im NEH mit 0,4.

Zufriedenheit mit der Wohnsituation im PH mit 0,2 und im NEH mit 0,3.

Ergebnisse Raumtemperaturen

Die mittleren Raumtemperaturen wurden im PH mit 22,3°C und im NEH mit 22,1°C gemessen. Weiters zeigte sich der folgende Zustimmungsgang zur Frage nach angenehm empfundenen Raumtemperaturen:

Angenehme Raumtemperatur im Winter am Tag im PH 75% und im NEH 100%

Angenehme Raumtemperatur im Winter in der Nacht im PH 100% und im NEH 100%

Angenehme Raumtemperatur im Sommer am Tag im PH 86% und im NEH 90%

Angenehme Raumtemperatur im Sommer in der Nacht im PH 71% und im NEH 100%

Ergebnisse Tageslichtversorgung

Im Detail zeigte sich auch ein nennenswerter Unterschied in der Tageslichtversorgung der untersuchten Wohnungen (Mittelwerte aus 12 Messstichproben). Nachdem die Gebäude bauartgleich sind, auch hinsichtlich der Fenstergrößen, -leibungen und weitgehend hinsichtlich der Verglasungsart, deuten diese Unterschiede auf die ausgeprägtere Beschattung des PH hin, die sich auch in den Berechnungsergebnissen des HWB niederschlägt.

Helligkeit am Fenster (ohne Leuchte): im PH 1.613 lx und im NEH 2.235 lx

Helligkeit am Esstisch (ohne Leuchte): im PH 246 lx und im NEH 530 lx

Ergebnisse Raumluftfeuchte

Das PH weist nennenswert niedrigere Raumfeuchten im Winter auf, mit Monatsmittelwerten im Winter von 27% bis 35%, das NEH hingegen auch im Winter von zumindest 45%.

Ergebnisse Energieverbrauch

Die Studie belegt einen unerwartet hohen Heizwärmeverbrauch (HWV) des Passivhauses, nämlich einen gemessenen Mittelwert von $\text{HWV} = 42 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$ anstelle von berechnet $9 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$. Es liegt also ein Mehrverbrauch gegenüber den Berechnungen von ca. $33 \text{ kWh/m}^2_{\text{a}}$ vor.

Die Studie belegt weiters einen gegenüber der Berechnung moderat höheren Heizwärmeverbrauch des NEH, nämlich $38,4 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$ anstelle von berechnet $33,23 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$. Es liegt also ein Mehrverbrauch gegenüber den Berechnungen von ca. $5 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$ vor.

Auch der Nutzwärmeverbrauch für Warmwasser übersteigt in beiden Häusern den Normwert lt. OIB RL6: Der Warmwasserwärmeverbrauch beträgt im PH $21,4 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$ und im NEH $16,2 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$ anstelle von normgerecht berechnet jeweils $12,8 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$.

Nach Analyse der Studienergebnisse werden von den AutorInnen der vorliegenden Metastudie folgende Ursachen dieser Abweichung zwischen normgerechten Berechnungen und realen Messungen vermutet:

In den Energieausweisen werden mit $57,6 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$ im PH und $51,9 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$ im NEH außerordentlich hohe solare Wärmegegewinne ausgewiesen. Real weisen die Gebäude aber umlaufende Balkone, sowie neben den Senkrechtmarkisen an den Fenstern, auch metallische Schiebeelemente an den Balkonbrüstungen auf. Es steht zu befürchten, dass also die Fensterbeschattung im EAW nicht ausreichend berücksichtigt wurde. Ein dahingehender Fehler kann Ursache für eine Steigerung des HWV um bis zu $15 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$ sein.

Im Monitoring wird ein Betrieb der Heizung an 240 Tagen im Jahr dokumentiert, was auf eine drastisch ungenügende regelungstechnische Einstellung der Heizanlage hinweist. Der Effekt dieser Fehleinstellung kann mit einer Steigerung des HWV um 5 bis $10 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$ abgeschätzt werden.

Die Belegungsdichte im PH ist mit $60 \text{ m}^2_{\text{NGF}}/\text{pers}$ auffallend gering. Im NEH beträgt die Belegungsdichte hingegen $40 \text{ m}^2_{\text{NGF}}/\text{pers}$. Nachdem die inneren Wärmegegewinne in der RL6 auf eine Belegungsdichte von ca. $35 \text{ m}^2_{\text{NGF}}/\text{pers}$ ausgelegt sind, ergibt sich im Vergleich zum Auslegungsfall ein nennenswerter Wegfall innerer Wärmequellen. Der Effekt dieses Umstandes kann mit einer Steigerung des HWV um bis zu $10 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$ abgeschätzt werden.

Die Monitoring- und Befragungsergebnisse deuten auf einen unnötig hohen Luftwechsel im PH hin. Die Lüftungsanlagen werden mit im Durchschnitt $0,4$ -fachem Luftwechsel betrieben. Gemeinsam mit der nicht verifizierten Infiltration und der oben genannten geringen Belegungsdichte ist darin die wesentliche Ursache der trockenen Innenraumluft begründet. Dies ist eine wahrscheinliche Ursache einer Steigerung des HWV um abgeschätzt bis zu $10 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$.

Die gemessenen Raumtemperaturen in beiden Häusern betragen ca. 22°C , also um ca. 2 K mehr als in der normgerechten Berechnung. Der Effekt dieses Umstandes kann im PH mit einer Steigerung des HWV um bis zu $3 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$ und im NEH mit bis zu $5 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$ abgeschätzt werden.

Somit bestätigt die Studie die bekannten und physikalisch begründeten Zusammenhänge, wonach gerade in Gebäuden mit besonders niedrigem Heizwärmebedarf der tatsächliche

Heizwärmeverbrauch besonders stark von a) rechnerischen Fehleinschätzungen der solaren Gewinne, b) rechnerischen Fehleinschätzungen der internen Gewinne, c) Fehleinstellungen der Lüftungstechnik, und d) Fehleinstellungen der Heizungstechnik beeinflusst wird.

Eine darüber hinausgehende Verallgemeinerung der Messergebnisse erscheint aufgrund der dargelegten Umstände (kleine Anzahl der gemessenen Wohnungen, spezifische Unterschiede in der Besonnung der Gebäude) nicht zulässig.

Die Studie legt über die energetische Analyse hinaus auch Befragungsergebnisse zum NutzerInnenkomfort vor. Siehe diesbezüglich Kapitel 7.3, Wechselwirkungen zwischen Energieeffizienz, Kostenoptimalität und Komfort, im gegenständlichen Bericht.

6.2.2 03_06 Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit, gbv, 10_2013

Inhalt und Umfang der Studie

Es handelt sich bei dieser Studie um ein Energie- und Kostenmonitoring von 321 Objekten (Wohnanlagen) österreichischer gemeinnütziger Bauträger mit insgesamt 14.220 Wohnungen in insgesamt 8 österreichischen Bundesländern.

Der Errichtungszeitraum der untersuchten Objekte erstreckt sich, gegliedert in 12 Bauperioden, von „vor 1945“ bis „nach 2006“.

Der rechnerisch ermittelte HWB_{OIB} der untersuchten Objekte erstreckt sich im österr. Referenzklima, gegliedert in 11 Klassen der thermischen Qualität, von „ $HWB < 12 \text{ kWh/m}^2_{BGF\ddot{a}}$ “ und „ $HWB > 125 \text{ kWh/m}^2_{BGF\ddot{a}}$ “.

Die Studie wurde durchgeführt vom Österreichischen Verband der gemeinnützigen Bauvereinigungen.

Methodische Aspekte

Die 321 untersuchten Objekte der Stichprobe wurden auf Anfrage des Verbandes von den österreichischen gemeinnützigen Wohnbauträgern zur Verfügung gestellt. Die AutorInnen erachten die Stichprobe als repräsentativ. Ein zahlenmäßiges Übergewicht an Wiener Wohnungen wurde nach Angaben der AutorInnen durch eine Gewichtung korrigiert.

In der Stichprobe sind sowohl unsanierte als auch sanierte Objekte enthalten. Diese wurden in einigen Aspekten gesondert ausgewertet. Es liegt aber keine longitudinale Untersuchung derselben Objekte vor und nach der Sanierung vor.

Energieverbrauch und Kostendaten wurden, nach Möglichkeit für einen Zeitraum von fünf Jahren, mithilfe von Fragebögen und bei Bedarf persönlicher Rücksprache, bei den Hausverwaltungen und technischen Abteilungen der Bauvereinigungen erhoben.

Sämtliche Energieverbrauchsdaten wurden auf der Ebene der Objekte und nicht auf der Ebene von Einzelwohnungen erhoben. Sie enthalten somit systematisch neben den Nutzwärmeverbräuchen auch die Wärmeverluste der Heizungstechnik. Wenn erforderlich wurden rechnerische Differenzierungen in Nutzwärme Warmwasser, Nutzwärme Raumheizung und Wärmeverluste der Heizungstechnik, auf Basis von Messwerten vergleichbarer Anlagen, vorgenommen. Bei fehlenden Verbrauchsdaten für Warmwasserbereitung wurde etwa ein Endenergiebedarf von $23 \text{ kWh/m}^2_{BGF\ddot{a}}$ oder $30 \text{ kWh/m}^2_{WNFA}$ angesetzt. Wärmelieferung durch Solaranlagen oder Wärmebeiträge aus

Umweltwärme für Wärmepumpenanlagen wurden folgerichtig in Energieverbrauchskennzahlen miteingerechnet.

Die Ergebnisse des Verbrauchsmonitorings wurden darüber hinaus nicht bereinigt, und somit weder an schwankende klimatische Verhältnisse, noch an erhöhte Innenraumtemperaturen oder etwaige Abweichungen der Nutzung von den Standardannahmen angepasst.

Als Kennzahl zur Einstufung der Objekte in 11 Klassen der thermischen Qualität wurde der Heizwärmebedarf nach OIB am Referenzstandort herangezogen. Kennzahlen des Energieverbrauchs und der Kosten werden stets auf die beheizte BGF und auf die beheizte Wohnnutzfläche bezogen. Letztere wird im Mittel mit 75% der BGF angegeben, was sich auch mit der identischen Näherung laut OIB RL 6 bzw. ÖNORM B 8110-6 deckt.

In den Kostenermittlungen wurde wie folgt vorgegangen:

Die Investitionskosten für Solaranlagen wurden den jährlichen Energiekosten zugerechnet. Ebenso die Investitionskosten für Komfortlüftungsanlagen (Mit 35 Jahren Lebensdaueransatz) und die Wartungskosten der zentralen Heizanlagen.

Baukosten wurden für eine Teilmenge von 55 Objekten, nur der Errichtungsjahre 2005 – 2011, ausgewertet. Die tatsächlichen Kosten wurden bereinigt um die Baupreissteigerung, um die Kostenanteile eventueller Tiefgaragen, sowie um Aufzugserrichtungskosten in einigen „kleinen“ Objekten und um das österreichische West-Ost-Preisgefälle. Die Baukosten werden als „reine Baukosten + Nebenkosten“ angegeben, was somit am ehesten den Errichtungskosten im Sinne der ÖNORM B 1801-1 (2009) entspricht.

Alle Kosten werden ohne USt. angegeben, es sei denn es wird explizit auf eine Einrechnung der USt. hingewiesen.

Ergebnisse für den Energieverbrauch für Raumheizung

Ausgewertet wurden die Ergebnisse des Energieverbrauchsmonitorings in Form des Heizenergieverbrauchs, also des Endenergiebedarfs für Raumheizung (ausnahmsweise ohne Warmwasser und offensichtlich auch ohne Hilfsstromverbrauch). Es wird jeweils der Mittelwert dieses gemessenen Heizenergieverbrauchs für die Objekte der jeweiligen Klasse der thermischen Qualität, geordnet nach deren HWB, dargestellt. Es wurde kein direkter Vergleich zwischen dem errechneten Heizenergiebedarf und dem gemessenen Heizenergieverbrauch vorgenommen.

Der mittlere gemessene Heizenergieverbrauch (ohne WW) aller hinsichtlich auch des HWB verwertbarer Objekte beträgt demnach 59 kWh/m²a.

Es beträgt der mittlere berechnete Heizwärmebedarf 59 kWh/m²_{BGFa}, obwohl dieser nur die Nutzwärme, also noch nicht die Verluste der Heiztechnik enthält. Im Mittel über alle Objekte liegt also der Energieverbrauch für Raumheizung unter den Prognosen des Energieausweises.

Es zeigt sich ferner, dass bei Gebäuden niedriger thermischer Qualität, nämlich die Gruppen mit HWB > 76 kWh/m²_{BGFa}, der Heizenergieverbrauch sogar unter dem HWB liegt, während er mit zunehmend besserer thermischer Qualität, also bei Gebäuden mit niedrigerem HWB, zunehmend deutlich über dem HWB liegt.

Die Studie arbeitet heraus, dass einer Bandbreite des HWB von rund 1:10 (15 bis 150 kWh/m²_{BGFa}) nur eine Bandbreite des Heizenergieverbrauchs von 1:3,33 (30 bis 100 kWh/m²_{BGFa}) gegenübersteht.

Die AutorInnen sehen die Ursache für diese Abweichung der Verbrauchsreduktion in Preboundeffekten, in technischen und nutzungsbezogenen Reboundeffekten sowie in einem möglicherweise verzerrenden Rechenalgorithmus zur Bestimmung der Heiztechnikenergieverluste.

Die AutorInnen stellen auch Vergleiche zu internationalen und nationalen Vergleichsstudien (etwa Treberspurg 2009 und Schöberl 2011 und 2012) an, erachten ihre Ergebnisse im Bereich $HWB > 30 \text{ kWh}_{\text{BGFa}}$ vor diesem Hintergrund als valide und erklären Differenzen zu diesen Vergleichsstudien im Bereich $HWB < 30 \text{ kWh}/\text{m}^2_{\text{BGFa}}$ mit methodischen Schwächen der Vergleichsstudien (Innentemperatur- und Klimaanpassung bei Treberspurg und Einzelwohnungsmessungen bei Schöberl).

In der folgenden Ergebnistabelle ist der oben genannte Zusammenhang der negativen Abweichung des Verbrauchs von den errechneten Werten bei Gebäuden schlechter thermischer Qualität und der positiven Abweichung bei Gebäuden guter thermischer Qualität abzulesen.

Ersichtlich ist, dass der niedrigste Endenergieverbrauch für Raumwärme in der Gruppe HWB 21 bis $30 \text{ kWh}/\text{m}^2_{\text{BGFa}}$ gemessen wurde.

Ersichtlich ist aber auch, dass die Werte ganz offensichtlich stark von Eigenschaften der einzelnen Wohnanlagen geprägt sind, die hier nicht thematisiert werden und daher nicht nachvollziehbar sind: So bedarf etwa die starke Abweichung des Heizenergieverbrauchs zwischen den Gruppen HWB 41 bis $50 \text{ kWh}/\text{m}^2_{\text{BGFa}}$ mit oder ohne Lüftungsanlage einer Erklärung. Und so deutet etwa der verblüffend niedrige Heizenergieverbrauch der Gruppe HWB 125+ auf markante Besonderheiten dieser Wohnanlage(n), wie etwa auf Teilleerstände, hin.

TABELLE 2:
Verbrauch Heizenergie Raumwärme (Endenergie) 2011 nach Objekttyp

Objekttyp nach HWB und Lüftung HWB in $\text{kWh}/\text{m}^2_{\text{BGFa}}$	ALLE OBJEKTE			NEUBAU/ALTBAU ohne SAN			SANIERTE OBJEKTE		
	mittlerer Jahres- Verbrauch in kWh pro			mittlerer Jahres- Verbrauch in kWh pro			mittlerer Jahres- Verbrauch in kWh pro		
	HWB pro			HWB pro			HWB pro		
	m^2 BGF	m^2 BGF	m^2 WNF	m^2 BGF	m^2 BGF	m^2 WNF	m^2 BGF	m^2 BGF	m^2 WNF
HWB bis 12 (Passivgebäude)	9	31	44	9	30	41	9	33	53
HWB 13 bis 20 mL (WR)	17	47	58	17	47	59	15	42	55
HWB 21 bis 30 mL (WR)	26	38	48	26	38	48			
HWB 31 bis 40	33	44	56	34	44	55	32	44	57
HWB 41 bis 50 mL	46	47	66	46	43	60	42	68	92
HWB 41 bis 50	46	55	71	46	49	65	45	65	80
HWB 51 BIS 60	55	57	76	55	56	75	56	60	81
HWB 61 BIS 75	68	79	104	68	87	114	66	59	79
HWB 76 BIS 100	85	70	92	84	71	92	86	56	96
HWB 101 BIS 125	111	97	119	110	97	119	113		
HWB 125+	161	59	94	167	62	105	139	55	80
OHNE ANGABE HWB		72	93		69	93		80	94
GESAMT		61	80		62	82		59	78
GESAMT mit Angabe HWB	59	59	77	62	60	79	52	56	75

Abkürzungen: HWB = Heizwärmebedarf; mL = mechanische Lüftung, WR = Wärmerückgewinnung; BGF = Bruttogrundfläche; WNF = Wohnnutzfläche

Tabelle 2: Endenergiebedarf Raumheizung über Kat. der therm. Qualität (HWB), Quelle: gbv

Ergebnisse für Energieverbrauchssenkungen von Sanierungen

Wie erwähnt, wurden keine longitudinalen Erhebungen des Energieverbrauchs vor- und nach der Sanierung durchgeführt. Die folgenden Ergebnisse beruhen vielmehr auf Vergleichen unterschiedlicher Objekte vergleichbarer Errichtungszeiträume.

Demnach geben die AutorInnen die mittlere Reduktion des Energieverbrauchs durch Sanierungen, die im Zeitraum 2005 bis 2008 durchgeführt wurden, mit etwa 25 kWh/m²_{BGFa} an, und damit mit etwa der Hälfte der rechnerischen Reduktion des HWB von rund 50 kWh/m²_{BGFa}.

Für aktuelle Sanierungsmaßnahmen wird die Reduktion des Energieverbrauchs aufgrund der gestiegenen Sanierungsintensität mit 34 kWh/m²_{BGFa} angegeben, für Sanierungen auf Passivhausniveau noch einmal deutlich höher. In allen Fällen wird aber auf die oben genannte, erhebliche Diskrepanz zwischen rechnerischen und gemessenen Verbesserungen hingewiesen.

Ergebnisse für den Hilfsstromverbrauch für Lüftungsanlagen

Hilfsstromverbräuche für die Heizungstechnik und insbesondere für die Lüftungsanlagen wurden in der gegenständlichen Studie der gbv nicht vollständig erhoben. Aus den verfügbaren Werten für Lüftungssysteme in Passiv- und Niedrigstenergiebauten ermittelten die AutorInnen einen mittleren Wert des Hilfsstromverbrauchs für Lüftungssysteme in Passiv- und Niedrigstenergiebauten von 2,9 kWh/m²_{BGFa}, was am unteren Rand der Bandbreite liegt, die etwa in der Referenzstudie von Schöberl 2012 angegeben wird (dort: 2,8 – 5,9 kWh/m²_{BGFa}).

Ergebnisse für die Wärmeerträge aus Solaranlagen

Aus insgesamt 44 Objekten mit diesbezüglich vollständigen Angaben wurden folgende Ergebnisse ermittelt: Bei einer mittleren Anlagengröße von 2,8 m² Kollektorfläche pro Wohnung ergab sich nach Normierung auf ein durchschnittlich strahlungsreiches Jahr ein mittlerer Nutzwärmeertrag von 359 kWh pro Quadratmeter Kollektor und Jahr, allerdings mit einer auffallend breiten Streuung.

Ergebnisse für Energiekosten ohne Wartung

Aus allen untersuchten Objekten ergeben sich in der gegenständlichen Studie Energiekosten (exkl. Strom) mit einem Medianwert von 7,1 Cent/kWh, was den AutorInnen zufolge gut korreliert mit den Angaben von Statistik Austria. Daraus leiten die AutorInnen eine Bandbreite der reinen Energiekosten (ohne Wartung, Hilfsenergie und Reinigung) zwischen bester und schlechtester thermischer Qualität der Objekte von 40 Cent/m²_{NGFmon} bis 90 Cent/m²_{NFa} und demnach eine Spannweite von 50 Cent/m²_{NFmon} ab, was inklusive USt. eine Spannweite von 7 EUR/m²_{NGFa} ergibt.

Ergebnisse für das Kostensenkungspotenzial von Sanierungen

Für aktuelle Sanierungsmaßnahmen wird von den AutorInnen eine Reduktion des Energieverbrauchs von 34 kWh/m²_{BGFa} angenommen(s.o.), woraus sich laufende Ersparnis von etwa 27 Cent/m²_{NGFmon} (exkl. Umsatzsteuer), oder eine jährliche Ersparnis von etwa 4 EUR/m²_{NGFa} (inkl. USt.), ergibt.

Ergebnisse für Wartungskosten von Solaranlagen und Lüftungsanlagen

Wartungskosten der Lüftungsanlagen ergaben sich zwischen rund 3 und 12 Cent/m²_{NGF}mon, der höchste Wert wurde für Passiv- und Niedrigstenergiegebäude vorgefunden. Diese Werte korrelieren in hohem Maß mit jenen der Referenzstudie von Schöberl (2012). Zusätzlich schätzt die gegenständliche Studie die annuitätisch umgelegten Reinigungskosten auf eine Größenordnung von zusätzlich 7 Cent/m²_{NGF}mon ab.

Die Kosten für Wartung der Solaranlage ergaben eine monatliche Belastung in Höhe von 3 Cent pro Quadratmeter Wohnnutzfläche.

Ergebnisse für die Summe aus Energie und Wartungskosten

Für die Energiekosten plus Wartungskosten plus Kosten für Hilfsenergie und Restkosten der Solaranlage ergibt sich somit, zugeordnet zu den Klassen thermischer Qualität, das folgende Bild.

Erkennbar ist, dass die Summe der Energie- und Wartungskosten bei den Gruppen mit thermischen Qualitäten unter HWB 51 bis 60 kWh/m²_{BGF}a nur in einer Bandbreite von etwa ±10% oder ±6 Cent/m²_{NGF}mon voneinander abweichen.

Die beiden Gruppen bester thermischer Qualität weisen sogar wieder höhere Energie- und Betriebskosten auf, als die diesbezüglich beste Gruppe HWB 21-30, wobei das auf auffällig erhöhte Kosten der Solaranlagen zurückzuführen ist, die jedenfalls einer Erklärung bedürfen.

Diagramm T6:
Kosten für Heizenergie (Hei+WaWa), Hilfsenergie,
Wartung Heizung/Lüftung, alle Objekte

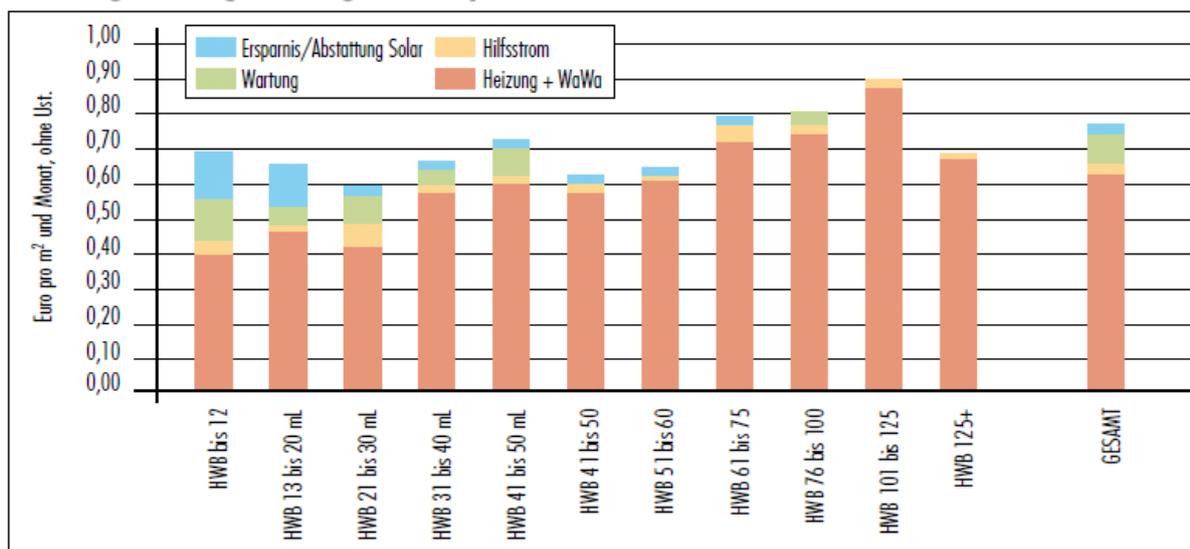


Abbildung 21: Summe der Energie- und Wartungskosten pro m² NF, Quelle: gbv

Ergebnisse für die Baukosten

Die durchschnittlichen Baukosten (reine Baukosten + Nebenkosten) der 55 nach 2005 errichteten Objekte ergeben nach Valorisierung mit dem Baupreisindex auf das Niveau 2011 einen Wert von 1.818 Euro/m²_{WNF}.

Zwischen den Baukosten der Objekte in der Klasse von Heizwärmebedarf 30 – 40 kWh/m²_{BGFA} und der Klasse der Niedrigstenergie- und Passivhäuser mit < 20 kWh/m²_{BGFA} ergibt sich nach regionaler Bereinigung ein Baukostenunterschied von ca. 110 Euro/m²_{WNF} bzw. 7%.

Dieser Wert korreliert durchaus gut mit Ergebnissen der bereits zitierten Referenzstudien von Treberspurg 2009 sowie Schöberl 2011 und 2012, wobei letzterer Mehrkosten der Passivhäuser von nur 4% nennt, worin allerdings bereits Minderkosten für den Wegfall des statischen Heizsystems inbegriffen sind und worin keine Mehrkosten für die Planung berücksichtigt sind.

Diagramm T7:
Baukosten Stichprobe 2011

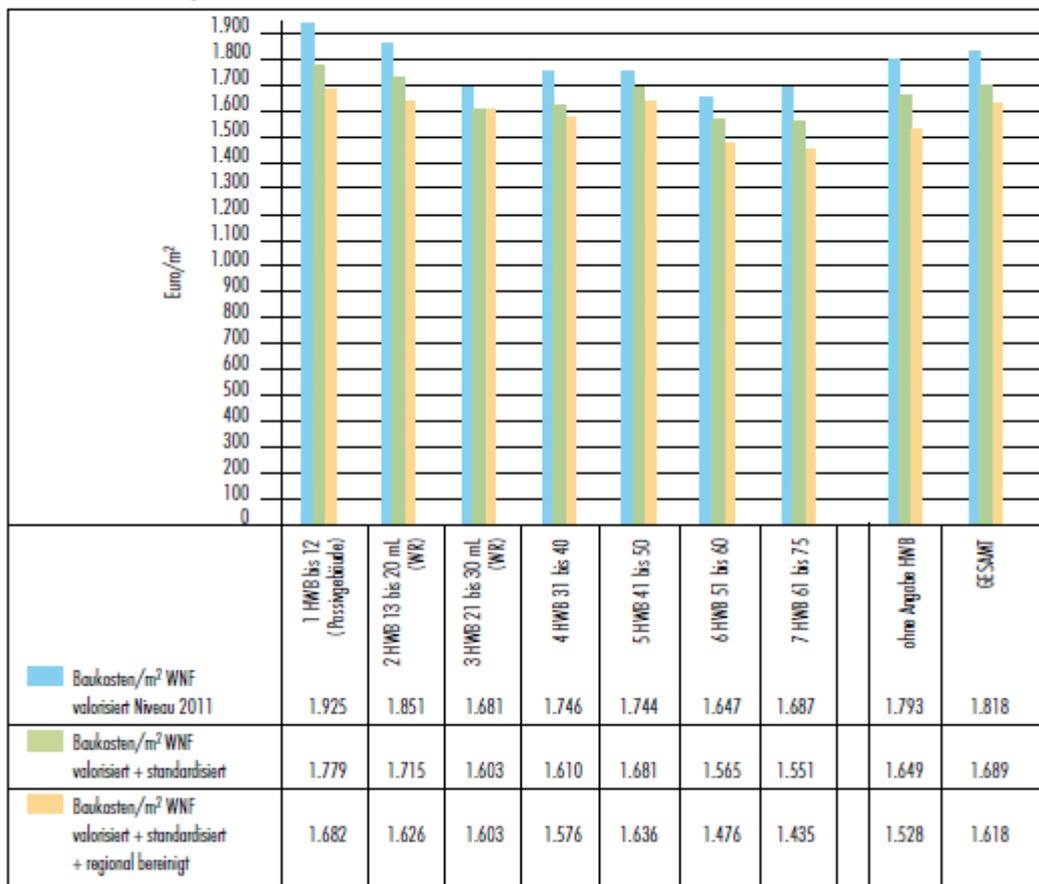


Abbildung 22: Baukosten, Quelle: gbv

Ergebnisse der Gesamtkostenanalyse

In der zusammenfassenden Analyse von Baukosten und laufenden Kosten über 35 Jahre kommen die AutorInnen zum Schluss, dass die niedrigeren Energiekosten in Passivhausobjekten die höheren Investitionskosten sowie die zusätzlichen Wartungskosten nicht kompensieren können.

Es wird postuliert, dass das Niedrigenergiehaus (Heizwärmebedarf 30 – 40 kWh/m²_{BGFA}) die kostengünstigste Variante ist. Seine Gesamtkosten über 35 Jahre liegen demnach unter den gesetzten Annahmen um rd. 130 EUR/m²_{WNF} unter jenen des Passiv-/Niedrigstenergiehauses, und auch um 30 EUR/m²_{WNF} unter dem „Nachbartyp“ (Heizwärmebedarf 20 – 30 kWh).

Schlussfolgerungen

Aus den Ergebnissen der Studie werden abgeleitet:

Erstens die Anregung, die Anforderungen des Nationalen Plans noch einmal zu überdenken.

Zweitens seine Anforderungen gleichzusetzen mit den Mindestanforderungen der Wohnbauförderungen und abzugehen von der Praxis, wonach die Wohnbauförderungen stets noch die energetischen Anforderungen der Bauordnung übertreffen.

Drittens wird angeregt, die Möglichkeit der Förderung von Teilsanierungen weiterhin zu bieten.

6.2.3 03_12 Nachhaltigkeits-Monitoring ausgew. PH-Wohnanl. in W., Treberspurg 2009

Inhalt und Umfang der Studie

Es handelt sich bei dieser Studie um ein Energiemonitoring und um eine Zufriedenheitsanalyse von 6 Wiener Wohnanlagen im Passivhausstandard und weiteren 12 Wiener Wohnanlagen im Niedrigenergiehausstandard. Das Energiemonitoring umfasst 1.367 Wohnungen, wovon 492 den Passivhausstandard erfüllen. Die Zufriedenheitsanalyse umfasst 381 Wohnungen, wovon 225 den Passivhausstandard erfüllen. Die Studie erfasst alle Wiener Passivwohnhäuser mit mindestens 15 Wohnungseinheiten, die zum Beginnzeitpunkt der Studie seit mehr als einem Jahr in Betrieb waren.

Jedes der untersuchten Passivwohnhäuser umfasst mindestens 15 Wohnungseinheiten und ist zum Zeitpunkt der Studie seit mehr als einem Jahr in Betrieb. Vergleichend werden ausgewählte Wohnhausanlagen in Niedrigenergiebauweise als Referenzobjekte untersucht. Auch diese Vergleichsgruppe besteht aus ausschließlich kürzlich fertig gestellten, bereits seit mehr als einem Jahr bezogenen Objekten. Das Energiemonitoring umfasst 1.367 Wohnungen wovon 492 den Passivhausstandard erfüllen. Die Zufriedenheitsanalyse umfasst 381 Wohnungen wovon 225 den Passivhausstandard erfüllen.

Die Studie wurde durchgeführt an der Universität für Bodenkultur Wien (BOKU), von der Arbeitsgruppe Ressourcenorientiertes Bauen, unter der Leitung von Univ. Prof. DI Dr. Martin Treberspurg.

Methodische Aspekte

Für alle Projekte aus der Kennzahl des Heizwärmebedarfs (HWB) eine neue Kennzahl des für realen Heizwärmebedarfs (HWB_{Real}) gebildet: der berechnete HWB, angepasst an eine als real angenommene bzw. in der Studie beobachtete Innenraumtemperatur von 23°C und angepasst an das reale Standortklima. Dieser solcherart berechnete HWB_{Real} wird zu dem gemessenen Heizwärmebedarf in Bezug gesetzt. Ebenso werden die berechneten Verluste der Heizungstechnik, der Heiztechnikenergiebedarf (HTEB), zu den gemessenen Verlusten der Heizungstechnik in Bezug gesetzt, wobei die Aufteilung zwischen dem gemessenen HWB und dem zusammen gemessenen HTEB unter Heranziehung von Erfahrungswerten erfolgt.

Ergebnisse Nachfolgend dargestellt ist das komprimierte Ergebnis des Energiemonitorings:

In vollständig grau gefärbten Säulen der auf 23°C und auf Realklima umgerechnete HWB_{real} .

In grau umrandeten Säulen der berechnete HTEB.

In vollständig grün gefärbten Säulen der gemessene und relativ zum HTEB abgeschätzte HWB .

In grün umrandeten Säulen der gemessene und relativ zum HWB abgeschätzte HTEB.

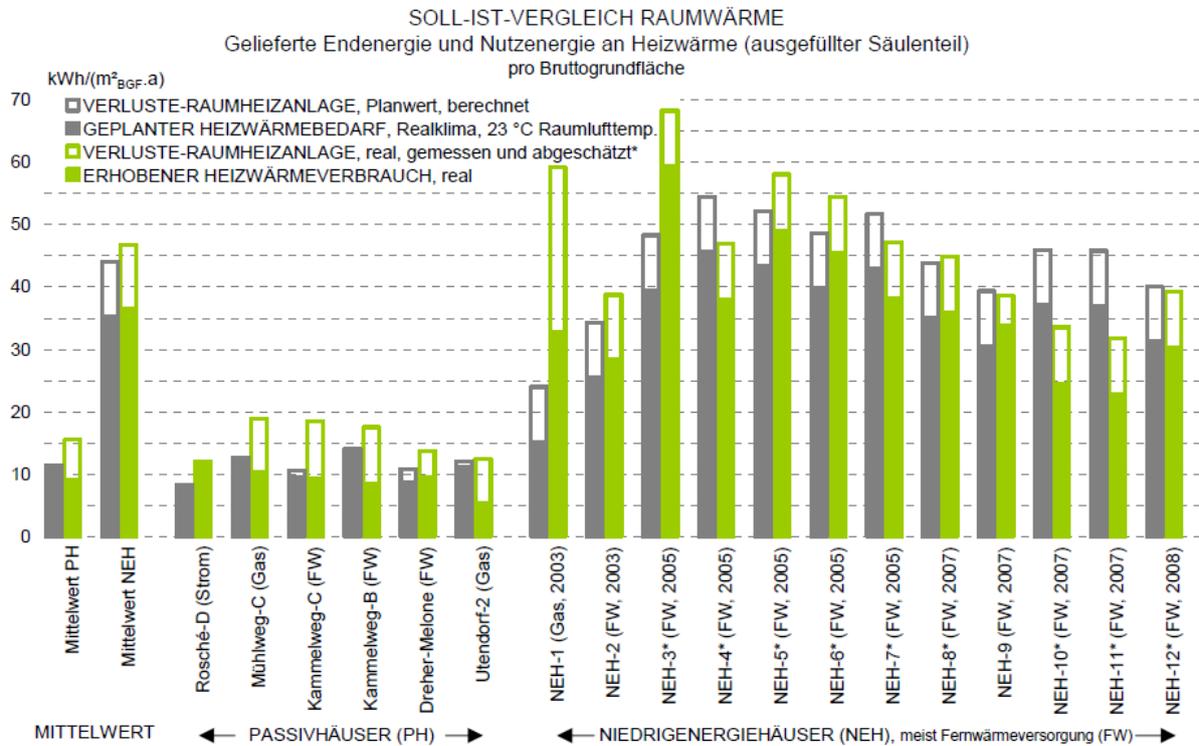


Abbildung 23: Soll-Ist-Vergleich Raumwärme, Quelle: Treberspurg, Smutny

Als wesentliches energietechnisches Ergebnis dieser umfangreichen Studie ergibt sich:

- Im Mittel stimmt der, an 23°C Innentemperatur und an reale Klimabedingungen angepasste, HWB_{real} sowohl bei den Passivhäusern als auch bei den Niedrigenergiehäusern gut mit dem gemessenen Heizwärmeverbrauch überein. Bei den Passivhäusern ergibt sich im Mittel sogar eine nennenswerte Unterschreitung der angepassten berechneten Werte in der Größenordnung von 15%. Es bestehen darüber hinaus erwartungsgemäß nennenswerte spezifische Unterschiede zwischen den Wohnanlagen.
- Die berechneten Verluste der Heizungstechnik, der Heiztechnikenergiebedarf (HTEB), stimmen im Mittel bei den Niedrigenergiehäusern gut mit den gemessenen Werten überein. In den Passivhäusern werden die berechneten Verluste der Heizungstechnik im Mittel von den gemessenen nennenswert überstiegen.

Insgesamt bestätigt diese umfangreiche Studie also sowohl für Passivhäuser als auch für Niedrigenergiehäuser die Prognostizierbarkeit des Energieverbrauchs, zumindest gemittelt über ganze Wohnanlagen und unter der Voraussetzung eines berechneten Wärmebedarfs, der an die realen Innenraumtemperaturen und an die realen Klimabedingungen angepasst wird.

In der Studie nicht berücksichtigt wird der Hilfsstrombedarf für die gebäudetechnischen Komponenten, weder in den berechneten Bedarfswerten noch in den gemessenen Verbrauchswerten.

Die Studie enthält keine Vergleiche zwischen veranschlagten und realen Betriebskosten.

Die in dieser Studie ebenfalls vorgenommene umweltpsychologische Evaluation wird im gegenständlichen Bericht in Kapitel 7.3, Wechselwirkungen zwischen Energieeffizienz, Kostenoptimalität und Komfort, diskutiert.

6.2.4 03_15 Ermittlung d. baulichen Mehrkosten von Passivhausproj., Schöberl, 2011

Inhalt und Umfang

Die Studie ermittelt rechnerisch auf der Ebene der Bauwerkskosten die Mehrkosten von vier Wiener Passivhaus Wohnbauprojekten der Errichtungsjahre 2006 bis 2010 (Utendorfsgasse, Mühlweg, Dreherstraße, Universumstraße) gegenüber der jeweils fiktiven Ausführung in Niedrigenergiebauweise laut den Mindestanforderungen der Wr. Wohnbauförderung zu jeweiligen Errichtungszeitraum.

Darüber hinaus werden diese ermittelten Mehrkosten jenen gegenübergestellt, die für die Passivhäuser des Passivhaus-Demonstrationsbauvorhaben CEPHEUS dokumentiert sind (Errichtungsjahre 1998 bis 2001).

Methodische Aspekte

Ausgehend von den tatsächlichen Bauwerkskosten wurden auf Bauteilebene die fiktiven Bauteilkosten bei Ausführung derselben Bauteile auf dem thermischen Niveau Niedrigenergiestandards nach Wiener Wohnbauförderung zum Zeitpunkt der Errichtung kalkuliert.

Jene untersuchten Passivhäuser, die eine konventionelle Heizung hatten, wurden, um die Vergleichbarkeit zwischen den baulichen Mehrkosten der einzelnen Projekte zu gewährleisten, auf reine Zuluftheizung zurückgerechnet. Es wurden also die Minderkosten für ein Einsparen der statischen Heizflächen den Objekten zunächst gutgeschrieben und erst in einem zweiten Schritt die Kosten im Sinne eines Investments in erweiterten Komfort wieder gesondert ausgewiesen. Es wurde keine Indexbereinigung durchgeführt. Es wurden Nettobeträge angegeben. Es wurden keine etwaigen Förderungen berücksichtigt.

Ergebnisse

Für die untersuchten vier Wiener Passivhäuser, welche zwischen 2006 und 2010 fertiggestellt wurden, werden für das Erreichen des Passivhausstandards ausgehend vom jeweiligen Niedrigenergiehausstandard der EBF Mehrkosten von 4% bis 6% der Bauwerkskosten errechnet.

Bei den Passivhäusern der CEPHEUS-Initiative, welche zwischen 1998 und 2001 gebaut wurden, lagen die errechneten Mehrkosten zwischen 0% und 17% bzw. im Durchschnitt bei 10% der Bauwerkskosten.

Als wesentlichster einzelner Kostenfaktor hat sich die Lüftungsanlage erwiesen, mit Differenzkosten gegenüber den Abluftanlagen der Niedrigenergiehäuser von 35 bis 60,- EUR/m²_{NGF}. Mit deutlichem Abstand folgen die Kostenfaktoren Fenster, Außenwand und Dach.

Als wesentlichstes einzelnes Einsparpotential haben sich die statischen Heizflächen erwiesen, mit einer Größenordnung von 30 bis 40,- EUR/m²_{NGF}. Erstaunlich gering bildet sich der Entfall der Notkamine mit nur 3,- EUR/m²_{NGF} finanziell ab.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Mehr- und Minderkosten der einzelnen Komponenten.

Die darauffolgende Abbildung zeigt die Bauwerkskosten und die der Passivhausbauweise zugerechneten Mehrkosten.

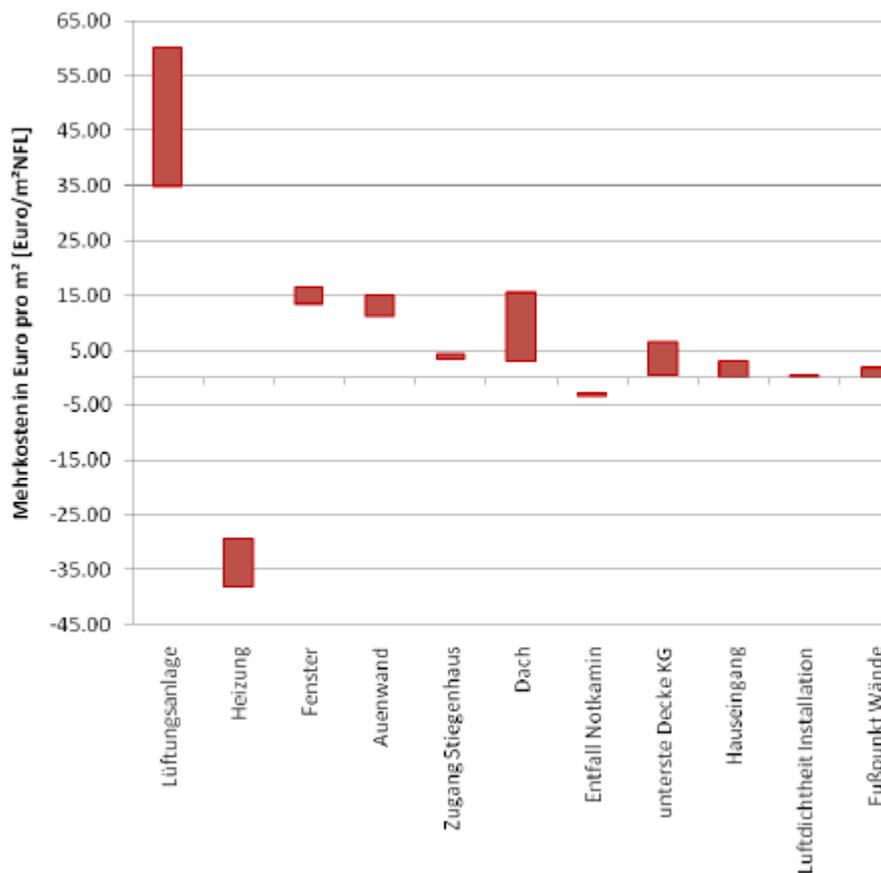


Abbildung 14: Graphische Darstellung der Bandbreite der baulichen Mehrkosten bei der Errichtung der untersuchten Passivhäuser, Euro exkl. USt, Stand 2006 - 2010

Abbildung 24: Bandbreite der baulichen Mehr- und Minderkosten für Passivhausbauweise, Quelle: Schöberl

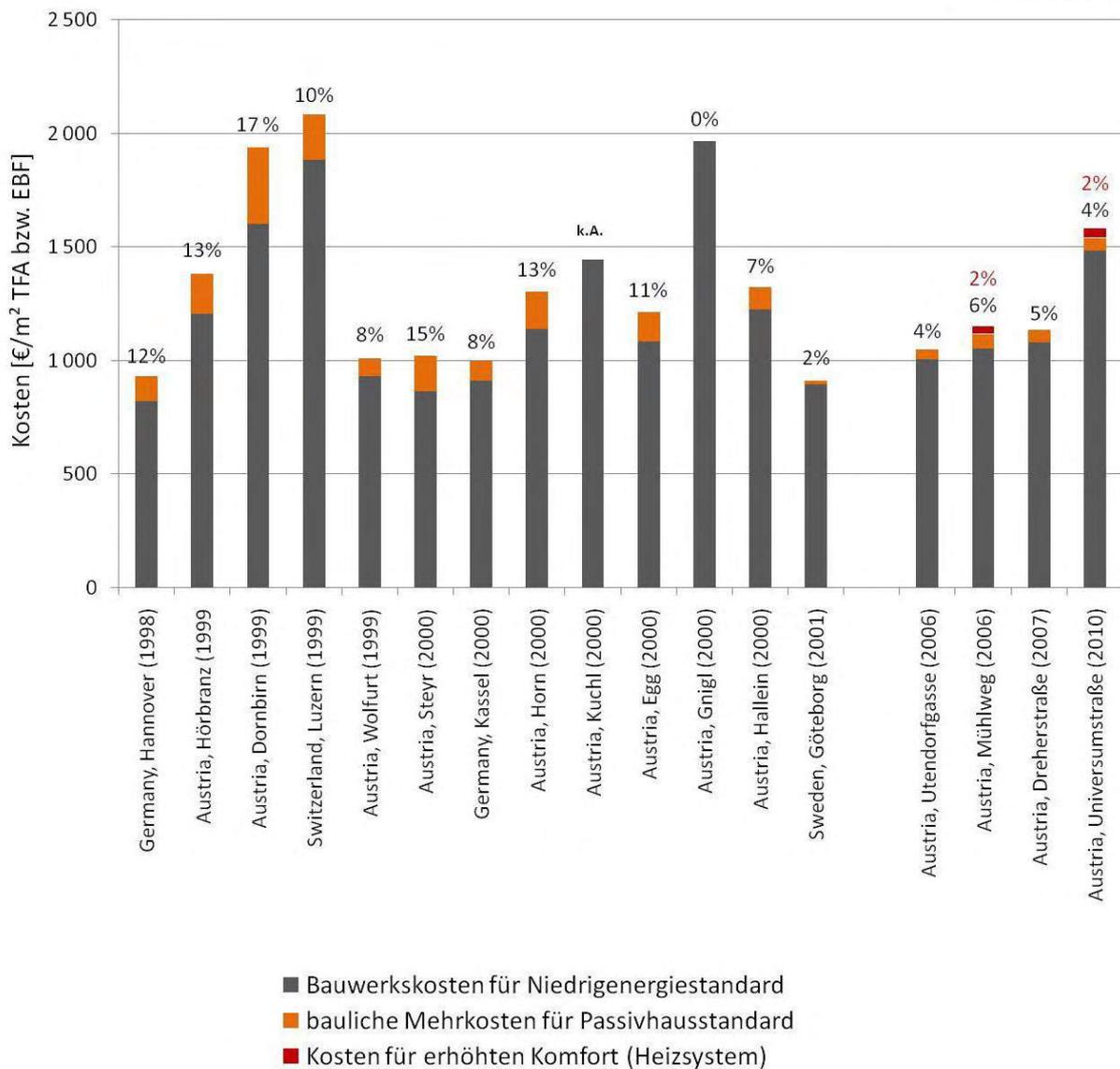


Abbildung 25: Summen der Mehrkosten für Passivhausbauweise auf Bauwerkskostenebene, Quelle: Schöberl

6.2.5 03_16 Betriebskosten- und Wartungskostenvergleich, Schöberl 2012

Inhalt und Umfang

Auf Basis eines Energiemonitorings über zwei Heizsaisonen an 10 Passivhäusern (5 MFH, 5 EFH) und 8 Niedrigenergiehäusern (5 MFH, 3 EFH) leistet die Studie einen Betriebs- und Wartungskostenvergleich von Passiv- und Niedrigenergiehäusern. Nachfolgend dargestellt wird nur der Vergleich für Mehrfamilienhäuser. Weiters überprüft die Studie die Übereinstimmung von berechneten und gemessenen Energieverbrauchskennzahlen.

Methodische Aspekte

Für die folgenden fünf Kostenfaktoren werden die Kosten ermittelt und deren Mittelwerte vergleichend gegenübergestellt.

- Nutzwärme für Raumheizung
- Ablesung und Abrechnung der Heizkosten
- Wartungskosten Lüftungsanlage
- Stromkosten Lüftungsanlage
- Rauchfangkehrung

Nicht in den Vergleich eingegangen sind demnach Kosten von Warmwasser, Haushaltsstrom und Allgemiestrom.

Alle angegebenen Kosten sind Nettokosten ohne USt. Im Sinne eines direkten Vergleichs wurde zwischen Kosten, die die MieterInnen direkt tragen (z. B. Stromverbrauch des Abluftventilators in der Wohnung) und Haushaltsbetriebskosten (z.B. zentrale Lüftungsanlage), die über einen Schlüssel auf die MieterInnen umgelegt werden, nicht unterschieden.

Raumheizung: Zur Ermittlung der Kostenunterschiede für Raumheizung wurde nur die Deckung des innenraumtemperatur- und klimabereinigten wohnungsweise gemessenen Nutzwärmebedarfs für Raumheizung kostenseitig berücksichtigt, nicht also Wärmeverluste durch Wärmezeugung, -verteilung, -speicherung und -abgabe. Wenn diesbezügliche Rückrechnungen aus dem gesamten Energieverbrauch auf den Nutzwärmeverbrauch erforderlich waren, so wurden diese unter Annahme von Verteilverlusten von 35% der Nutzwärme vorgenommen.

Für die untersuchten fünf Passivhäuser bewegen sich die so ermittelten Verbrauchskennzahlen innerhalb einer Bandbreite von 15% unter bis 30% über dem HWB.

Für die fünf Niedrigenergiehäuser wurden keine spezifischen HWB, sondern der HWB als „typisch“ mit $45 \text{ kWh/m}^2_{\text{EBF}\ddot{a}}$ angegeben. Die Messergebnisse wurden Außenklima bereinigt. Eine Innentemperaturbereinigung wird nicht erwähnt. Die so ermittelten Verbrauchskennzahlen bewegen sich innerhalb einer Bandbreite von 20% unter bis 5% über dem HWB.

Die Energiekosten für Raumheizung wurden durch Multiplikation dieser Verbrauchskennzahlen mit den Energiekosten ermittelt.

Ablesung: Kosten für Ablesung wurden nicht aus realen Kosten der zehn Objekte, sondern aus nur zwei Wiener Objekten exemplarisch ermittelt. Verglichen wurden die aufgetreten Kosten für einmal eine wohnungsweise Ablesung und einmal eine zentrale Ablesung. Die Kostendifferenz wurde mit $0,50 \text{ EUR/m}^2_{\text{NGF}\ddot{a}}$ bewertet.

Wartungskosten Lüftungsanlage: Die Wartungskosten für die Lüftungsanlagen wurden nicht aus realen Kosten der zehn Objekte, sondern aus einer Bewertung mehrerer relevanter Studien ermittelt. Für die Passivhäuser wird auf diese Weise ein Wert von $0,40 \text{ Euro/m}^2_{\text{NGF}\ddot{a}}$ zzgl. Wartung der Brandschutzklappen von $0,10$ bis $0,15 \text{ Euro/m}^2_{\text{NGF}\ddot{a}}$ angesetzt. Für die Abluftanlagen der Niedrigenergiehäuser wird auf diese Weise ein Wert von $0,25 \text{ Euro/m}^2_{\text{NGF}\ddot{a}}$ zzgl. Wartung der Brandschutzklappen von $0,05$ bis $0,08 \text{ Euro/m}^2_{\text{NGF}\ddot{a}}$ angesetzt.

Stromkosten Lüftungsanlage: Für Passivhäuser wurde der Energieverbrauch der Lüftungsanlagen in den fünf Objekten gemessen und mit den Stromkosten von netto $13,17 \text{ EUR/kWh}$ multipliziert. Es ergibt sich ein Mittelwert von $6 \text{ kWh/m}^2_{\text{NGF}\ddot{a}}$ und von $0,80 \text{ EUR/m}^2_{\text{NGF}\ddot{a}}$. Für die Niedrigenergiehäuser

wurde der Stromverbrauch für die Abluftanlagen auf Basis von eigenen Berechnungen und Fachliteratur mit 3,4 kWh/m²_{NGfA} und von 0,45 EUR/m²_{NGfA} angesetzt.

Rauchfangkehrung: Die Kosten für Rauchfangkehrung wurden nicht aus realen Kosten der zehn Objekte, sondern aus Referenzzahlen und eigenen Berechnungen zu 0,10 EUR/m²_{NGfA} ermittelt.

Warmwasserverbrauch wurde nur teilweise gemessen und geht nicht in den Kostenvergleich ein.

Haushaltsstrom und Allgemiestrom gehen nicht in den Kostenvergleich ein.

Ergebnisse

Unter den beschriebenen Randbedingungen ergeben sich in den oben genannten Kostenkategorien mittlere Minderkosten der Objekte in Passivhausbauweise im Vergleich zu den Objekten in Niedrigenergiebauweise von 2,10 EUR/m²_{NGfA}, gleichlautend sowohl in der Gruppe der Mehrfamilienhäuser als auch in der Gruppe der Einfamilienhäuser.

Die Zusammenfassung für den Betriebskostenvergleich der Mehrfamilienhäuser zeigt die folgende Tabelle. Angegeben werden Mittelwerte aus den zweimal fünf Projekten bzw. aus den eigenen Vergleichsrechnungen.

Mehrfamilienhäuser	Niedrigenergiehaus	Passivhaus
	Euro/m ² .a	Euro/m ² .a
Raumheizung	2,90	0,90
Wartung Lüftungsanlage (exkl. Brandschutzklappen)	0,25	0,40
Strom Lüftungsanlage	0,45	0,80
Ablesung und Abrechnung der Heizkosten	0,50	-
Rauchfangkehrer	0,10	-
Summe	4,20 100 %	2,10 50 %
Einsparung Passivhaus gegenüber Niedrigenergiehaus	2,10 Euro/m².a 50 %	

Tabelle 7: Mehrfamilienhäuser - Gegenüberstellung der Betriebskosten von Passiv- und Niedrigenergiehäusern. Kostenangaben pro m² Wohnnutzfläche exkl. USt.

Tabelle 3: Betriebskosten von Passiv- und Niedrigenergiehäusern, Quelle: Schöberl

7 Ergebnisse zu Frage C: Berücksichtigung von Lebensdauer und sonstigen Wechselwirkungen

Werden mittelbaren ökonomischen, ökologischen und sozialen Wechselwirkungen von Baumaßnahmen, wie insbesondere deren kalkulatorische Lebensdauer, deren finanzielle Werthaltigkeit, der Aufwand zu deren Erhaltung und gegebenenfalls Beseitigung, oder allfällige Gutschriften ökologischer Begleitnutzen ergebnisrelevant und bezogen auf Kostenoptimalität berücksichtigt?

7.1 Liste der spezifisch relevanten Studien

Für eine Metastudie zur Frage C wurden aus dem Gesamtumfang aller Studien zunächst folgende für die eingehendere Untersuchung herangezogen:

- 02_01 Kostenoptimalität, e7, 11_2012
- 02_02 Kostenoptimalität, energy agency, 12_2012
- 02_03 Kostenoptimalität, TU-Wien, Bednar, 2013
- 02_06 Kostenoptimalität, OIB, 03_2013 (unvollst. Version von 02_04)
- 02_08 Kostenoptimales Anforderungsniveau für Wohnungsneubauten in Vbg, e7+EIV, 2013
- 03_01 Bauen 2020 - Gebäudesystemvergleich, DUK, 11_2012
- 03_04 Wohnkomfort und Heizwärmeverbrauch im PH und NEH, Rhomberg, 03_2013
- 03_06 Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit, gbv, 10_2013
- 03_07 Innovative Gebäudekonzepte im Vergleich, ACR, 2014
- 03_09 Gebäude maximaler Energieeffizienz mit integrierter erneuerbarer Energieerschließung, bm:vit, Nachhaltig Wirtschaften, 06_2012
- 03_10 Sensitivitätsanalyse von Gebäudeökobilanzen, Holger König, 03_2012
- 03_12 Nachhaltigkeits-Monitoring ausgewählter Passivhaus-Wohnanlagen in Wien, Treberspurg, Smutny et al, 12_2009

Es hat sich jedoch gezeigt, dass auf Grund der Herangehensweisen in den Studien, die Durchführung einer Metastudie zur Frage der Berücksichtigung der Lebensdauer und sonstiger Wechselwirkungen im Zusammenhang mit Kostenoptimalität nicht durchgeführt werden kann. Methodisch wäre dazu ein Vergleich der Ergebnisse unterschiedlicher Sensitivitätsanalysen notwendig. Eine Sensitivitätsanalyse wird tatsächlich aber nur in einer der Studien nämlich in 03_10: König H. und De Cristofaro L., Sensitivitätsanalyse von Gebäudeökobilanzen bezogen auf den Einzelaspekt Betrachtungszeitraum, 2012 durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Studie beziehen sich auf ökologische und ökonomische Aspekte, die im Folgenden zusammenfassend dargestellt werden. Diese Darstellung ersetzt jedoch keine metaanalytische Untersuchung.

Soziale Nachhaltigkeitsaspekte werden in Zusammenhang mit Innenräumlichen Komfort sowie Wohnzufriedenheit und Kostenoptimalität in den Studien 03_04, Rhomberg: Wohnkomfort und Heizwärmeverbrauch im PH und NEH und 03_09, bm:vit: Nachhaltig Wirtschaften – Gebäude

maximaler Energieeffizienz mit integrierter erneuerbarer Energieerschließung berücksichtigt. Im Fall der Studie 03_04 wird ein Vergleich zwischen Nutzergruppen in vergleichbarem Umfeld herangezogen, was in Ansätzen eine Sensitivitätsanalyse darstellt, eine ausreichende Datengrundlage für eine metaanalytische Betrachtung liegen aber nicht vor.

7.2 Wechselwirkung von Gebäudelebensdauer und ökonomischen wie ökologischen Aspekten

Auf Basis der Studie 03_10: König H. und De Cristofaro L., Sensitivitätsanalyse von Gebäudeökobilanzen bezogen auf den Einzelaspekt Betrachtungszeitraum, 2012, kann die folgende Problemstellung definiert werden. Es besteht ein Zielkonflikt, einerseits zwischen den kurzfristigen Interessen von Investoren und langfristigen Interessen von Immobilienbesitzern und andererseits zwischen einem kurzfristigen Horizont der Lebenszykluskostenrechnung von 20 bis 30 Jahre und dem langfristigen Horizont der Ökobilanzierung von etwa 100 Jahren. Die lebenszyklische Betrachtung von Umweltwirkungsmechanismen und von, ebenfalls als lebenszyklisch bezeichneten, Kostenberechnungen werden daher unterschiedliche Zeitspannen, durchaus auch ausgehend von Werthaltungen und Interessensgewichtungen zugrunde gelegt. In den untersuchten Studien kamen diesbezüglich die folgenden Betrachtungszeiträume zur Anwendung:

30 Jahre kalkulatorische Nutzungsdauer gemäß ÖNORM M7140, VDI RL 2067 sowie der EN 15459, bzw. auf den Betrachtungszeitraum für Wohngebäude laut EU Leitlinien zur Delegierten Verordnung:

- 02_01 Kostenoptimalität, e7, 11_2012
- 02_02 Kostenoptimalität, energy agency, 12_2012
- 02_06 Kostenoptimalität, OIB, 03_2013 (unvollst. Version von 02_04)
- 02_08 Kostenoptimales Anforderungsniveau für Wohnungsneubauten in Vbg, e7+EIV, 2013
- 03_01 Bauen 2020 - Gebäudesystemvergleich, DUK, 11_2012

30 Jahre kalkulatorische Nutzungsdauer ohne Angabe konkreter normativer Grundlagen:

- 02_03 Kostenoptimalität, TU-Wien, Bednar, 2013

35 Jahre kalkulatorische Nutzungsdauer ohne Angabe konkreter normativer Grundlagen:

- 03_06 Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit, gbv, 10_2013

Betrachtungszeitraum bis 2050 ohne Angabe konkreter normativer Grundlagen:

- 03_09 Gebäude maximaler Energieeffizienz mit integrierter erneuerbarer Energieerschließung, bm:vit, Nachhaltig Wirtschaften, 06_2012

100 Jahre kalkulatorische Nutzungsdauer ohne Angaben konkreter normativer Grundlagen:

- 03_07 Innovative Gebäudekonzepte im Vergleich, ACR, 2014

Sensitivitätsanalytischer Ansatz von kalkulatorischen Nutzungsdauern von 30 bis 150 Jahren auf normativer Grundlage der DIN 276 und der VDI 2067:

03_10 Sensitivitätsanalyse von Gebäudeökobilanzen, Holger König, 03_2012

Die Überlagerung unterschiedlicher Betrachtungszeiträume lässt sich graphisch eindrücklich darstellen.¹

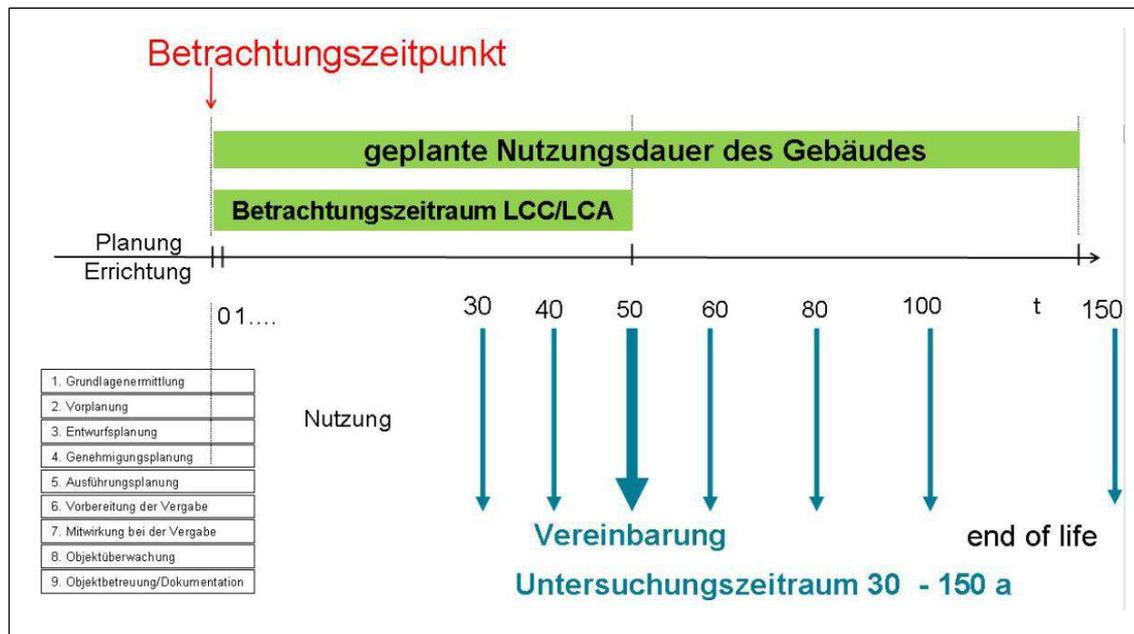


Abbildung 26: Diskrepanz von Betrachtungszeitraum und geplanter Nutzungsdauer eines Gebäudes

Um ermitteln zu können welche Bedeutung der Langlebigkeit baulicher Strukturen in Hinsicht auf Kostenoptimalität und auf Umweltwechselwirkungen zukommt, wird in der Studie von König und De Cristofaro, Sensitivitätsanalyse von Gebäudeökobilanzen bezogen auf den Einzelaspekt Betrachtungszeitraum, ein Referenzgebäude unter der Annahme unterschiedlicher Betrachtungszeiträume berechnet. Folgende Varianten werden untersucht: a = 30 Jahre; a = 40 Jahre; a = 50 Jahre; a = 60 Jahre; a = 80 Jahre; a = 100 Jahre und a = 150 Jahre

Das Referenzgebäude ist ein Massivbau und ist durch folgende Merkmale charakterisiert:

Nutzung: Wohngebäude

Typ: Mehrfamilienhaus, Zweispänner

Geschoßanzahl: dreigeschossig

Gründung: Stahlbetonbodenplatte, ohne Keller

Außenwände: Kalksandstein mit Wärmedämmverbundsystem

Fenster: Kunststofffenster Low-Energy $U_w 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$

Innenwände: Kalksandstein verputzt, Trockenbausysteme

Decke: Stahlbeton 20 cm, Zementestrich

Treppe: Stahlbeton zweiläufig mit Podest

¹ König H. und De Cristofaro L., Sensitivitätsanalyse von Gebäudeökobilanzen bezogen auf den Einzelaspekt Betrachtungszeitraum, 2012, S. 9

Balkone: Zwei Balkone je Geschoß

Dach: Steildach, Dachziegel, Wärmedämmung Mineralwolle, Trockenbauplatte

Innenausbau: mittlerer Standard

Technischer Ausbau: mittlerer Standard

Heizung: Gasbrennwertkessel mit Warmwasser-Bereitstellung mit Speicher

Lüftung: nur Entlüftung Bad, Küche

Energiestandard: Wärmeschutzniveau laut KfW 70 (EnEV 2009), was einem HWB, umgerechnet auf BGF, von $36 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGF}}$ entspricht. Warmwasserbedarf und Hilfsstrombedarf werden zusätzlich berücksichtigt.

Die wesentlichen Daten für die Nachhaltigkeitsbewertung des Gebäudes werden wie folgt ermittelt:

Baukostenberechnung nach DIN 276 Erstellungskosten

Lebenszykluskostenberechnung nach DIN 276 Herstellungs- und Nutzungskosten und nach DIN 18960 und Final Report EU-TG4 LCC in Construction differenziert nach Phasen: Reinigung, Wartung, Instandsetzung, Rückbau

Energiebedarf für Heizung, Warmwasser, Elektrizität sowie Energiebedarfsausweises nach EnEV2009 und DIN 4108-6

Betriebskosten

Umweltbilanzierung mit Stoffflüsse und effektorientierte Bewertung nach ISO 14040-43

Lebenszykluskostenbetrachtung:

Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse werden auf Basis des Modellgebäudes die Lebenszykluskosten ermittelt. Die Zusammenstellung der Barwerte der Lebenszykluskosten ergibt einen Referenzwert für einen Betrachtungszeitraum von 50 a von $1.314 \text{ €/m}^2_{\text{BGF}}$. Der Wert fällt bei einem geringeren Betrachtungszeitraum bis auf $1.090 \text{ €/m}^2_{\text{BGF}}$ bei 30 Jahren und steigt bei einem längeren Betrachtungszeitraum auf einen Wert von $1.470 \text{ €/m}^2_{\text{BGF}}$ bei 150 Jahren. Die Höhe der Lebenszykluskosten verschiedener Betrachtungszeiträume entwickelt sich nicht gleichmäßig, da sie einerseits durch die zeitlichen Abstände von 10, 20 oder 50 Jahren, andererseits durch die fälligen Instandsetzungsmaßnahmen beeinflusst werden. Bei gleich bleibenden Herstellungskosten wird die Steigerung durch die Nutzungskosten verursacht.²

² König H. und De Cristofaro L., Sensitivitätsanalyse von Gebäudeökobilanzen bezogen auf den Einzelaspekt Betrachtungszeitraum, 2012, S. 17

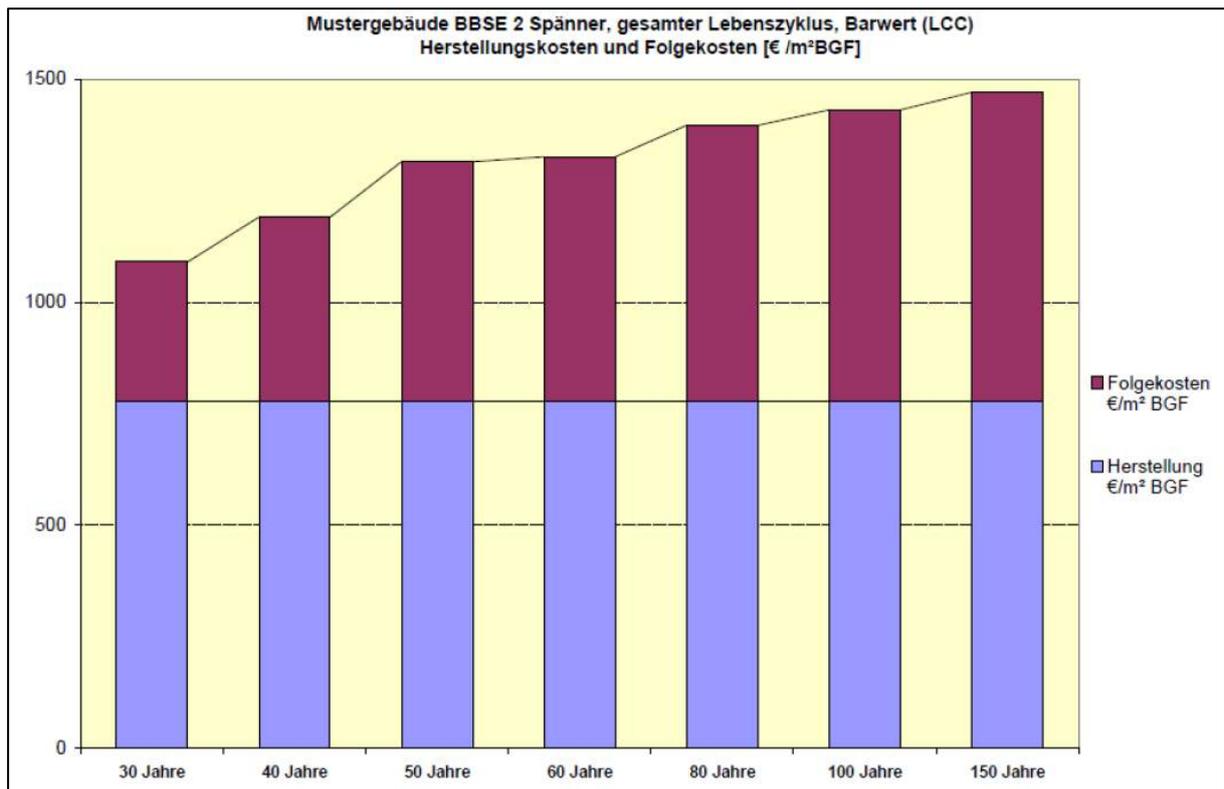


Abbildung 27: Gesamtübersicht Barwert Herstellung und Nutzungskosten

Der Anteil der Nutzungskosten an den gesamten Lebenszykluskosten steigt von 29 % bei 30 Jahren auf 48 % bei 150 Jahren, wobei die stärkste Zunahme bei den Instandsetzungskosten zu verzeichnen ist.

Ökobilanzierung:

Informationen werden der Ökobau.dat Datenbank entnommen, welche die Sach- und Wirkungsbilanzdaten für Bauprozesse, Bauprodukte sowie für Prozesse der Energiebereitstellung und der Entsorgung in der entsprechenden Modularisierung enthält. Bilanziert wird der Energiebedarf, differenziert in Primärenergiebedarf aus erneuerbaren Quellen in kWh und Primärenergiebedarf aus nichterneuerbaren Quellen in kWh.

Die Wirkungsbilanz umfasst die Indikatoren Treibhauspotenzial (CO₂-Äquivalent), Versauerung (SO₂-Äquivalent), Ozonschichtabbaupotenzial (CFC₁₁-Äquivalent), Ozonbildungspotenzial (Ethen-Äquivalent), Überdüngungspotenzial (Phosphat-Äquivalent).

Die Sensitivitätsanalyse zeigt, dass Indikatoren, die stark vom Versorgungsbedarf des Gebäudes mit Energie beeinflusst werden, bei einer Verlängerung des Betrachtungszeitraums stärker ins Gewicht fallen. Ursache dafür sind die hohen Werte der Ökobilanzmodule für die Energiebereitstellung bei diesen Indikatoren, also Treibhauspotenzial und Ozonschichtabbaupotenzial sowie beim Bedarf an nicht erneuerbarer Primärenergie. Bei der Verlängerung des Betrachtungszeitraums steigt der

prozentuale Anteil des Betriebs bei diesen drei Indikatoren um 30 bis 50 % an und verursacht 50 % bis 63 % der Umweltbelastung im Lebenszyklus von 150 Jahren.³

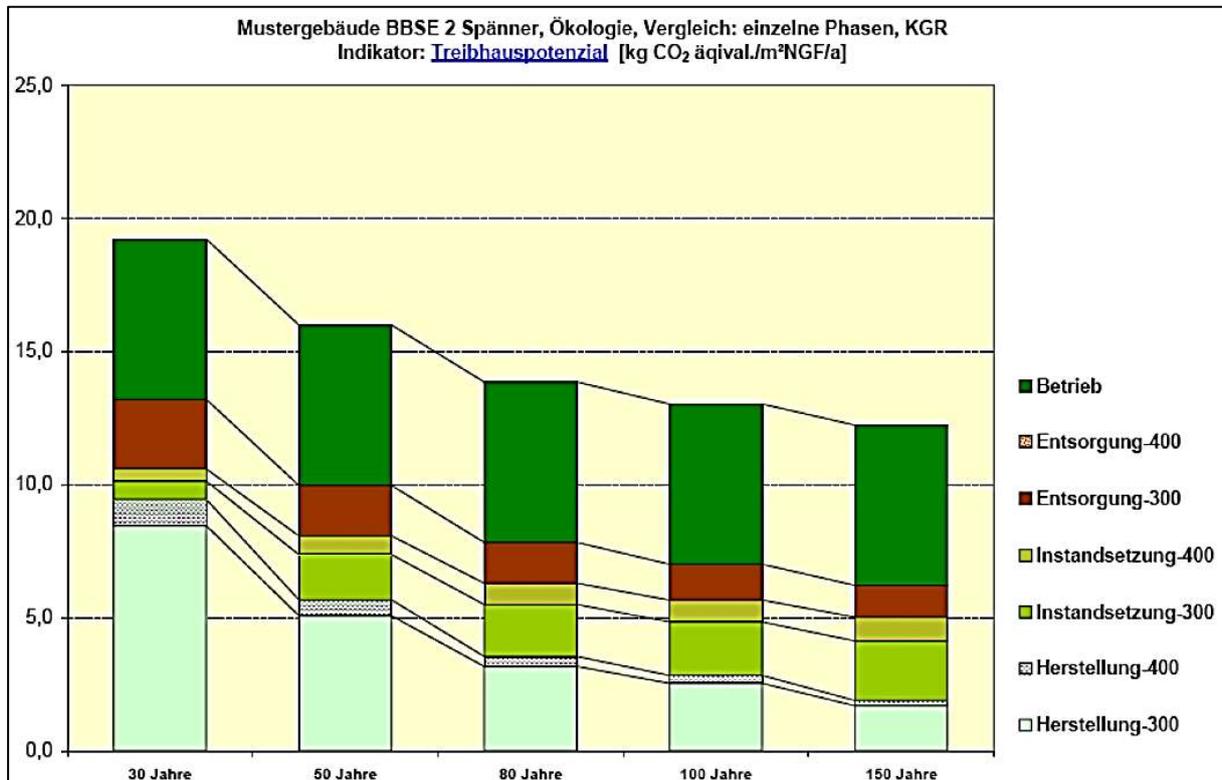


Abbildung 28: Gesamtübersicht Treibhauspotenzial Gebäude nach den Kostengruppen: 300 Baukonstruktion und 400 Technische Anlagen

Dagegen sind Indikatoren Ozonbildungspotenzial, Versauerungspotenzial, Überdüngungspotenzial sowie der Bedarf erneuerbarer Primärenergie stärker durch die Umweltbelastung von Herstellungs- und Instandsetzungsprozessen geprägt. Die Umweltbelastung durch die Herstellung reduziert sich bei einer Verlängerung des Betrachtungszeitraums um 100 Jahre auf 150 Jahre bei jedem Indikator um mehr als 50 %. Die Umweltbelastung durch die Instandsetzung steigt im selben Zeitraum zwischen 50 und 75 % an. Verursacht wird dies durch Austauschprozesse im Bereich der kurzlebigen Bauprodukte des nicht tragenden Ausbaus und der technischen Anlagen.⁴

³ König H. und De Cristofaro L., Sensitivitätsanalyse von Gebäudeökobilanzen bezogen auf den Einzelaspekt Betrachtungszeitraum, 2012, S. 27

⁴ König H. und De Cristofaro L., Sensitivitätsanalyse von Gebäudeökobilanzen bezogen auf den Einzelaspekt Betrachtungszeitraum, 2012, S. 58

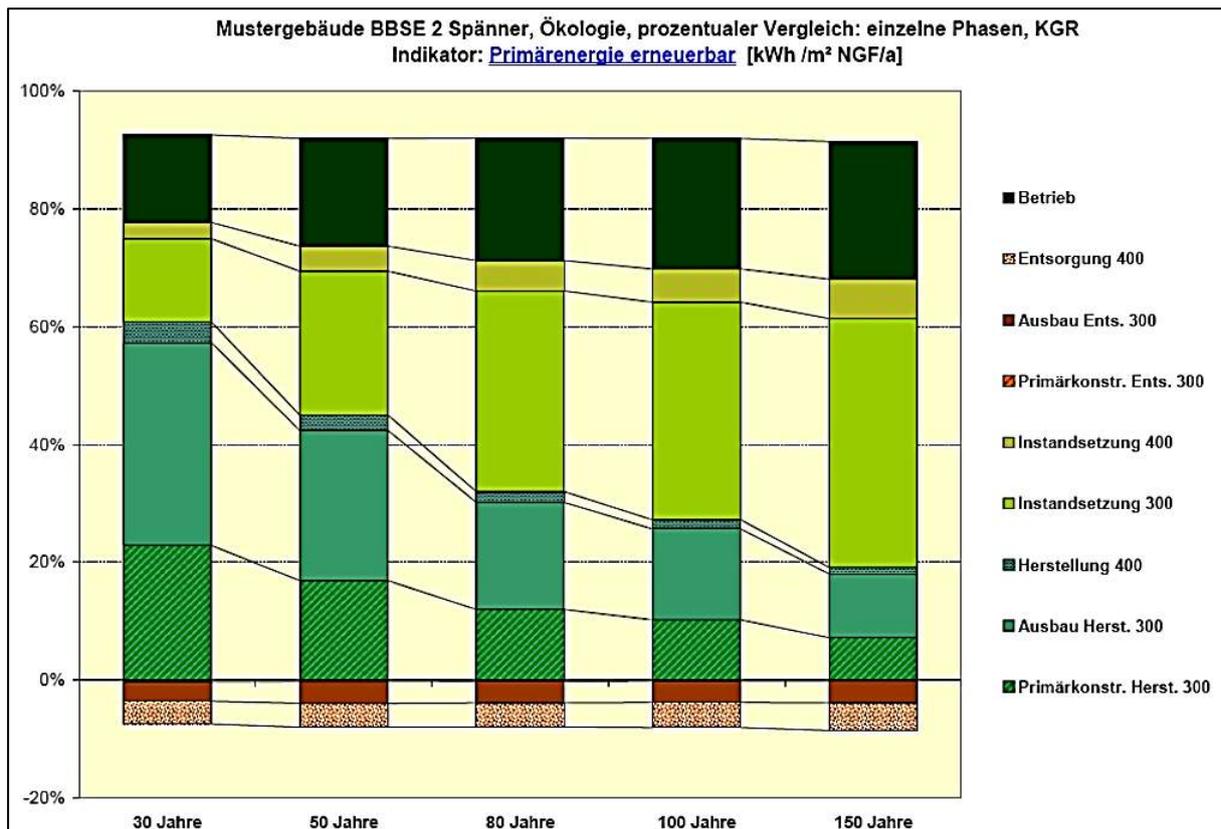


Abbildung 29: Gesamtübersicht Primärenergie erneuerbar. Gebäude aufgeteilt, Rohbau-Ausbau prozentual und nach den Kostengruppen: 300 Baukonstruktion und 400 Technische Anlagen

Abschließend kann festgehalten werden, dass die durchgeführten Berechnungen zeigen, dass bei einem längeren Betrachtungszeitraum der hohe Herstellungsaufwand der Primärkonstruktion kontinuierlich abnimmt und dadurch der Anteil am Gesamtergebnis der Ökobilanz bei allen Indikatoren relativiert wird. Das Optimierungspotenzial, das von langlebigen Konstruktionen im Bereich der Kosten und der Umweltwirkungen ausgeht, wird bei kurzen Betrachtungszeiträumen nicht entsprechend ablesbar.

Weitere Analyseergebnisse etwa der Studie o2_o1 Kostenoptimalität, e7, 11_2012, wo im Zug eine Sensitivitätsanalyse die Auswirkungen einer Reduktion der Nutzungsdauer der Dämmmaßnahmen von 60 auf 35 Jahre betrachtet wurde, finden sich unter Fragestellung A.

7.3 Wechselwirkungen zwischen Energieeffizienz, Kostenoptimalität und Komfort

In den Studien o3_o9 Gebäude maximaler Energieeffizienz mit integrierter erneuerbarer Energieerschließung, bm:vit, Nachhaltig Wirtschaften, o6_2012 und o3_o4 Wohnkomfort und Heizwärmeverbrauch im PH und NEH, Rhomberg, o3_2013 sowie o3_12 Nachhaltigkeits-Monitoring ausgewählter Passivhaus-Wohnanlagen in Wien, Treberspurg, Smutny et al, 12_2009, werden explizit Behaglichkeitskriterien und das Nutzerverhalten in Bezug zum Energiestandard der Gebäude gestellt.

Als zu implementierende Kriterien für thermische Behaglichkeit werden in der Studie o3_09 Gebäude maximaler Energieeffizienz mit integrierter erneuerbarer Energieerschließung, bm:vit, Nachhaltig Wirtschaften, o6_2012 – Gebäude maximaler Energieeffizienz mit integrierter erneuerbarer Energieerschließung die Umgebungsbedingungen für thermische Behaglichkeit gemäß EN ISO 7730 nach dem Wärmebilanzmodell nach Fanger herangezogen. Die Auswertung erfolgt nach PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) und PMV (Predicted Mean Vote) und damit basierend auf den Empfindungen der Nutzer. Die wesentlichen Raumklimafaktoren nach dem Wärmebilanzmodell nach Fanger sind die Raumlufttemperatur, Raumluftfeuchte und Luftbewegung sowie Strahlungsasymmetrien durch Temperaturunterschiede der Raumumschließungsflächen. In der Studie erfolgt die Berechnung der Raumkonditionen auf der Grundlage der Modellbildung „International Building Physics Toolbox“ von Angela Sasic Kalagasidis. Dabei wird als weitere Kriterien für Behaglichkeit die Lage von Arbeitsplätzen in Abhängigkeit von der Fassade und der Raumposition, der Grundriss- und Raumgeometrie, der Bauteileigenschaften, der Art der Haustechnikanlagen, der klimatischen Randbedingungen und der innere Lasten gebracht. Problematisch in Hinsicht auf die Gesamtstudie ist entsprechend die Betrachtung einer Bürosituation, die mit den Anforderungen und Bedingungen des Wohnbaus nicht gleichgesetzt werden kann.

Entsprechend sind die erhobenen Ergebnisse auf den Wohnbau nur bedingt anwendbar. Grundsätzlich sind höhere Dämmstärken hinsichtlich des Primärenergiebedarfs als positiv zu bewerten. Ebenso positiv wirkt sich ein niedriger U-Wert der Fassadenelemente auf die Behaglichkeit im Heizbetrieb aus. Die Beeinflussung der Behaglichkeit durch eine Verbesserung der thermischen Hülle fällt zwar negativ im Kühlbetrieb auf, ist aber durch Anbringung einer außenliegenden Verschattung weitestgehend kompensierbar.⁵

Die Studie o3_04 Wohnkomfort und Heizwärmeverbrauch im PH und NEH, Rhomberg, o3_2013, nimmt insofern eine methodische Sonderstellung unter den ausgewählten Studien ein, als an zwei gleichartigen Wohnobjekten, die sich vorwiegend nur durch ihre Dämmstandards und der diesen Dämmstandards entsprechend unterschiedlichen Gebäudetechnik voneinander unterschieden, vergleichende Untersuchungen durchgeführt werden konnten. Explizit wird untersucht, ob sich aus den unterschiedlichen Dämmstandards ein unterschiedlicher Wohnkomfort ergibt.

Im Rahmen eines Gebäudemonitorings wurden diesbezüglich die Raumtemperaturen, die Raumluftqualitäten Luftfeuchte und CO₂-Konzentration, Luftstromgeschwindigkeit, Beleuchtungsstärke, Schalldruckpegel, niederfrequente elektrische und hochfrequente elektromagnetische Strahlungen aufgezeichnet. Mittels monatlicher Abfrage wurde eine Langzeitbeurteilung möglich. Das Komfortempfinden wurde sowohl im Winter- wie im Sommerhalbjahr erhoben. Abgefragt wurden dabei folgende Kriterien, die guten Wohnkomfort nach Buber bezeichnen: gute Luftqualität beschrieben als Frischluft und angenehme Luftfeuchtigkeit, Wärme- bzw. Temperaturempfindung betreffend die Luft, den Fußbodens, die

⁵ Bointner R., Bednar T., Eikemeier S., Ghaemi S., Haas R., Harreither C., Huber-Fauland H., Ipser C., Krec K., Leeb M., Ponweiser K., Steiner T., Stieldorf K., Wegerer P., Wertz D., Gebäude maximaler Energieeffizienz mit integrierter erneuerbarer Energieerschließung, 56a, 2012, S.101

Badewanne, etc. Helligkeit der Räume und Sonnenlicht.⁶ Diese wurden mit den Qualitäten, wie sie im Vorarlberger Ökopass beinhaltet sind abgeglichen und entsprechend zusätzlich abgefragt.

Das Ergebnis wird in der folgenden Tabelle veranschaulicht:⁷

Wohnkomfort allgemein	Passivhaus	Niedrigenergiehaus	Messeinheit	p*
Angenehme Raumtemperatur am Tag	87	98	% der Befr.	0,425
Angenehme Raumtemperatur in der Nacht	86	91	% der Befr.	0,517
Angenehme Temperatur des Boden	97	93	% der Befr.	0,487
Angenehme Temperatur der Wand	98	98	% der Befr.	0,522
Angenehme Temperatur der Fenster	89	98	% der Befr.	0,402
Angenehme Raumlufffeuchtigkeit	70	86	% der Befr.	0,310
Sauberkeit der Raumluff	0,4	0,6	Skala 0-3	0,252
gutes Luftqualitätsurteil durch Besucher	80	86	% der Befr.	0,459
andere positive Urteile durch Besucher	80	86	% der Befr.	0,459
Probleme mit Feuchteschäden	4	11	% der Befr.	0,370
Probleme mit neuen Allergien	0	0	% der Befr.	-
Probleme mit Stechmücken u.ä.	0	14	% der Befr.	0,038
Schlafqualität	0,8	1,0	Skala 0-3	0,130
Geräuschbelästigung	2,3	2,2	Skala 0-3	0,457
Geruchsbelästigung	7	14	% der Befr.	0,261
Wahrnehmung eines Luftzugs	4	0	% der Befr.	0,043

*Irrtumswahrscheinlichkeit in der Inferenzstatistik (Signifikanz bei $p < 0,050$)

Tabelle 4: Befragungsergebnisse Innenraumbegleichheit, Zufriedenheit, Quelle: Rhomberg

Über das gesamte Jahr betrachtet wurde in beiden Gebäudetypen von den BewohnerInnen die Raumtemperatur am Tage als angenehm eingestuft. Im Passivhaus traf 87 % und im Niedrigenergiehaus auf 98 % aller Befragungen zu. In der Nacht waren das im Passivhaus 86% und im Niedrigenergiehaus waren es 91 % aller Befragungen. Die Temperatur der Bodenoberfläche wurde im Passivhaus in 97 % aller Befragungen als angenehm empfunden und im Niedrigenergiehaus in

⁶ Buber, R., Gadner, J. & Höld, R. (2007). Wohnen in Passivhäusern. Der Einsatz des Fokusgruppeninterviews zur Identifikation von Wohlfühlkomponenten. In R. Buber & H. Holzmüller (Hrsg.), Qualitative Marktforschung, 2007, S. 825-845.

⁷ Rhomberg Bau GmbH (Hrsg.), Wohnkomfort und Heizwärmeverbrauch im Passivhaus und Niedrigenergiehaus, 2013, Kurzbericht S.22

93 % aller Befragungen. Die Temperatur der Wandoberfläche wurde im Passivhaus und im Niedrigenergiehaus in 98 % aller Befragungen als angenehm empfunden. Bei einer geringeren Oberflächentemperatur der Wand im Winter ist auch eine geringere Behaglichkeit der BewohnerInnen zu beobachten. Die Temperatur der Fensteroberfläche wurde im Passivhaus in 89 % aller Befragungen als angenehm empfunden und im Niedrigenergiehaus in 98 % aller Befragungen.

Die Luftfeuchtigkeit im Raum wurde im Passivhaus in 70 % aller Befragungen als angenehm empfunden und im Niedrigenergiehaus in 86 % aller Befragungen. Die hohe Raumfeuchtigkeit wurde im Passivhaus als schwüles Raumklima empfunden. Zu niedrige Raumfeuchtigkeit wurde im Passivhaus in Form von Hautreizung sowie trockener Nasenschleimhäute empfunden und im Niedrigenergiehaus als trockener Hals.

Festzuhalten bleibt, dass die verglichenen Samples jeweils gering und unterschiedlich groß waren. Die tendenziell bessere Bewertung des Komforts im Niedrigenergiehaus muss daher als Spezifikum betrachtet werden und kann nicht exemplarisch auf andere Gebäude übertragen werden.

In 03_12 Nachhaltigkeits-Monitoring ausgewählter Passivhaus-Wohnanlagen in Wien, Treberspurg, Smutny et al, 12_2009, wurde zusätzlich zum Energiemonitoring eine umweltpsychologische Evaluation (Post Occupancy Evaluation) von sechs der untersuchten Passivhaussiedlungen (225 Wohneinheiten) im Vergleich zu konventionellen Bauten (156 Wohneinheiten) durchgeführt. Die Auswertung dieser Ergebnisse findet sich im gegenständlichen Bericht im Kapitel 7.3 - Wechselwirkungen zwischen Energieeffizienz, Kostenoptimalität und Komfort.

Dieser Studienteil wurde von Dr. Alexander G. Keul, Ass.Prof. Univ.Salzburg, Hon.Prof. TU Wien Umweltpsychologie, Evaluationsforschung Fachbereich Psychologie, Universität Salzburg, durchgeführt.

Überprüft wurden folgende Hypothesen:

1. Wohnzufriedenheit mit Passivhaus-Großwohnsiedlungen entspricht quantitativ jener in großen Altbauten. Es wird angenommen, dass sich Wohnen als komplexe, routinierte Alltagshandlung in verschiedenen Wohnformen nicht grundlegend unterscheidet und daher auch die Wohnzufriedenheit wenig differiert. Mit zeitlich zunehmender Mensch-Umwelt-Passung, teils durch Aneignung, teils resignativ, wächst auch die Wohnzufriedenheit.
2. Wohnen im Passivhaus wird von einer Zielgruppe bewusst gesucht, die sich von der Allgemeinbevölkerung systematisch unterscheidet.
3. Passivhaus-Wissen und -Interesse folgt dem allgemeinen Umweltbewusstsein und ist bei Passivhaus-Bewohnern, auch durch Alltagserfahrung, ausgeprägter als im Altbau.
4. Wohnzufriedenheit mit dem Passivhaus hängt von der kompetenten Vermittlung dieser Wohnform ab. Es wird angenommen, dass sich ein komplexes Objekt wie ein Passivhaus sich „naiv“ nicht erfolgreich aneignen lässt, sondern Vermittlung durch Experten („Technikmediation“) erforderlich wird.
5. Probleme mit Raumtemperatur und -feuchte bewegen sich im selben Bereich wie bei Altbauten, werden aber verstärkt wahrgenommen. Über Probleme dieser Art wird seit den ersten Passiv-Großwohnbauten geklagt. Es wird angenommen, dass jeder Geschosswohnbau, besonders im ersten Winter ab Bezug („Trocknungsphase“), gewisse Schwächen bei der Temperatur- und Feuchteregulation aufweist, jedoch Passivhäuser durch ihre neuartige

Heizung die Aufmerksamkeit ihrer Bewohner auf diesen Bereich fokussieren („Priming“), weshalb Abweichungen verstärkt wahrgenommen und negativ bewertet werden.

Hypothese eins wurde bestätigt und sogar übertroffen: Hohe Wohnzufriedenheit („sehr zufrieden“) bewegt sich in fünf der sechs untersuchten PH-Siedlungen (bis zu 80% sehr zufrieden) deutlich über jener der Referenzgruppe der Niedrigenergiehäuser (40% sehr zufrieden).

Hypothese zwei wurde nicht bestätigt. Die BewohnerInnen der Passivhäuser unterschieden sich nicht systematisch von der Allgemeinbevölkerung. Das Passivhaus stellte nur in einem der sechs untersuchten Passivhaussiedlungen ein nennenswertes Entscheidungsmerkmal dar.

Hypothese drei wurde bestätigt. Passivhaus-Wissen und –Interesse ist bei Passivhaus-Bewohnern ausgeprägter als in der Vergleichsgruppe.

Hypothese vier wurde bestätigt. Wohnzufriedenheit mit dem Passivhaus hängt von der kompetenten Vermittlung dieser Wohnform ab.

Hypothese fünf wurde weder bestätigt noch widerlegt. Es ergab sich eine höhere Unzufriedenheitsrate in Passivhäusern mit Raumtemperatur und –feuchte als in der Kontrollgruppe. Ob dieses Votum von realen Mängeln geprägt ist oder ein Ergebnis erhöhter Aufmerksamkeit ist, wurde nicht herausgearbeitet.

7.4 Normenexzerpt zu Wechselwirkungen von Ökologie und Sozialem

In keiner der untersuchten Studien finden sich Aussagen zu sozialen Auswirkungen von energie- oder kostenoptimierten Bauformen im übergeordneten Maßstab, etwa im städtebaulichen Kontext. Aber auch wesentliche Aspekte der Ökologie, wie Umweltwirkungen im Zusammenhang mit dem Verlust an Biodiversität, werden nicht behandelt. Gerade letzteres ist umso erstaunlicher als der Biodiversitätsverlust als Wirkungsendpunkt als deutlich bedrohlicher eingeschätzt wird als beispielsweise der Klimawandel.^{8,9}

⁸ Rockström J., A safe operating space for humanity, Nature 461, 472-475, 2009

⁹ http://www.nature.com/news/specials/planetaryboundaries/images/main_bg5.jpg

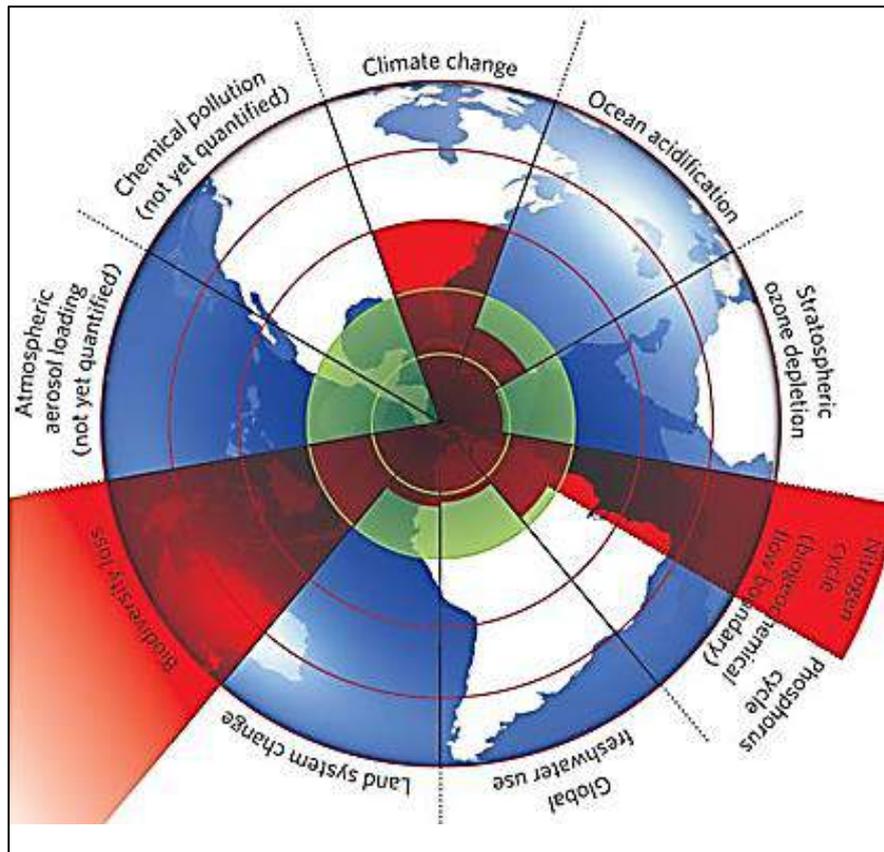


Abbildung 30: Überschreitung biophysikalischer Belastungsgrenzen der Erde nach dem Planet Boundaries Modell, Quelle: Rockström

Die Betrachtung von sozialen und weiterführenden Umweltindikatoren ist trotz deren Bedeutung und Wichtigkeit im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung in den vorliegenden Studien nicht vorhanden. Daher wird ein kurzes Normenexzerpt zu diesen Indikatoren abschließend angeführt.

05_01 ÖNORM EN 15643-1 bis -4 Nachhaltigkeit von Bauwerken, 2010 bis 2012

Erweiterung:

05_03 EN 15978: Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode, 10_2012

05_04 ÖNORM EN ISO 14044 Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen, 10_2006

05_05 ÖNORM EN ISO 14025 Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Typ III Umweltdeklarationen - Grundsätze und Verfahren, 07_2010

05_07 ISO 21931-1: Sustainability in building construction - Framework for methods of assessment of the environmental performance of construction works - Part 1: Buildings, 06_2010

05_08 ISO 15392: Sustainability in building construction - General principles, 05_2008

Es ist anzumerken, dass der Wortlaut der, aus den Normen exzerpierten Textpassagen, wenn im Sinne der Verständlichkeit notwendig, sprachlich angepasst wurde. Veränderungen der inhaltlichen Aussagen haben in keiner Weise stattgefunden.

7.5 Normenexzerpt: Aspekte umfassender Nachhaltigkeit

Die folgenden Gruppen von Umweltindikatoren sind für die Beschreibung der umweltbezogenen Qualität einzusetzen:

- Indikatoren für Umweltauswirkungen (LCIA-Kategorien, Wirkungsabschätzung)
- Indikatoren für den Einsatz von Ressourcen (Umweltaspekte)
- Indikatoren für weitere umweltbezogene Informationen (Umweltaspekte)

EN 15643-2, 6.2

Zur Norm zusätzliche Indikatoren für Umweltauswirkungen (LCIA-Kategorien)

- Biodiversität
- Ökotoxizität
- Toxizität für den Menschen
- Änderung der Landnutzung

EN 15643-2, B.2

Die Umweltrelevanz des Wirkungsindikators sollte mit Blick auf Wirkungsendpunkte, eindeutig angegeben werden:

- des Zustandes der Wirkungsendpunktes
- der relativen Größenordnung der abgeschätzten Änderungen im Wirkungsendpunkt
- räumlicher Aspekte wie Gebiet und Ausmaß
- zeitlicher Aspekte wie Dauer, Verweilzeit, Persistenz, Zeitverlauf, usw.
- der Umkehrbarkeit des Umweltwirkungsmechanismus
- der Unsicherheit der Verbindungen zwischen den Wirkungsindikatoren und den Wirkungsendpunkten

ISO 14044, 4.4

Die umweltbezogene Qualität eines Gebäudes stellt nur einen Aspekt in Bezug auf dessen Nachhaltigkeit dar. Die soziale und ökonomische Qualität eines Gebäudes sind ebenfalls Aspekte seiner Nachhaltigkeit, die im Rahmen einer Nachhaltigkeitsbewertung untersucht werden sollten.

EN 15978, E

Eine Typ III Umweltdeklaration muss, soweit erforderlich, zusätzliche, auf Umweltthemen bezogene Angaben, die jedoch nicht mit der Ökobilanz, der Sachbilanz oder den Informationsmodulen abgedeckt werden, umfassen. Die Feststellung der signifikanten Umweltaspekte sollte mindestens Folgendes berücksichtigen:

- Angaben zu Umweltthemen wie:
- Artenvielfalt
- Toxizität
- Geographische Aspekte
- Daten zur Funktion und Leistung des Produktes, wenn dies von Bedeutung für die Umwelt ist
- Umwelt bezogene Maßnahmen der Organisation
- Grenzen einer effizienten Nutzungsweise des Produkts

ISO 14025, 7.2

The issues used to assess the environmental performance of a building should be presented as structured lists shall include:

- *environmental impacts global and local*
- *environmental aspects*

ISO 21931-1, 5.6

Environmental impacts are:

- *Global and interregional environmental impacts*
 - o *climate change*
 - o *depletion of the stratospheric ozone layer*
 - o *acidification of land and water sources*
 - o *eutrophication*
 - o *formation of tropospheric ozone (photochemical oxidants)*
- *Local environmental impacts*
 - o *local impacts on biodiversity and ecology (flora and fauna)*
 - o *load on local infrastructure (such as services and sewerage system)*
 - o *change of microclimate*
 - o *impact on surface drainage*

ISO 21931-1, 5.6

When the assessment method includes consideration of social aspects related to the indoor environment in the use stage, the following issues should be considered and included, where relevant:

- *indoor air conditions*
- *hygro-thermal conditions*
- *visual conditions*
- *acoustic conditions*
- *characteristics of water*
- *intensity of electromagnetic fields*
- *radon concentration*
- *presence of mould*

ISO 21931-1, A.2

When the assessment method includes consideration of social aspects related to the local outdoor

environment, the following issues should be considered and included, where relevant:

- wind loads*
- noise*
- shading or glare on neighbouring property*
- odours*

ISO 21931-1, A.3

The built environment is a key element in determining quality of life, and contributes to cultural identity and heritage. As such, it is an important factor in the appreciation of the quality of the environment in which society lives and works.

ISO 15392,I

The building and construction sector is highly important for sustainable development

ISO 15392,I

because:

- *it is a key sector in national economies*
- *it has a significant interface with poverty reduction through the basic economic and social services provided in the built environment and the potential opportunities for the poor to be engaged in construction, operation and maintenance*
- *it is one of the single largest industrial sectors and, while providing value and employment, it absorbs considerable resources, with consequential impacts on economic and social conditions and the environment*
- *it creates the built environment, which represents a significant share of the economic assets of individuals, organizations and nations, providing societies with their physical and functional environment*
- *it has considerable opportunity to show improvement relative to its economic, environmental and social impacts*

Over their life cycle, construction works absorb considerable resources and contribute to the transformation of areas. As a result, they can have considerable economic consequences, and impacts to the environment and human health.

ISO 15392,1

Strategies will reflect the context, the preconditions and the priorities and needs, not only in the built environment, but also in the social environment. This social environment includes social equity, cultural issues, traditions, heritage issues, human health and comfort, social infrastructure and safe and healthy environments. It may, in addition, particularly in developing countries, include poverty reduction, job creation, access to safe, affordable and healthy shelter, and loss of livelihoods.

ISO 15392,1

Addressing sustainability in buildings and other construction works includes the interpretation and consideration of sustainable development in terms of its three primary aspects – economic, environmental, and social aspects – while meeting the requirements for technical and functional performance of the construction works. These aspects are inextricably linked to each other and interdependent.

ISO 15392,4

Instead of referring to absolute attributes, such as "sustainable construction" or "sustainable building", it is more appropriate to discuss the extent to which the built environment and its elements support and contribute to sustainable development.

ISO 15392,5.1

8 Ergebnisse zu Frage D: Kostenunterschiede der Bauweisen

8.1 Liste der spezifisch relevanten Studien

Zur Frage nach dokumentierten Kostenunterschieden zwischen Bauweisen wurden die folgenden Studien analysiert.

- 02_02 Kostenoptimalität, energy agency, 12_2012
- 03_01 Bauen 2020 - Gebäudesystemvergleich, DUK, 11_2012
- 03_07 Innovative Gebäudekonzepte im Vergleich, ACR, 2014

Die übrigen Studien aus Kapitel 5 (Untersuchung der Frage A: Niveaus des rechnerischen Kostenoptimums der Gesamtenergieeffizienz) mussten ausgeschieden werden:

- Studie 02_01 (Kostenoptimalität, e7, 11_2012) nimmt in den ausgeführten Berechnungen der Kostenoptimalität keine Differenzierung unterschiedlicher Konstruktionstypen vor. Es werden drei Referenzgebäude (MFH_groß, MFH_klein und EFH) abgebildet. MFH_groß und MFH_klein werden als Betonkonstruktion mit WDVS, das EFH wird als Ziegel mit WDVS modelliert.
- Studie 02_03 (Kostenoptimalität TU-Wien, Bednar, 2013) untersucht drei Referenzgebäude EFH, MFH klein und MFH groß. Zusätzlich werden drei Konstruktionstypen erwähnt, für welche die Untersuchungen ausgeführt werden. „Monolithisch (Hochlochziegel)“, „WDVS mit EPS“, „Hinterlüftete Fassade“. Darüber hinaus sind die Bauweise aber nicht dokumentiert und werden auch in der Ergebnisdarstellung nicht differenziert.
- Studie 02_04 (Kostenoptimalität, OIB, 03_2014) analysiert vier Referenzgebäude (EFH, MFH, GWB, DLG) und differenziert hinsichtlich der Herstellungskosten allein im Wohnungsneubau nicht weniger als sieben baukonstruktive Varianten: Holzriegelbauweise, Massivholzbauweise, Stahlbetonbauweise mit VHF, Stahlbetonbauweise mit WDVS, Ziegelbauweise mit WDVS, Ziegelbauweise (monolithisch) inklusive Variationen bei den Fensterbauarten. Die Ergebnisse unterschiedlicher Herstellungskosten werden aber in den Auswertungen nicht gesondert ausgewiesen, sondern gemittelt.
- Studie 02_08 (Kostenopt. Anforderungsniveau f. Whgs.-neubauten in Vbg, e7+EIV, 2013) untersucht die Kostenoptimalität von Anforderungsniveaus anhand von drei Referenzgebäuden (MFH_groß, MFH_typisch und EFH) mit ebenfalls drei unterschiedlichen Konstruktionstypen (Massivbau und Holzbau bzw. Mischbau für EFH und kleines MFH, Massivbau für großes MFH). Für einen Kostenvergleich unterschiedlicher Bauweisen kann die Studie dennoch keine Aussagen liefern, da alle Kostendokumentationen für jeden Konstruktionstyp normiert sind auf den Basiswert der Kosten der thermisch anspruchslosesten Variante, womit kein Quervergleich gezogen werden kann über die kostenseitigen Auswirkungen unterschiedlicher Bauweisen.
- Studie 03_09 (Gebäude maximaler Energieeffizienz mit integrierter erneuerbarer Energieerschließung, bm:vit, Nachhaltig Wirtschaften, 06_2012) enthält keine verwertbaren Kostenvergleiche von Bauweisen.

8.2 Ergebnisse aus den spezifisch relevanten Studien

8.2.1 02_02 Kostenoptimalität, energy agency, 12_2012

Es werden zwei Referenzgebäude (MWB und EFH) abgebildet. Zusätzlich werden drei Konstruktionstypen (Ziegelmassivbau, Holzleichtbau und Holzmassivbau) vorgenommen, die wie folgt skizziert werden:

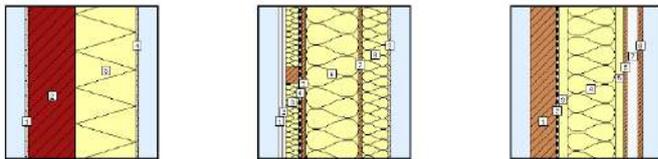


Abbildung 31: Ziegelmassivbauweise, Holzleichtbauweise, Holzmassivbauweise

Die Varianten des Wärmeschutzniveaus werden modelliert anhand des HWB laut OIB-RL 6. Mit den Varianten wird ein Bereich von $\text{HWB} = 35 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$ bis $\text{HWB} = 15 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$ abgedeckt, bei einer charakteristische Länge von 2,47 m also entsprechend etwa der HWB 16er-Linie bis sogar unter HWB 8er-Linie.

Es werden nur die Kosten jener Komponenten angegeben, deren Variation die Gesamtenergieeffizienz direkt beeinflusst. Auch Ersatz und Restewerte werden daher nur für diese Komponenten berücksichtigt. Welche Lebensdaueransätze für die Gebäudehüllenstruktur in Abhängigkeit vom Konstruktionstyp angesetzt werden, geht aus der Studie nicht hervor. Alle angesetzten Kosten beinhalten sowohl Material- als auch Montagekosten (etwaige Gerüstkosten etc.). Die so erhobenen Angaben wurden durch Absprache mit ExpertInnen sowie durch einen Vergleich mit dem BKI für 2012 überprüft und abgesichert.

Die nachstehenden Tabellen geben einen Überblick über die angesetzten energierelevanten Kosten. Die Kosten verstehen sich inklusive Umsatzsteuer. Die Bandbreite der Kosten erklärt sich durch die unterschiedlichen thermischen Gebäudestandards sowie die unterschiedlichen Ausführungen der energietechnischen Systeme der untersuchten Varianten.

Vor diesem Hintergrund weist die Studie einen Kostenvorteil bei den Errichtungskosten für den Holzbau aus. Siehe folgende Tabelle.

Bauweise	Errichtungskosten [€] EFH	Errichtungskosten [€] MWB
Ziegelmassivbauweise	97.416 bis 111.592	356.803 bis 403.193
Holzleichtbauweise	83.042 bis 96.993	292.412 bis 345.823
Holzmassivbauweise	-	321.694 bis 359.624

Tabelle 5: Investitionskosten aller energierelevanten Teile, Neubau (Quelle: energy agency)

Bezogen auf einen Quadratmeter Bruttogrundfläche werden für die bloße Herstellung Mehrkosten der monolithischen Ziegelbauweise gegenüber der Holzleichtbauweise von bis zu 75,- EUR/m²_{BGF} angegeben.

Im Vergleich zwischen monolithischer Ziegelbauweise und Holzmassivbauweise werden Mehrkosten der Ziegelbauweise von nur mehr ca. 30,- EUR/m²_{BGF} angegeben.

Diese Größenordnungen der Kostenunterschiede zwischen den Bauweisen sind auch aus den Ergebnissen der Lebenszykluskostenberechnungen über den Betrachtungszeitraum von 30 Jahren angegeben, worin, wie bereits erwähnt, keine Restwerte der nicht energierelevanten und somit nicht kostenseitig berücksichtigten baulichen Struktur des Gebäudes abgebildet werden.

8.2.2 03_01 Bauen 2020 - Gebäudesystemvergleich, DUK, 11_2012

Es wird ein einziges Referenzgebäude abgebildet, in Form eines als charakteristisch anzusehenden EFH und Reihenmittelhauses. Es wird dieses Gebäude in zwei Bauweisen (Holzriegel mit Mineralwolle und alternativ mit Zellulosedämmung und Ziegel mit EPS oder alternativ monolithisch), in drei thermischen Qualitäten (TQ10 mit HWB = 10 kWh/m²_{BGFA}, TQ 25 mit HWB = 25 kWh/m²_{BGFA}, TQ 45 mit HWB = 45 kWh/m²_{BGFA} und mit 8 Wärmebereitstellungssystemen (darunter auch teilsolare Raumheizung) definiert.

Für diese Konstellationen werden neben energetischen und ökologischen Kennzahlen auch die Errichtungskosten und annuitätische Betriebskosten berechnet und vergleichend ausgewertet.

Die Kosten für Außenwände, Fenster, Decken, Dach und Keller werden detailliert auf Basis realer Einheitspreise kalkuliert. Es wird von den StudienautorInnen angenommen, dass mit diesen Kosten eine Größenordnung von 60% der Bauwerkskosten ohne Raumheizung und Warmwasserbereitung berücksichtigt sind. Es wird der Betrag der fehlenden 40% für Innenausbau und Sanitär- und Elektro-Basisinstallation aus dem Wert der kalkulierten Bauteilkosten der Basis-Effizienzvariante errechnet und allen zwölf Gebäudevarianten aufgeschlagen, womit sich realistische, aber spezifisch nach Gebäudetyp, Bauweise und thermischer Qualität abgestufte Werte für die Bauwerkskosten, also die Kostenbereiche 2 bis 4 laut ÖNORM B 1801-1, ergeben.

Die spezifischen Werte der Bauwerkskosten beziehen sich auf die Bruttogrundfläche.

Ganz bewusst legt die Studie die Kosten und die Umweltfolgen der Gebäudeerrichtung nicht auf annuitätische Kosten um, nachdem die Frage eines differenzierten Lebensdaueransatzes zwischen Holzbau und Massivbau nicht fundiert entscheidbar erschien.

Für die Bauwerkskosten wie oben beschrieben dokumentiert die Studie im direkten Vergleich von Ziegel+WDVS und Holz+Mineralwolle geringfügige Mehrkosten der Holzbauweise von bis zu 34,- EUR/m²_{BGF} oder 2% der Bauwerkskosten.

Im Vergleich zwischen Ziegel Massiv und Holz+Zellulose werden nennenswerte Mehrkosten der Holzbauweise von bis zu 141,- EUR/m²_{BGF} oder 9% der Bauwerkskosten dokumentiert. Siehe folgende Abbildung 32 und Abbildung 33.

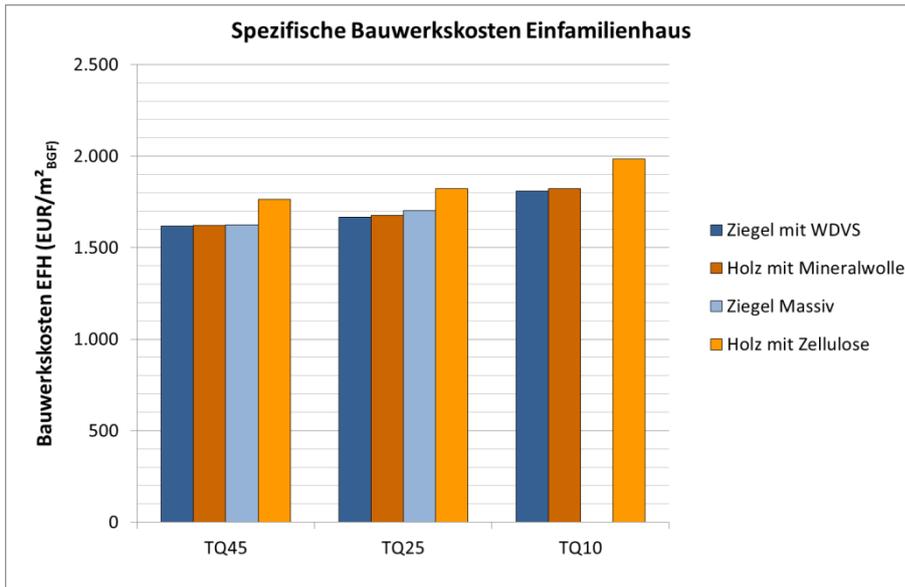


Abbildung 32: Bauwerkskosten EFH nach Thermischer Qualität und Bauweise (Quelle: DUK)

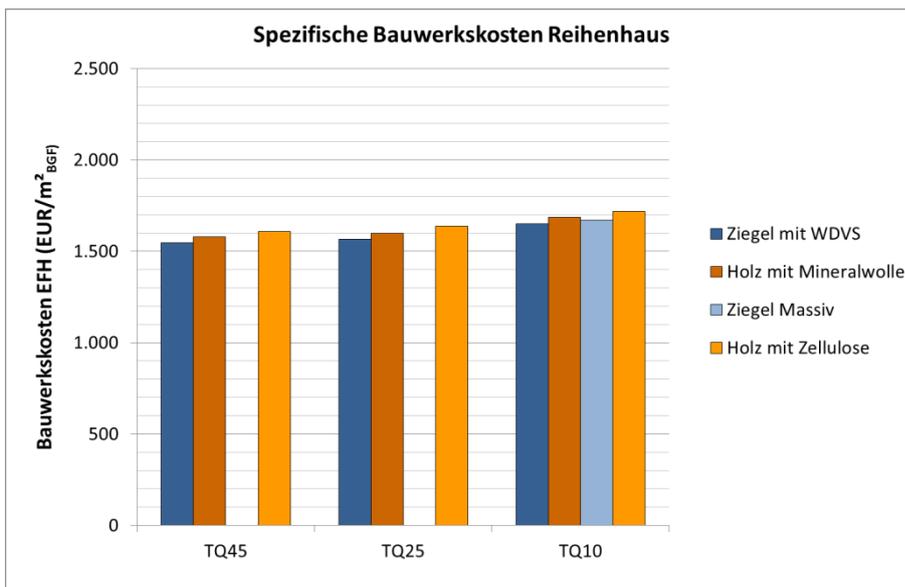


Abbildung 33: Bauwerkskosten RH nach Thermischer Qualität und Bauweise (Quelle: DUK)

8.2.3 03_07 Innovative Gebäudekonzepte im Vergleich, ACR, 2014

Es wird ein einziges Referenzgebäude abgebildet, in Form eines als charakteristisch anzusehenden EFH.

Es wird dieses Gebäude in acht Baustoffvarianten und in sechs Gebäudekonzepten, bestehend aus Kombinationen von Energiestandards und Haustechniksystemen. Alle dieser sich somit ergebenden Gebäudevarianten verdienen die Bezeichnung des innovativen, im Sinne von Ökologie und Komfort hochwertigen, Gebäudestandards.

Die Ermittlung der Gesamtkosten über den Lebenszyklus (LCC) wird in Anlehnung an die ÖNORM EN 15643-4 Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden - Teil 4: Rahmenbedingungen für die Bewertung der ökonomischen Qualität vorgenommen. Es wird ein Berechnungszeitraum von 50 Jahren gewählt. Berücksichtigt werden die vollständigen Bauwerkskosten, also die Kostengruppen 2 bis 4 laut ÖNORM B 1801-1 Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 1: Objekterrichtung.

Die Kostenermittlungen erfolgen auf der Ebene von vollständigen Leistungsverzeichnissen, die von einem großen österreichischen Bauunternehmen ausgepreist wurden, unter Berücksichtigung branchenüblicher Nachlässe und Zusatzkosten. Ersatz und Restewerte werden berücksichtigt.

Die Ergebnisse der Ermittlung der Gesamtkosten über den Lebenszyklus (LCC) werden dargestellt als die Bauwerkskosten, also die Kostengruppen 2 bis 4, laut ÖNORM B 1801-1 bezogen auf die Nutzfläche.

Im Vergleich der Bauweisen dokumentiert die Studie im direkten Vergleich von Ziegel+EPS-Zusatzdämmung und mineralwollegedämmter Holzleichtbauweise Mehrkosten der Holzbauweise in den Gesamtkosten über 50 Jahre von bis zu 58,- EUR/m²_{NGF} oder 2% der Bauwerkskosten.

Im Vergleich von einschaliger Ziegelbauweise und Holzmassivbauweise dokumentiert die Studie Mehrkosten der Holzbauweise in den Gesamtkosten über 50 Jahre von bis zu 238,- EUR/m²_{NGF} oder 9% der Bauwerkskosten.

Die Studie zeigt diesbezüglich enge Übereinstimmung mit der zuvor besprochenen Studie der Donau-Universität Krems. Siehe folgende Abbildung 34, gültig für Wärmeerzeugung mit WP, außer bei Sonnenhaus, dort für Solaranlage und Einzelofen.

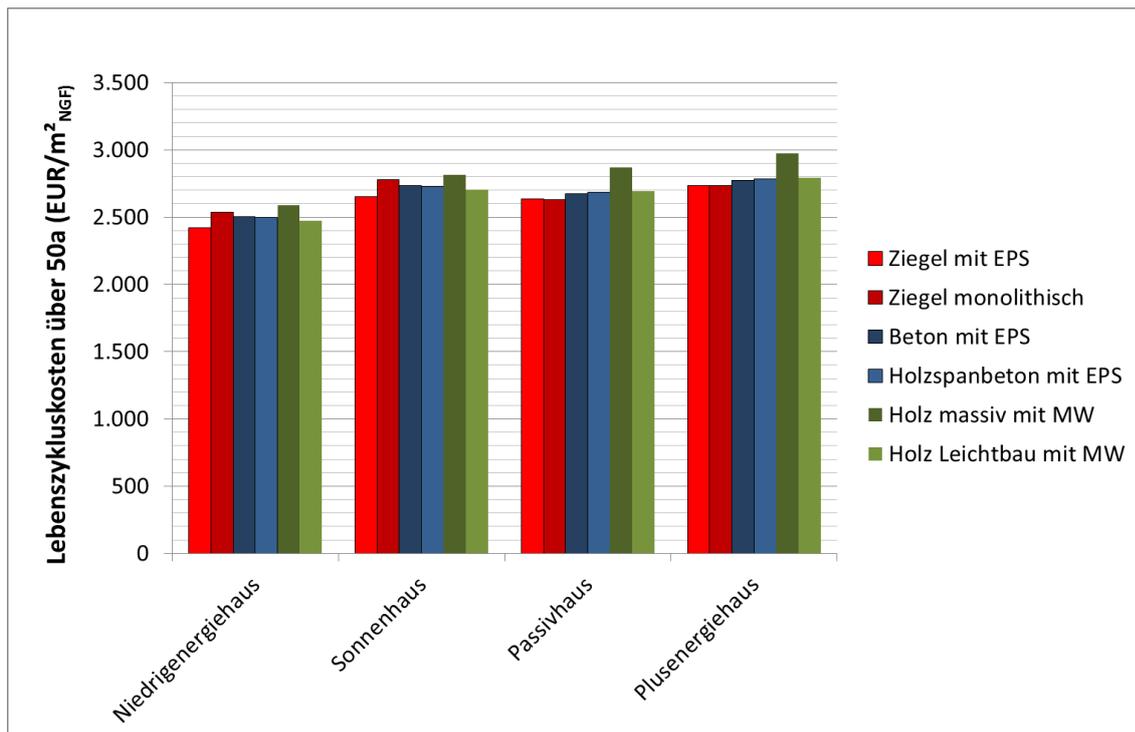


Abbildung 34: Gesamtbarwerte nach 50a nach Energiestandard und Bauweisen

9 Ergebnisse zu Frage E: Wissenschaftliche Qualität der Studien

Wie relevant sind die Ergebnisse einzelner Publikationen für die Metastudie ausgehend von der augenscheinlichen wissenschaftlichen Qualität, etwa hinsichtlich Art und Umfang des Datenmaterials, Vollständigkeit der berücksichtigten Randbedingungen, Objektivität und Nachvollziehbarkeit der Schlussfolgerungen?

Eine Metastudie führt die Ergebnisse von Primärstudien mit quantitativen und statistischen Methoden zu Metadaten zusammen. Zeigt eine Metastudie ein signifikantes Ergebnis bedeutet das, dass aus den Primärstudien grundlegend übereinstimmende Daten vorliegen, die eine Aussage allgemeiner Gültigkeit zulassen. Grundvoraussetzung für die Durchführung einer Metastudie ist das Vorliegen von Daten entsprechender Qualität und Quantität aus den Primärstudien sowie deren strukturelle Vergleichbarkeit.

Um zu klären, welche Studienergebnisse für vergleichende Analysen und im Speziellen welche Studien für die Durchführung einer Metastudie herangezogen werden können, wurden alle Publikationen hinsichtlich ihrer wissenschaftlichen Qualität, Eignung und Konformität mit spezifischen Anforderungen gültiger Normen überprüft.

Es kann vorweg genommen werden, dass zu keiner der zu diskutierenden Fragestellungen eine ausreichende Datenbasis aus Primärstudien vorgelegen ist, um eine Metastudie durchführen zu können. Es wurden daher qualitative Verfahren herangezogen, die allerdings zu einer deutlich niedrigeren Validität der Auswertungsergebnisse und damit der Schlussfolgerungen führen.

Dass tatsächlich zu keiner Fragestellung metaanalytische Methoden zur Auswertung herangezogen werden konnten, ist insofern erwähnenswert, als eindeutige, normative Grundlagen zur Verfügung stehen. Dennoch weichen die Primärstudien in unterschiedlichen Aspekten teils deutlich von diesen Vorgaben und voneinander ab. Im Anschluss wird ein exemplarisches Normenexzerpt vorgelegt.

9.1 Normenexzerpt zur wissenschaftlichen Qualität

Für das Exzerpt herangezogen wurden folgende Normen, wobei der Großteil dieser Normen Qualitätsanforderungen definiert, die vorwiegend für die Quantifizierung von Umweltwirkmechanismen relevant sind, im Speziellen für die Durchführung von Ökobilanzen. Da sämtliche Fragestellungen im Umfang der vorliegenden Studie unmittelbar oder mittelbar im Zusammenhang mit Umweltwirkmechanismen stehen, erscheint die Heranziehung dieser normativen Grundlage legitim.

- 05_01 ÖNORM EN 15643-1 bis -4 Nachhaltigkeit von Bauwerken, 2010 bis 2012
- 05_03 EN 15978: Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode, 10_2012
- 05_04 ÖNORM EN ISO 14044 Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen, 10_2006
- 05_05 ÖNORM EN ISO 14025 Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Typ III Umweltdeklarationen - Grundsätze und Verfahren, 07_2010

- 05_06 ISO 15686-1 und -9: Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 1: General principles and framework; Buildings and constructed assets. Service-life planning. – Part 9: Guidance on assessment of service-life data, 05_2011
- 05_07 ISO 21931-1: Sustainability in building construction - Framework for methods of assessment of the environmental performance of construction works - Part 1: Buildings, 06_2010
- 05_08 ISO 15392: Sustainability in building construction - General principles, 05_2008

Es ist anzumerken, dass der Wortlaut der, aus den Normen exzerpierten Textpassagen, wenn im Sinne der Verständlichkeit notwendig, sprachlich angepasst wurde. Veränderungen der inhaltlichen Aussagen haben in keiner Weise stattgefunden.

Normenexzerpt: Wissenschaftliche Qualität

- Es sind nachvollziehbare Szenarien zu entwickeln, und für alle Bewertungen gleich anzuwenden.* EN 15643-1, E
- Alle Vergleiche müssen sich auf funktional äquivalente Gebäude beziehen.* EN 15643-1, E
- Ein System der Gebäudebewertung kann aus mehreren methodischen Teilen bestehen: aus (einem) quantitativ beschreibenden, analytischen Teil(en) und aus (einem) bewertenden, Werturteile enthaltenden Teil(en).* EN 15643-1, 4.1
- Die Verfahren für die Bewertung müssen glaubwürdig, transparent und in ihrem Ablauf systematisch sein.* EN 15643-1, 4.1
- Die Datenqualität der umweltbezogenen Informationen über Produkte, Prozesse und Dienstleistungen für die Beschreibung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden muss hinsichtlich Genauigkeit, Präzision, Vollständigkeit und Repräsentativität den Anforderungen von prEN 15978 und prEN 15804 genügen.* EN 15643-2, 5.5
- Die umweltbezogenen Informationen aus den Bauprodukten, Prozessen und Dienstleistungen für die Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden sind durch Umweltproduktdeklarationen vom Typ III nach prEN 15804 zur Verfügung zu stellen.* EN 15643-2, 6.1
- Vergleiche der Ergebnisse unterschiedlicher Ökobilanz- und Sachbilanz-Studien sind nur möglich, wenn die Annahmen und die inhaltliche Zielstellung jeder Studie einander entsprechen.* ISO 14040, E
- Vergleichende Aussagen - Umweltaussage zur Überlegenheit oder Gleichwertigkeit eines Produktes im Vergleich zu einem Konkurrenzprodukt mit dem gleichen Verwendungszweck* ISO 14040, 3.6
- Fehlerabschätzung - systematisches Verfahren zur Quantifizierung der Unsicherheit in* ISO 14040, 3.33

den Ergebnissen der Sachbilanz aufgrund kumulativer Effekte der Ungenauigkeit des Modells, von Inputunsicherheiten und der Variabilität der Daten. Zur Bestimmung der Unsicherheit in den Ergebnissen werden entweder Bereiche oder Wahrscheinlichkeitsverteilungen herangezogen.

Vollständigkeitsprüfung - Verfahren zur Überprüfung, ob die Informationen aus den Phasen einer Ökobilanz für die Ableitung von Schlussfolgerungen ausreichen ISO 14040, 3.41

Konsistenzprüfung - vor der Ableitung von Schlussfolgerungen durchgeführtes Verfahren zur Überprüfung, ob die Annahmen, Methoden und Daten in der Studie einheitlich angewendet wurden ISO 14040, 3.42

Wenn weder eine wissenschaftliche Grundlage vorhanden ist, noch eine Begründung auf der Grundlage anderer wissenschaftlicher Ansätze oder internationaler Übereinkommen möglich ist, dann dürfen Entscheidungen gegebenenfalls auf Werthaltungen basieren. ISO 14040, 4.1

Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse von Ökobilanzen ist besonders dann kritisch zu prüfen, wenn unterschiedliche Systeme bewertet werden, damit die Durchführung derartiger Vergleiche auf einheitlicher Grundlage sichergestellt wird. ISO 14040, 5.2

Die Einbeziehung von Werthaltungen (Wertvorstellungen und subjektiven Einschätzungen) können innerhalb eines jeden Bestandteils für die Kritische Prüfung und den Bericht transparent gemacht werden. ISO 14040, 5.4

Die Auswertung dient zur Ableitung von Schlussfolgerungen, Erläuterung von Einschränkungen und zum Aussprechen von Empfehlungen. ISO 14040, 5.5

Die Kritische Prüfung ist ein Prozess zur Klärung, ob eine Ökobilanz die Anforderungen an die Methodik, Daten, Auswertung und Berichterstattung erfüllt. ISO 14040, 7.1

Die Anwendung von Ergebnissen der Ökobilanz für vergleichende Aussagen wirft besondere Fragen auf und erfordert eine Kritische Prüfung durch interne oder externe Sachverständige. ISO 14040, 7.2

Die Datenqualität beschreibt die Eigenschaften von Daten in Bezug auf ihre Eignung, festgelegte Anforderungen zu erfüllen. ISO 14044, 3.19

Die Festlegung des Ziels einer Ökobilanz muss bestimmen:

- *die beabsichtigte Anwendung*
- *die Gründe für die Durchführung*
- *die angesprochene Zielgruppe*
- *ob die Ergebnisse für die Verwendung in zur Veröffentlichung vorgesehenen vergleichenden Aussagen bestimmt sind.*

ISO 14044, 4.2

Der Untersuchungsrahmen einer Ökobilanz muss festlegen: ISO 14044, 4.2

- *das zu untersuchende Produktsystem*
- *die Funktionen des Produktsystems oder, im Fall vergleichender Studien, der Systeme*
- *die funktionelle Einheit*
- *die Systemgrenze*
- *die Allokationsverfahren*
- *die Methode für die Wirkungsabschätzung und die Wirkungskategorien*
- *die Methoden zur Auswertung*
- *die Anforderungen an die Daten*
- *die Annahmen*
- *die Werthaltungen und optionalen Bestandteile*
- *die Einschränkungen*
- *die Anforderungen an die Datenqualität*
- *die Art der Kritischen Prüfung*
- *die Art und der Aufbau des Berichts*

Die Ersterfassung wird mit verfügbaren Daten vorgenommen. Im Verlauf sollten Inputs und Outputs genauer bestimmt und einer Sensitivitätsanalyse unterzogen werden.

ISO 14044, 4.2

Das System sollte mit ausreichender Genauigkeit und Deutlichkeit beschrieben werden, damit die Sachbilanz nachvollzogen werden kann.

ISO 14044, 4.2

In der Praxis können alle Datenkategorien eine Mischung gemessener, errechneter oder geschätzter Daten enthalten.

ISO 14044, 4.2

Anforderungen an die Datenqualität müssen festgelegt werden. Berücksichtigt werden muss:

- *Das Alter der Daten*
- *Der technologische Erfassungsbereich*
- *Der geographische Erfassungsbereich*
- *Die Präzision als Maß für Schwankungsbreiten*
- *Die Vollständigkeit*
- *Die Repräsentativität: qualitative Einschätzung für den Grad, in dem die Datenmenge die wahre, interessierende Grundgesamtheit widerspiegelt*
- *Die Konsistenz: qualitative Einschätzung dafür, ob die Methode der Studie auf die verschiedenen Komponenten der Analyse einheitlich angewendet wird*
- *Die Vergleichpräzision: qualitative Einschätzung für den Umfang, in dem ein unabhängiger Ersteller mit den Informationen über die Methode und die Datenwerte die in der Studie angegebenen Ergebnisse reproduzieren kann*
- *Die Datenquellen*
- *Die Unsicherheit der Information*

Wenn eine Studie für die Verwendung in zur Veröffentlichung vorgesehenen vergleichenden Aussagen bestimmt ist, müssen alle festgelegten Anforderungen an die Datenqualität berücksichtigt werden!

ISO 14044, 4.2

Bei einer vergleichenden Studie muss vor der Auswertung der Ergebnisse die Vergleichbarkeit der Systeme beurteilt werden. Demzufolge muss der Untersuchungsrahmen der Studie so festgelegt werden, dass die Systeme verglichen werden können. Systeme müssen unter Anwendung derselben funktionellen Einheiten und äquivalenten methodischen Festlegungen, wie z. B. Leistung, Systemgrenze, Datenqualität, Allokationsverfahren, Kriterien zur Beurteilung von Inputs und Outputs sowie zur Wirkungsabschätzung, verglichen werden. Hinsichtlich dieser Parameter müssen alle Unterschiede zwischen Systemen angegeben und im Bericht aufgeführt werden. Wenn die Studie für die Verwendung in zur Veröffentlichung vorgesehenen vergleichenden Aussagen bestimmt ist, muss diese Beurteilung von interessierten Kreisen als Kritische Prüfung durchgeführt werden.

ISO 14044, 4.2

In der gesamten Studie sollten konsequent dieselben Berechnungsverfahren verwendet werden.

ISO 14044, 4.3

Alle Input- und Outputdaten des Systems müssen auf die funktionelle Einheit bezogen werden.

ISO 14044, 4.3

Nur eine Sensitivitätsanalyse kann ergeben ob die Vernachlässigung von Lebenswegabschnitten oder Prozessmodulen für das Ergebnis nicht signifikant ist.

ISO 14044, 4.3

Begriffsbeispiel

Begriff	Beispiel
Wirkungskategorie	Klimaänderung
Sachbilanzergebnisse	Menge an Treibhausgas je funktioneller Einheit
Charakterisierungsmodell	Szenario „Baseline“ über 100 Jahre des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (Intergovernmental Panel on Climate Change)
Wirkungsindikator	Verstärkung der Infrarotstrahlung (W/m ²)
Charakterisierungsfaktor	Treibhauspotential (GWP ₁₀₀) für jedes Treibhausgas (kg CO ₂ -Äquivalente/kg Gas)
Wirkungsindikatorwert	Kilogramm der CO ₂ -Äquivalente je funktioneller Einheit
Wirkungsendpunkte	Korallenriffe, Wälder, Ernten
Umweltrelevanz	Die Verstärkung der Infrarotstrahlung steht stellvertretend für mögliche Wirkungen auf das Klima, die von der integrierten atmosphärischen Wärmeaufnahme, hervorgerufen durch Emissionen und die Verteilung über die Dauer der Wärmeaufnahme, abhängen.

ISO 14044, 4.4

Die Auswahl der Wirkungskategorien, Wirkungsindikatoren und Charakterisierungsmodelle sollte möglichst wenig auf Werthaltungen und Annahmen beruhen.

ISO 14044, 4.4

Oftmals besteht ein Zielkonflikt zwischen der Einfachheit und der Genauigkeit des Charakterisierungsmodells.

ISO 14044, 4.4

Zusätzlich zu den vorstehend aufgeführten Bestandteilen der Wirkungsabschätzung können optionale Bestandteile in Abhängigkeit von Ziel und Untersuchungsrahmen der Ökobilanz verwendet werden:

- Normierung: Berechnung der Größenordnung der Wirkungsindikatorwerte in Bezug auf die Referenzinformationen

ISO 14044, 4.4

- *Ordnung: Einordnung und eventuelle Rangbildung der Wirkungskategorien*
- *Gewichtung: Umwandlung und eventuelle Zusammenfassung der Indikatorwerte über Wirkungskategorien hinweg unter Verwendung numerischer Faktoren, die auf Werthaltungen beruhen, die vor der Gewichtung erhaltenen Daten sollten verfügbar bleiben*
- *Analyse der Datenqualität: besseres Verständnis der Zuverlässigkeit der Sammlung der Indikatorwerte, des Wirkungsabschätzungsprofils*

Die Anwendung von Normierungs-, Ordnungs- und Gewichtungsverfahren müssen auch in Hinsicht auf die Werthaltung vollständig transparent sein. ISO 14044, 4.4

Die Auswertung muss eine Einschätzung und eine Sensitivitätsprüfung wesentlicher Inputs, Outputs und die Wahl der methodischen Vorgehensweise enthalten, um die Unsicherheit der Ergebnisse beurteilen zu können. ISO 14044, 4.5

Zweck der Vollständigkeitsprüfung ist die Sicherstellung, dass alle relevanten Informationen und die für die Auswertung benötigten Daten zur Verfügung stehen und vollständig sind. Falls irgendwelche relevanten Informationen fehlen oder unvollständig sind, muss bedacht werden, ob diese Informationen zur Erfüllung des Ziels und des Untersuchungsrahmens einer Ökobilanz notwendig sind. Das Ergebnis und dessen Begründung müssen dokumentiert werden. ISO 14044, 4.5

Zweck der Sensitivitätsprüfung ist die Einschätzung der Zuverlässigkeit der Endergebnisse und Schlussfolgerungen, indem bestimmt wird, inwiefern sie durch Unsicherheiten in den Daten, Allokationsverfahren, Berechnung der Wirkungsindikatorwerte usw. beeinflusst werden. ISO 14044, 4.5

Wenn eine Ökobilanz für die Verwendung in zur Veröffentlichung vorgesehenen vergleichenden Aussagen bestimmt ist, muss der Beurteilungsbestandteil aufbauend auf der detaillierten Sensitivitätsanalyse erläuternde Aussagen enthalten. ISO 14044, 4.5

Zweck der Konsistenzprüfung ist die Bestimmung, ob sich die Annahmen, Methoden und Daten in Übereinstimmung mit dem Ziel und dem Untersuchungsrahmen befinden. ISO 14044, 4.5

Eine graphische Darstellung der Ergebnisse der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzung als Teil des Berichtes kann hilfreich sein, es sollte jedoch berücksichtigt werden, dass damit zu impliziten Vergleichen und Auswertungen Anlass gegeben wird. ISO 14044, 5.1

Anomalien können Fehler in den Berechnungen oder in der Datenübermittlung darstellen. Sie sollten daher sorgfältig untersucht werden. Es wird empfohlen, die Ergebnisse der Sachbilanz oder der Wirkungsabschätzung zu überprüfen, bevor Schlussfolgerungen gezogen werden. Unerwartete Ergebnisse sollten ebenfalls nochmals untersucht und überprüft werden. ISO 14044, B.2

Die Vollständigkeitsprüfung versucht sicherzustellen, dass aus allen Phasen alle erforderlichen Informationen und Daten verwendet wurden. ISO 14044, B.3

Die Konsistenzprüfung sollte die Einheitlichkeit der zeitbezogenen Erfassungsbereiche, des Alters der Daten und der geographischen Erfassungsbereiche prüfen.

ISO 14044, B.3

Auch wenn die Bewertungsergebnisse auf realistischen Szenarien beruhen, spiegeln sie unter Umständen nicht vollständig die tatsächliche und künftige Leistung eines Gebäudes wider.

EN 15978, E

Die Norm enthält Vorgaben betreffend:

- *Zweck der Bewertung*
- *Systemgrenzen auf Gebäudeebenen*
- *Verfahren der Bestandsanalyse*
- *Indikatoren*
- *Berechnungsverfahren der Indikatoren*
- *Anforderungen an Daten*
- *Anforderungen an die Darstellung*

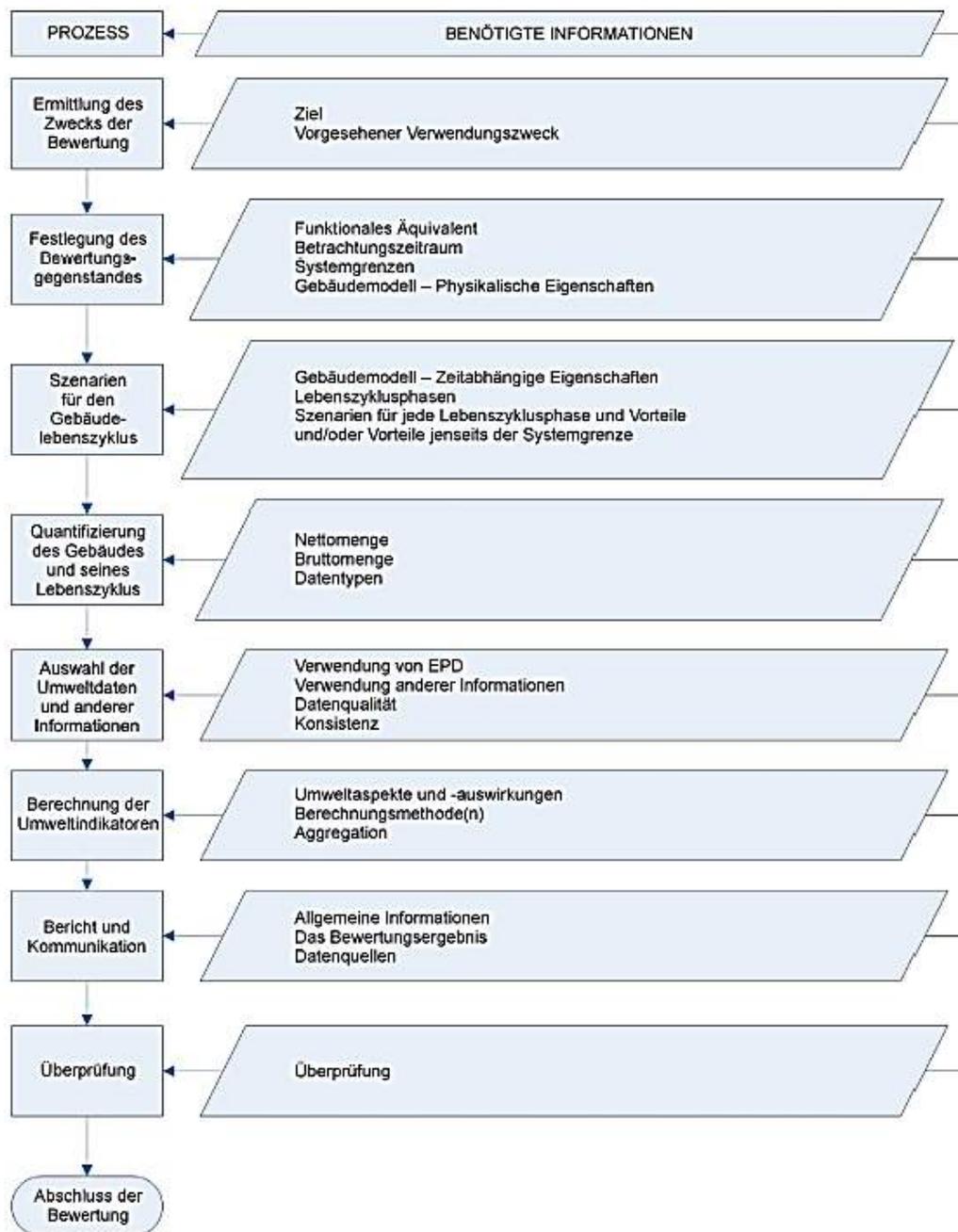
EN 15978, 1

Dieser Bewertungsansatz deckt alle Phasen des Gebäudelebenszyklus ab und basiert auf den aus den entsprechenden Umweltproduktdeklarationen (EPD) entnommenen Daten.

EN 15978, 1

Prozess für das Aufstellen der für die Bewertung erforderlichen Berechnungen:

EN 15978, 5



Der Anwendungsbereich der Bewertung wird repräsentiert durch das, was in die Bewertung einbezogen wird. In Abhängigkeit vom Kontext kann der vorgesehene Verwendungszweck der Bewertung etwa aus folgenden bestehen:

- Unterstützung bei Entscheidungsfindungsprozessen
- Deklaration der Qualität
- Dokumentation der Qualität
- Entwicklung von Leitlinien

Der Anwendungsbereich und der Verwendungszweck bestimmen den für die Daten erforderlichen Grad der Detailliertheit. Das Berechnungsverfahren bleibt jedoch gleich.

EN 15978, 6

Das funktionale Äquivalent ist eine Darstellung der geforderten technischen Eigenschaften und Funktionen des Gebäudes. Es ist das Hilfsmittel, mit dem die Eigenschaften des Gebäudes rationell in Form einer Mindestbeschreibung des

EN 15978, 7.2

Bewertungsgegenstandes zusammengefasst werden.

Vergleiche zwischen den Ergebnissen der Bewertung dürfen nur auf Basis des funktionalen Äquivalents durchgeführt werden.

EN 15978, 7.2

Unter Umständen lassen sich die Bewertungsergebnisse auch anhand einer gemeinsamen Bezugseinheit miteinander vergleichen. Z.B.: je Quadratmeter, je Jahr, je Mitarbeiter, je Raum pro Jahr,...

EN 15978, 7.2

Das funktionale Äquivalent eines Gebäudes muss Informationen zu den folgenden Aspekten enthalten:

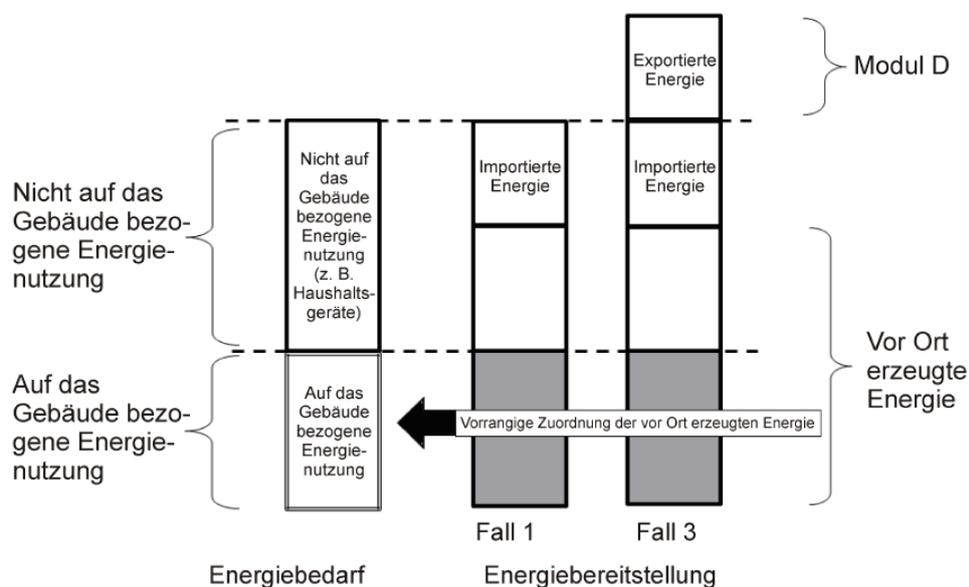
- Typ des Gebäudes (Büro, Fabrik,...)
- Technische und funktionale Anforderungen
- Art der Nutzung (Belegung,...)
- Geforderte Nutzungsdauer

EN 15978, 7.2

Falls weder der Auftraggeber noch der Gesetzgeber eine geforderte Nutzungsdauer festgelegt hat, darf die vorgesehene Lebensdauer verwendet werden, wenn das Verfahren der Ableitung beschrieben ist und auf empirischen, probabilistischen oder statistischen Daten basiert.

EN 15978, 7.2

Die exportierte Energie darf nicht von der importierten Energie, die für den Betrieb des Gebäudes benötigt wird, abgezogen werden; stattdessen dürfen nur die aus der exportierten Energie resultierenden zusätzlichen umweltbezogenen Vorteile im Modul D angegeben werden.



EN 15978, 7.4

Die anhand der EPD verfügbaren Informationsmodule sind zu überprüfen, um festzustellen, ob sie repräsentativ für das bewertete Gebäude sind.

EN 15978, 8.1

Die bei der Bewertung verwendeten Szenarien müssen beschrieben und dokumentiert werden, wobei die ihr zugrunde gelegten Annahmen, die Anforderungen an

EN 15978, 8.2

Informationen und Daten und die Grenzen ihrer Anwendung im Kontext des Gebäudes und seines Lebenszyklus deutlich zum Ausdruck zu bringen sind. Aus dem Bewertungsbericht sollte klar hervorgehen, ob die darin enthaltenen Informationen/Daten angenommen, geschätzt oder berechnet wurden oder ob sie auf tatsächlichen Messungen beruhen. Die Quellen für diese Informationen müssen dokumentiert werden.

Bei der Bewertung muss die Bruttomenge an Materialien und Produkten berücksichtigt werden, die zur Herstellung des Bewertungsgegenstandes verwendet werden. Die sich aufgrund einer Reihe von Faktoren ergebenden „Verluste“ müssen berücksichtigt werden.

EN 15978, 9.3

Bevorzugte Daten	Zeitpunkt der Bewertung				
	Beginn/ Konzept- entwurf	Detaillierter Entwurf	Bau	Nutzungs- phase	Entsorgung des Gebäudes
Generische Daten	X	X	X	X	X
Akkumulierte Daten	X	X			
Gemittelte Daten	X	X	X	X	X
Datensammlungen	O	X	X	X	X
Gemittelte Produktdaten	O	X	X	X	X
Spezifische Produktdaten	O	X	X	X	X
Modellszenarien für die Nutzungsphase	X	X	X	X	
Gemessene Daten			X	X	X
Sonstige Daten	O	O	O	O	O
ANMERKUNG Kreuze kennzeichnen die bevorzugte Verwendung von Daten – Kreise kennzeichnen alternative Quellen, falls solche verfügbar sind.					

EN 15978, 9.4

Die EPD enthält quantifizierte Informationen zu Umweltauswirkungen und -aspekten für Produkte und Dienstleistungen für die Verwendung bei der Bewertung der umweltbezogenen Qualität eines Gebäudes.

EN 15978, 10.1

Falls in der EPD Daten fehlen, die für die Gebäudebewertung maßgeblich sind, dürfen diese Daten aus anderen Quellen entnommen werden, sofern deren Maßgeblichkeit und Angemessenheit begründet werden kann.

EN 15978, 10.1

Falls Informationen fehlen oder unpassend sind, muss der Assessor diese vervollständigen.

EN 15978, 10.1

Wenn die verwendeten EPD-Daten die Anforderungen von EN 15804 erfüllen, gelten sie auch als in Übereinstimmung mit den Anforderungen der vorliegenden Norm an die Datenqualität. Falls die Daten aus anderen Quellen stammen, deren Übereinstimmung mit EN 15804 noch nicht ermittelt wurde, gelten die folgenden Anforderungen an die Mindestqualität der Daten:

- Die Daten sollten so aktuell wie möglich sein
- Die Datensätze für Berechnungen sollten auf über 1 Jahr gemittelten Daten basieren
- Emissionen aus Beseitigungsprozessen sind für einen Zeitraum von mindestens

EN 15978, 10.3

100 Jahren zu berücksichtigen

- *Emissionen, die über einen Zeitraum von mehr als 100 Jahren auftreten, sollten in gesonderten „Langzeit“-Elementarströmen inventarisiert werden*
- *Die technologische Abdeckung muss die Realität widerspiegeln*
- *Die geographische Abdeckung muss für die Region repräsentativ sein*

Grundlage der Bewertung sind die Transparenz und Rückverfolgbarkeit der Informationen. Dies erfordert, dass die betreffenden Informationen in ausreichender Detailliertheit dargestellt werden.

EN 15978, 12.1

Maßgebende Annahmen und Szenarien sind anzugeben.

EN 15978, 12.3

Um nachprüfbar zu sein, müssen alle verwendeten Informationen, Optionen oder getroffenen Entscheidungen in transparenter Form dargestellt werden.

EN 15978, 13

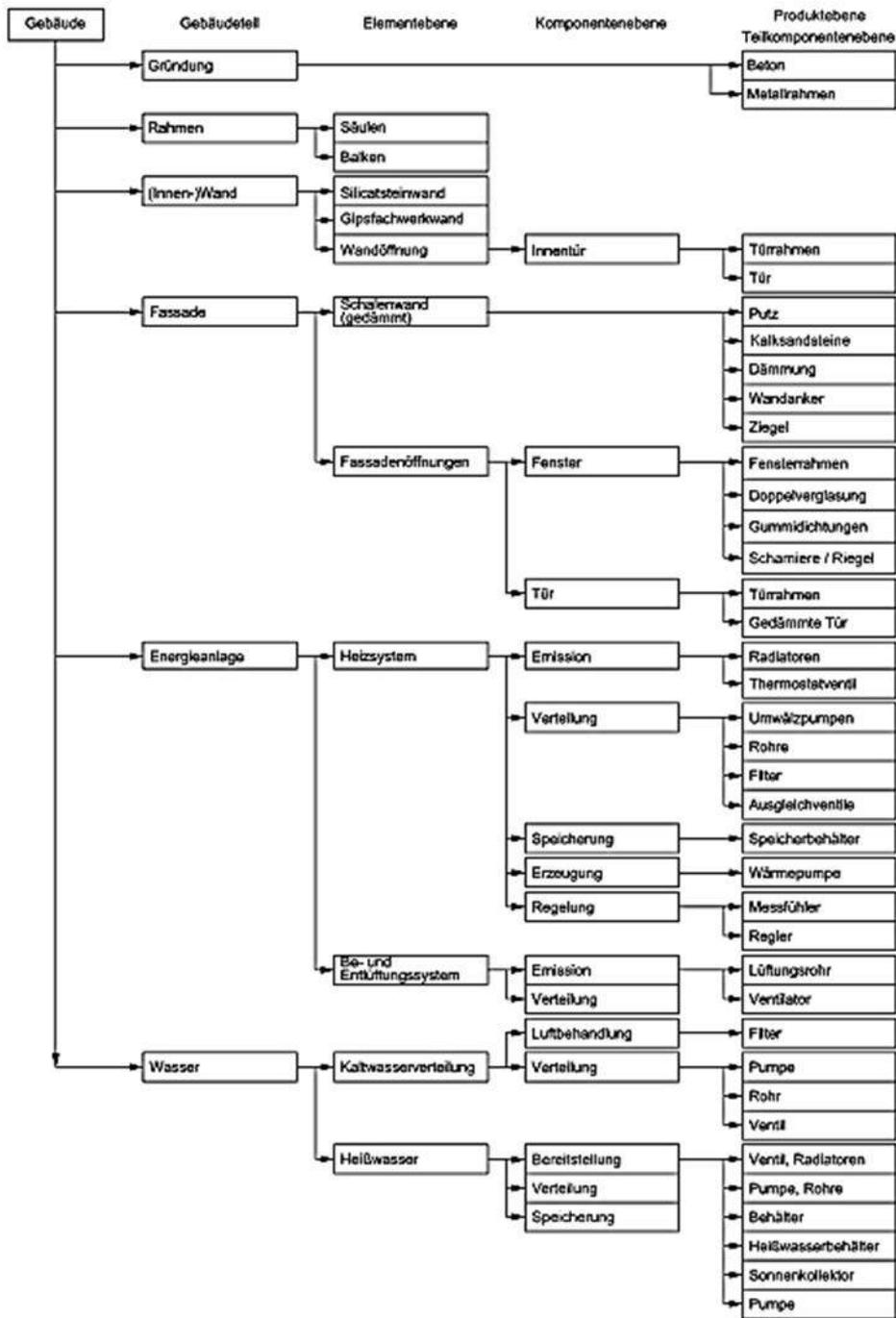
Die Nachprüfung muss umfassen:

- *Widerspruchsfreiheit zwischen Zweck und Systemgrenze und Szenario*
- *Rückverfolgbarkeit*
- *Konformität der Daten mit den Anforderungen nach EN 15804*
- *Widerspruchsfreiheit zwischen den auf der Gebäudeebene geltenden Szenarien und den für das Produkt verwendeten Szenarien*
- *Vollständigkeit*

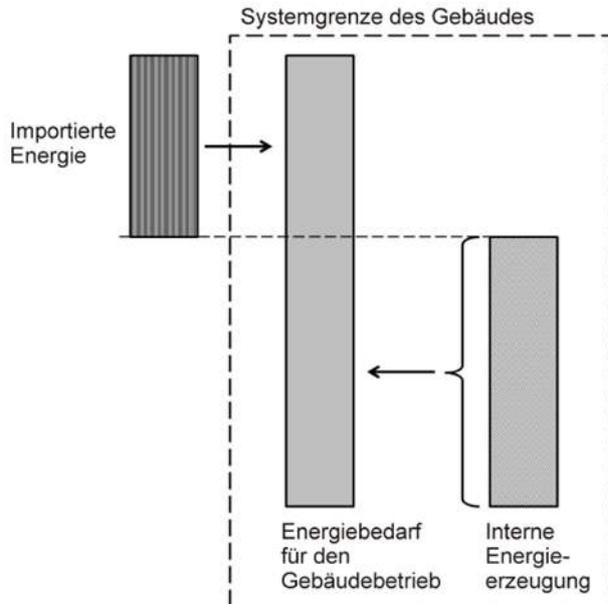
EN 15978, 13

Strukturierung der Gebäudeinformation mit verschiedenen Akkumulationsgraden:

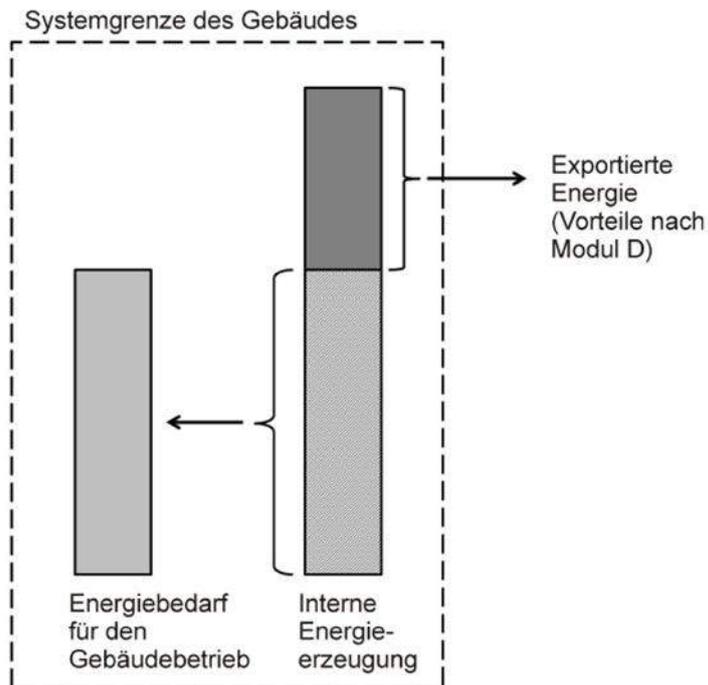
EN 15978, A



EN 15978, B2



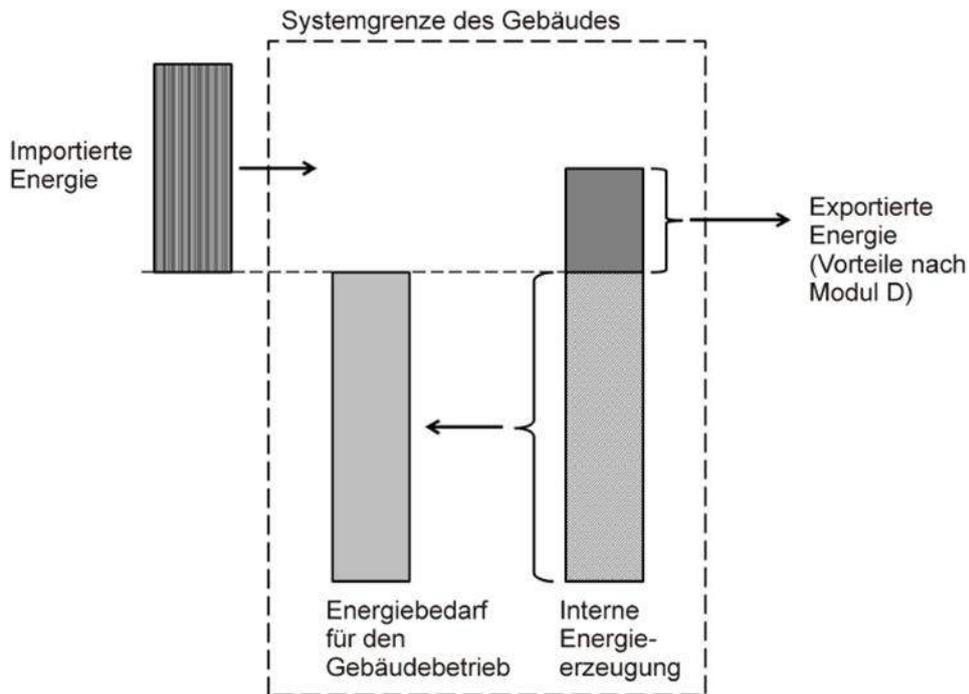
Dies ist der Fall beispielsweise für eine brennstoffbasierte Heizungsanlage, die den Energiebedarf des Gebäudes erfüllen soll, oder für einen Stromgenerator, der Strom an ein Gebäude liefert, das nicht ans Stromnetz angeschlossen ist.



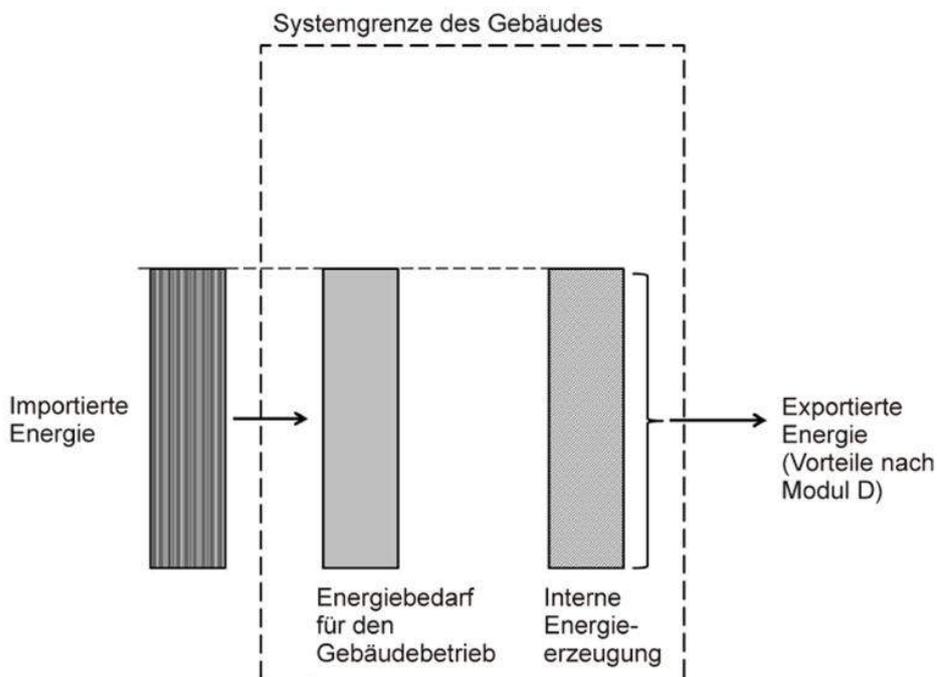
Dies ist der Fall beispielsweise für eine Zentralheizungsanlage, die den Wärmeenergiebedarf des Gebäudes erfüllen soll und die ebenfalls Wärmeenergie an Einrichtungen in der Umgebung, die außerhalb der Systemgrenze liegen, abgeben kann.

EN 15978, B3

EN 15978, B4



Dies bezieht sich auf Stromquellen wie Solarzellen und Windkraftanlagen, die nicht durchgehend Strom erzeugen. Auf Grund der nicht durchgehenden Stromerzeugung wird nur ein Teil der erzeugten Energie im Gebäude verwendet, selbst wenn die jährlich erzeugte Strommenge geringer ist als der Gesamtstrombedarf des Gebäudes.



Die Energieerzeugungseinheit liefert keine Energie für die Verwendung im Gebäude oder auf dem Gebäudegrundstück. Die gesamte auf dem Grundstück erzeugte Energie wird exportiert und der gesamte Energiebedarf des Gebäudes wird durch importierte Energie abgedeckt.

EN 15978, B5

Typ III Umweltdeklarationen stellen quantifizierte umweltbezogene Informationen aus

ISO 14025, E

dem Lebensweg eines Produkts zur Verfügung, um damit Vergleiche zwischen Produkten gleicher Funktion zu ermöglichen. Sie beruhen auf unabhängig verifizierten Daten aus Ökobilanzen, aus Sachbilanzen oder Informationsmodulen, und, soweit erforderlich, zusätzlichen umweltbezogenen Angaben.

Eine Typ III Umweltdeklaration ist eine Umweltdeklaration, die quantitative umweltbezogene Daten auf der Grundlage festgelegter Parameter und, falls notwendig, ergänzende Umweltinformationen, bereitstellt.

ISO 14025, 3.2

Zum Zweck der Vollständigkeit und Konsistenz müssen die PKR auf einer oder mehreren Ökobilanzen

sowie anderen einschlägigen Studien, die der Festlegung der zusätzlichen umweltbezogenen Angaben dienen, beruhen. Diese Ökobilanzen und die anderen maßgeblichen Studien müssen in dem PKR-Dokument zitiert werden.

ISO 14025, 6.7

Vergleichbarkeit verschiedener Typ III Umweltdeklarationen kann als gegeben angesehen werden, wenn:

- Die Definition und die Beschreibung der Produktkategorie gleich sind
- Die funktionelle Einheit gleich ist
- Die Systemgrenze vergleichbar ist
- Die Beschreibung der Daten vergleichbar ist
- Die Kriterien für die Einbeziehung von Inputs und Outputs gleich sind
- Die Datenqualität vergleichbar ist
- Die Maßeinheiten gleich sind
- Die Methoden der Datensammlung der Sachbilanz vergleichbar sind
- Die Berechnungsverfahren der Sachbilanz vergleichbar sind
- Die Allokation der Stoff- und Energieflüsse der Sachbilanz vergleichbar sind
- Die Wirkungskategorien gleich sind
- Die Geltungsdauer vergleichbar ist

ISO 14025, 6.7

Zusätzliche umweltbezogene Angaben

- müssen auf Daten basieren, die belegt und geprüft sind
- müssen spezifisch, genau und dürfen nicht irreführend sein
- dürfen nicht zu Fehlinterpretationen verleiten, besonders nicht durch Weglassen bestimmter Sachverhalte
- dürfen sich nur auf bestehende Umweltaspekte beziehen

ISO 14025, 7.2

Obwohl die Daten unabhängig überprüft werden müssen, bedeutet dies nicht unbedingt eine Verifizierung durch Dritte.

ISO 14025, 8.1

Das Verfahren der unabhängigen Verifizierung muss mindestens geeignet sein zu bestätigen, ob die Typ III Umweltdeklaration mit aktuellen und maßgeblichen PKR-Dokumenten übereinstimmt und ob die Angaben richtig und wissenschaftlich abgesichert sind.

ISO 14025, 8.1

ISO 14025, 8.1

Das Verifizierungsverfahren muss transparent sein.

A reference service life is the expected service life of a component under a particular set of in-use conditions.

ISO 15686-1, 5.4

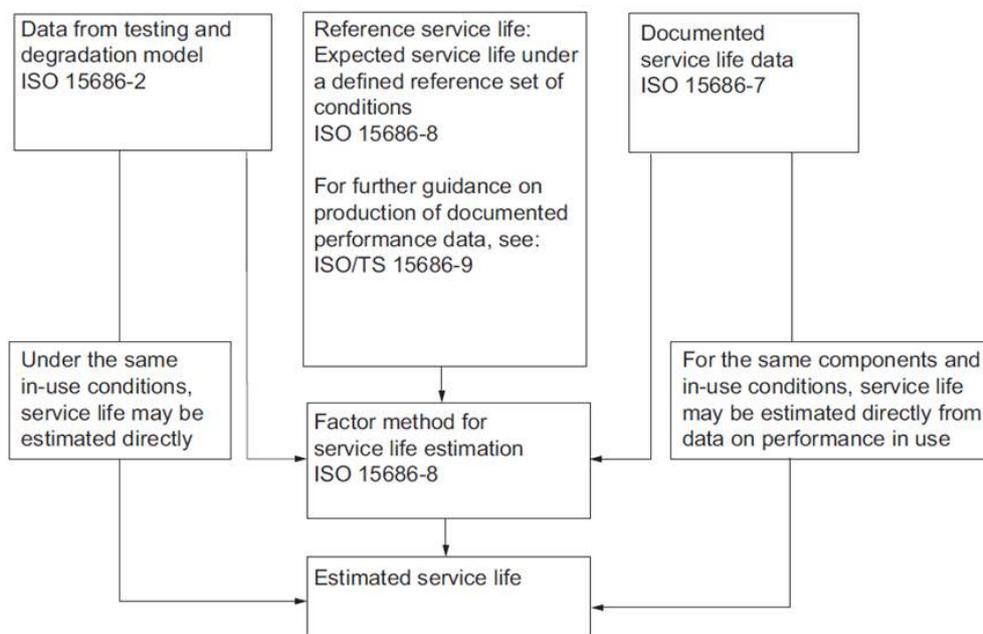
Reference service life data can rarely be used satisfactorily as found, because the in-use conditions specific to the design object differ from the in-use conditions used to determine the reference service life. Therefore a procedure, known as the factor method, which provides a simple framework for considering site-specific conditions and adjusting reference service lives to produce estimated service lives for specific in-use conditions is established.

ISO 15686-1, 5.4

Where appropriate, service life data from practice may be adjusted.

ISO 15686-1, 5.5

Approaches to service life estimation:



ISO 15686-1, 5.8

Service-life data may be obtained from several sources. Wherever possible, service-life data should be based on well-documented practical experience of performance in service in known in-use conditions.

ISO 15686-9, 4.2

The reference in-use conditions, as well as the reference service life, should be stated so that users of the data can judge the possible differences between the reference in-use conditions and the likely actual in-use conditions in a particular case.

ISO 15686-9, 5.4

The methods of assessment of the environmental performance of buildings provide:

- a common and verifiable set of references, such that building owners, striving for higher environmental standards, have a means of measuring, evaluating and demonstrating that effort
- a reference as a common basis by which building owners, design teams, contractors and suppliers can formulate effective strategies in building design

ISO 21931-1, I

and operation, which are intended to improve environmental performance

- *detailed information on the building which is gathered and organized in such a way that it can be used to lower operating, financing and insurance costs, and vacancy rates, and increase marketability*
- *a clear description of the factors considered to be the key environmental considerations and their relative importance, thereby assisting the design process*

To achieve the above-mentioned practical goals, methods of assessment of the environmental performance of buildings need to refer to limited criteria and seek a balance between rigour and practicality.

ISO 21931-1, I

This code aims to bridge the gap between regional and national methods for the assessment of the environmental performance of buildings.

ISO 21931-1, I

A functional equivalent defines the quantified functional requirements and/or technical requirements for a building for use as a reference basis for comparison.

ISO 21931-1, 3.7

Transparency stands for open, comprehensive and understandable presentation of information.

ISO 21931-1, 3.14

The assessment of buildings may utilize environmental product declarations (EPD), as established on the basis of the same product category rules (PCRs).

ISO 21931-1, 4.1

The environmental performance of a building is influenced by the characteristics of the climatic, social, economic and cultural context of the nation, region and site in which the building is located.

ISO 21931-1, 4.3

Subject to the aims and objectives of the assessment shall be expressed by absolute values, relative values may be used alongside.

ISO 21931-1, 4.3

The method shall include and the documentation shall clearly describe:

- *the purpose of the method*
- *the system boundary*
- *a statement of the assumptions and scenarios*
- *a structured list of the issues for assessment*
- *the life-cycle stages of the building covered*
- *the method(s) for the quantification of the environmental performance of the building*
- *all sources of information on generic and specific databases, etc.*
- *an evaluation and interpretation process*
- *a report of results of the assessment*

ISO 21931-1, 5.2

Where comparisons are made between the results from different methods of assessment, it shall be ensured that the physical scope, temporal scope and energy and mass flows considered within the system boundary of the assessment methods

ISO 21931-1, 5.4

are the same.

The method of assessment shall apply a fixed set of assumptions and scenarios. ISO 21931-1, 5.5

Double-counting with relevant environmental impacts and aspects shall be avoided. ISO 21931-1, 5.6

The quality of data used for the assessment of the environmental performance of a building influences the results. Where available, the assessment shall use data specific to the building under consideration. If such data are not available, generic data appropriate to the building from reference documents may be used. Where EPD data or other quantitative data are used this shall comply with the codes or scientific and engineering principles. All data used shall be verifiable. ISO 21931-1, 5.8

Information regarding the assessment method and result of the assessment shall be transparent and traceable. ISO 21931-1, 5.8

Methods for the assessment of the environmental performance of buildings shall clearly indicate the way in which the results have been derived in order to make it possible to trace them back to the original data. ISO 21931-1, 5.8

Double-counting of environmental impacts shall be avoided in order to prevent distortion of the assessment results. When one action or measure has several effects, it can be said to have a 'multiple-effect'. For example, avoidance of the use of CFCs has the effect of preventing ozone layer depletion as well as global warming. Assessment of multiple-effect is different from double-counting. ISO 21931-1, 5.8

Reference levels and a scale of values can be used but shall be documented and justified. ISO 21931-1, 5.8

The assessed environmental performance relating to a specific category of environmental issue may be aggregated. ISO 21931-1, 5.8

An assessment method that uses aggregated indicators for the assessment results either implicitly or explicitly includes a weighting system. The weighting system can vary according to national, regional or local contexts and conditions, and should provide a method for addressing such variances, which shall be documented and justified. ISO 21931-1, 5.8

The sources of information that can be used in the assessment shall be clearly indicated and shall be accessible. ISO 21931-1, 5.9

Comparability of the results of assessment of the environmental performance of a building is particularly critical when different buildings or parts of a building are being assessed using a single method. To ensure that such comparisons are made on a common basis, the functional equivalent of the buildings shall be the same. ISO 21931-1, 5.10

Where comparisons are made between the results from different methods of ISO 21931-1, 5.10

assessment of a single building, the physical scope, temporal scope and energy and mass flows considered within the system boundary shall be the same.

9.2 Defizite der Primärstudien in Hinsicht auf die Durchführbarkeit einer Metastudie

Eine metaanalytische Auswertung stützt sich auf statistische Auswertungsverfahren. Im Rahmen deskriptiver statistischer Verfahren werden vorliegende Daten durch Beschreibung, Aufbereitung und Zusammenfassung verdichtet, um allgemeine Aussagen treffen zu können. Diese allgemeinen Aussagen beziehen sich aber nur auf die vorliegenden Daten.

Induktive statistische Verfahren leiten aus Daten einer Stichprobe Eigenschaften einer Grundgesamtheit ab. Die Grundlage für die angewendeten Schätzverfahren bildet dabei die Wahrscheinlichkeitstheorie. Korrekt durchgeführte induktive statistische Verfahren lassen eine Verallgemeinerung von Aussagen die auf Daten einer Stichprobe beruhen auf die Gesamtheit zu.

Es ist zu betonen, dass den untersuchten Primärstudien keine oder keine offensichtliche prädisponierende Motivation zu Grunde liegt, so dass schwerwiegend falsche, missverständliche oder tendenzielle Darstellung nicht konstatiert werden mussten.

Die Studien konnten für qualitative Vergleiche und in begrenztem Rahmen für eine deskriptive Auswertung herangezogen werden. Hinsichtlich der Durchführung einer quantitativ, induktiven statistischen Analyse im Sinne einer Metastudie mussten aber allen Primärstudien Defizite konstatiert werden. Im Anschluss werden exemplarisch Mängel beschrieben, die in mehreren Studien aufgefallen sind. Es wird ausdrücklich betont, dass die gewählten Beispiele und die Studien, denen sie entnommen sind weder besonders auffallende noch speziell schwerwiegende Defizite im Vergleich mit anderen Studien aufweisen. Auswahlkriterium war die Anschaulichkeit der Zusammenhänge.

9.2.1 Zu geringe Quantität der Daten

Zur korrekten Anwendung induktiver statistischer Verfahren, die aus Daten einer Stichprobe Eigenschaften einer Grundgesamtheit ableiten, ist eine ausreichende Stichprobengröße notwendig. Will man beispielsweise verallgemeinernde Aussagen über die in Österreich errichteten Wohneinheiten im Passivhausstandard treffen, ist für die Wahl der Stichprobengröße das Folgende zu berücksichtigen:

Stichprobenfehler

Der Stichprobenfehler ist die maximale Abweichung vom wahren Wert, den man tolerieren möchte. Je niedrigerer der Stichprobenfehler sein soll, umso größer ist die benötigte Stichprobe. Ein üblicher Grenzwert für den Stichprobenfehler liegt bei 5%.

Vertrauensintervall

Das Vertrauensniveau ist die Sicherheit, mit der der Stichprobenfehler nicht überschritten wird. Ein höheres Vertrauensniveau erfordert eine größere Stichprobe. Ein übliches Vertrauensintervall liegt bei 95%.

Grundgesamtheit

Wie viele zu charakterisierende Einheiten liegen vor, aus denen Stichproben gezogen werden können? Ab einer Grundgesamtheit von 20.000 ändert sich die Stichprobengröße nur mehr geringfügig. Mit Ende 2011 waren in Österreich knapp 21.000 Wohnungen im Passivhaus-Standard bewohnt. Die Mehrheit dieser Einheiten befindet sich in Mehrfamilienhäusern. Die Grundgesamtheit für eine induktive statistische Analyse des österreichischen Bestands an Wohneinheiten im Passivhaus-Standard beträgt also 21.000.

Verteilung

Wie wird der Anteil möglicher Alternativen eingeschätzt? Der konservativste Ansatz zur Verteilung ist 50:50, was bedeutet, dass keine begründeten Annahmen über eine Präferenz getroffen werden können. Beispielsweise könnte für eine Studie angenommen werden, dass in 50% der im Passivhaus-Standard errichteten Wohneinheiten, der gemessene Verbrauch an Heizwärme kleiner oder gleich dem errechneten Heizwärmebedarf wäre, falls keine Begründungen für andere Annahmen vorliegen. Grundsätzlich kann bei einer starken Ungleichverteilung ein höherer Stichprobenfehler toleriert werden, als bei einer anzunehmenden Gleichverteilung.

Ermittlung der Stichprobengröße

Hat man Festlegungen betreffend den Stichprobenfehler, das Vertrauensintervall, die Grundgesamtheit und die Verteilung getroffen, kann die für eine induktive statistische Auswertung nötige Stichprobengröße auch unterstützt durch einfache Berechnungstools ermittelt werden.

Welchen Grenzwert können Sie noch akzeptieren? %
 5% ist ein typischer Wert

Welches Vertrauensintervall wünschen Sie? %
 Üblich sind 90%, 95% oder 99%

Wie groß ist die Grundgesamtheit?
 Wenn Sie es nicht wissen, tragen Sie hier bitte 20000 ein.

Wie sind die Antworten verteilt? %
 Die konservativste Annahme liegt bei 50%

Ihre empfohlene Stichprobengröße liegt bei **378**

Alternativ könnten andere Vertrauensintervalle angenommen werden:

Mit einem Vertrauensniveau von	<input type="text" value="90"/>	<input type="text" value="95"/>	<input type="text" value="99"/>
liegt die Grenze der Stichprobengröße bei	268	378	644

Bei kleineren Stichprobengrößen muss mit folgenden Stichprobenfehlern gerechnet werden:

Mit einer Stichprobengröße von	<input type="text" value="100"/>	<input type="text" value="200"/>	<input type="text" value="300"/>
lautet der maximaler Stichprobenfehler	9.78%	6.90%	5.62%

Ausgehend von den ermittelten Stichprobengrößen wird klar, dass beispielsweise die Ergebnisse der Primärstudie 03_04, Rhomberg: Wohnkomfort und Heizwärmeverbrauch im PH und NEH in keiner Weise induktiv interpretiert werden können. Durchgeführt wurde ein vergleichendes Monitoring des Innenraumkomforts (Temperatur, Belichtung, Feuchte), der NutzerInnenzufriedenheit und des Energieverbrauchs. Untersucht werden zwei Häuser einer viergeschoßigen, im Jahr 2010 bezogenen Wohnanlage in Bregenz. Die Häuser sind architektonisch gleichartig, wenn auch nach unterschiedlichen Himmelsrichtungen orientiert, wobei das eine als Passivhaus (PH) im Sinne von HWB lt. OIB RL6 = 9,03 kWh/m²_{BGfA} geplant wurde und das andere als Niedrigenergiehaus (NEH) mit HWB lt. OIB RL6 = 33,23 kWh/m²_{BGfA}. Die Studie erhebt anhand von regelmäßigen Messungen und schriftlichen Befragungen anhand von je vier Wohnungen pro Haus die Zufriedenheit der BewohnerInnen und den Energieverbrauch und vergleicht diese mit den Erwartungen und Berechnungen. Die Stichprobengröße in Bezug auf im Passivhaus-Standard errichtete Wohneinheiten in Österreich beträgt daher 4. Daraus lässt sich der maximale Stichprobenfehler ableiten.

Mit einer Stichprobengröße von	4	200	300
lautet der maximaler Stichprobenfehler	49.00%	6.90%	5.62%

Bei einer Stichprobengröße von 4 ergibt sich ein Stichprobenfehler von 49 %. Es ist also annähernd genauso wahrscheinlich, dass die ermittelten Ergebnisse für eine andere in Österreich errichtete Wohneinheit im Passivhaus-Standard zutreffen beziehungsweise nicht zutreffen.

Es kann also davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse der Primärstudie 03_04, Rhomberg: Wohnkomfort und Heizwärmeverbrauch im PH und NEH korrekt ermittelt wurden. Ihre Aussagekraft beschränkt sich aber ausschließlich auf die untersuchten Objekte. Eine Überführung in eine allgemeine Aussage im Sinne eines induktiven statistischen Verfahrens ist jedoch in keiner Weise zulässig.

9.2.2 Mangelnde Qualität der Daten

Nur wenige Primärstudien umfassen eine ausreichende Anzahl von Objekten, um im Sinne des vorangegangenen Kapitels als Stichprobe für induktive statistische Verfahren herangezogen werden zu können. Liegt eine entsprechende Stichprobengröße und damit ausreichende Datenquantität vor, ist in weiterer Folge die Datenqualität hinsichtlich unterschiedlicher Kriterien zu prüfen. Für die vorliegende Untersuchung orientiert sich diese Prüfung an den bezugnehmenden Normen. Diese stellen an die Qualität der Daten, speziell, wenn sie als Grundlage der Erstellung von Vergleichen herangezogen werden und im Besonderen, wenn diese Vergleiche veröffentlicht werden sollen, klare Anforderungen, wie etwa im Folgenden aufgezählt.¹⁰

Anforderungen an die Datenqualität müssen festgelegt werden. Berücksichtigt werden muss:

- *Das Alter der Daten*
- *Der technologische Erfassungsbereich*
- *Der geographische Erfassungsbereich*
- *Die Präzision als Maß für Schwankungsbreiten*
- *Die Vollständigkeit*
- *Die Repräsentativität: qualitative Einschätzung für den Grad, in dem die Datenmenge die wahre, interessierende Grundgesamtheit widerspiegelt*
- *Die Konsistenz: qualitative Einschätzung dafür, ob die Methode der Studie auf die verschiedenen Komponenten der Analyse einheitlich angewendet wird*
- *Die Vergleichpräzision: qualitative Einschätzung für den Umfang, in dem ein unabhängiger Ersteller mit den Informationen über die Methode und die Datenwerte die in der Studie angegebenen Ergebnisse reproduzieren kann*
- *Die Datenquellen*
- *Die Unsicherheit der Information*

Wenn eine Studie für die Verwendung in zur Veröffentlichung vorgesehenen vergleichenden Aussagen bestimmt ist, müssen alle festgelegten Anforderungen an die Datenqualität berücksichtigt werden!¹¹

¹⁰ Siehe dazu das Normenexzerpt: Wissenschaftliche Qualität im vorangestellten Unterkapitel

¹¹ ISO 14044:2006-10 Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen, 4.2

Unter den vorliegenden Primärstudien konnte keine identifiziert werden, die sowohl ausreichende Datenquantität als auch entsprechende Datenqualität im Sinne der gültigen Normen sicherstellt. Wobei Mängel speziell in der Nachvollziehbarkeit und Reproduzierbarkeit der Daten vorliegen, was bedeutet, dass über die eigentliche Aussagekraft der Ergebnisse nur begrenzt befunden werden kann. Allgemein gültige Aussage lassen sich aus den vorliegenden Studien durch induktiv statistische Verfahren jedenfalls nicht ableiten.

Exemplarisch für diesen Sachverhalt wird die Primärstudie o3_o6, gbv: Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit angeführt, die grundsätzlich ausreichende Stichprobengrößen vorlegen würde. Hier wird zur Sicherstellung der Nachvollziehbarkeit wie folgt formuliert:¹²

„Zur besseren Nachvollziehbarkeit der Untersuchung wird im Folgenden eine Beschreibung des Vorhabens gegeben. Stichprobe – Repräsentativität: Für die Stichprobe wurde auf die Ziehung einer Zufallsstichprobe verzichtet, da dies einen zu großen Aufwand bedeutet hätte. Stattdessen wurde die Stichprobe in Form einer „bewussten Auswahl“ durchgeführt:

Die Verbandsmitglieder wurden ersucht, aus jeder Bauperiode ein Objekt – sofern vorhanden – auszuwählen. Die Bauperioden wurden vorgegeben, und zwar entsprechend der in der Wohnbauforschung üblichen Periodisierung (vgl. Berichtstabellen; überwiegend Dekaden). Der aktuelle Zeitraum wurde in die Jahre 2001 – 2005 und 2006ff geteilt, sodass mehr jüngere Objekte erfasst werden konnten. Zudem wurde der Hinweis auf die Auswahl „innovativer“ Objekte angebracht, um auch für diesen Typ auf eine relativ hohe Zahl zu kommen. Aus diesem Grunde war eine Überrepräsentation von energetisch besseren Objekten zunächst „vorprogrammiert“. Umgekehrt wurden die Bauvereinigungen auch aufgefordert, noch unsanierte Objekte in die Stichprobe einzubeziehen, auch wenn diese nicht repräsentativ für ihren Bestand waren, da zu erwarten war, dass die sanierten Objekte grundsätzlich überwiegen und die unsanierten Gebäude daher möglicherweise unterrepräsentiert gewesen wären.

An der Untersuchung haben sich schließlich 52 gemeinnützige Bauvereinigungen aus acht Bundesländern mit 321 Objekten bzw. 14.220 Wohnungen beteiligt.“

Das tatsächliche Zustandekommen der Objektauswahl kann aus dieser Beschreibung nicht nachvollzogen werden. Etwa bleibt unklar, nach welchen Kriterien ausgewählt wurden, wenn ausgehend von den oben beschriebenen Randbedingungen mehrere Gebäude innerhalb einer Bauperiode zur Verfügung standen. Auch der Begriff der Innovation, der als Auswahlkriterium ergänzend angeführt ist, wird nicht erläutert und bleibt speziell für Objekte im Errichtungszeitraum vor 1995 beliebig. Ebenso kann die Verteilung der 14.220 Wohneinheiten auf die einzelnen Objekte nur begrenzt nachvollzogen werden. Das Problem der Zuordnung ist aber von spezieller Bedeutung, wie in der Studie selbst angemerkt wird:¹³

¹² Bauer E., Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit, Investitions- und Nutzungskosten in Wohngebäuden gemeinnütziger Bauvereinigungen unter besonderer Berücksichtigung energetischer Aspekte, Hrsg.: Österreichischer Verband gemeinnütziger Bauvereinigungen – Revisionsverband, 2013, S.15.

¹³ Bauer E., Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit, Investitions- und Nutzungskosten in Wohngebäuden gemeinnütziger Bauvereinigungen unter besonderer Berücksichtigung energetischer Aspekte, Hrsg.: Österreichischer Verband gemeinnütziger Bauvereinigungen – Revisionsverband, 2013, S.16.

„Das bedeutet, dass größere Objekte den Mittelwert stärker beeinflussen als kleine. Dieser Hinweis ist insofern von Bedeutung, als diese Berechnungsweise aus gerechtfertigten Gründen zwar der „üblichen“ Methode entspricht, diese aber nicht immer zur Anwendung kommt und Ergebnisse unterschiedlicher Untersuchungen daher mitunter nicht unmittelbar vergleichbar sind.“

Auch die Vollständigkeit der Daten kann im Sinne der Norm oder der induktiven Statistik nicht ausreichend sichergestellt werden. Fehlende Daten wurden in unterschiedlicher Weise geschätzt. In der Studie wird auf diesen Umstand wie folgt eingegangen:¹⁴

„Die Daten wurden nach ihrer Erfassung zahlreichen Plausibilitätschecks unterworfen, an die sich Rückfragen schlossen, mittels derer die Qualität deutlich verbessert werden konnte. Zum Teil wurden fehlende Daten mit Hilfe bestimmter Annahmen geschätzt, darauf wird an den entsprechenden Stellen hingewiesen.“

Schließlich wird in der Studie selbst auf die Auswirkungen, die sich in Hinsicht auf die Repräsentanz der Studienergebnisse durch die gewählte Art der Festlegung der Stichprobe ergeben entsprechend eingegangen:¹⁵

„Aus dieser Form der Stichprobenziehung ergibt sich die Einschränkung, dass für die Ergebnisse (Durchschnittswerte), anders als bei einer Zufallsstichprobe, keine Konfidenzintervalle berechnet werden dürfen. Aus diesem Grunde wurde auch auf eine Hochrechnung auf den Gesamtbestand der Wohnungen gemeinnütziger Bauvereinigungen verzichtet.“

9.2.3 Inkonsistenz der Methodik

Ein weiteres Problem in Hinsicht auf die wissenschaftliche Qualität, das in mehreren Primärstudien aufgefallen ist, betrifft einen Mangel an Konsequenz in der Anwendung einer durchgängigen Methodik. Beispielsweise werden unterschiedlich generierte Daten, etwa Messdaten und Daten aus Bedarfsberechnungen oder Literaturangaben als gleichwertige Ausgangsbasis in weiterführende vergleichende Erhebungen einbezogen.

Exemplarisch wird hier die Studie 03_16 Schöberl, Hofer: Betriebskosten- und Wartungskostenvergleich zwischen Passivhäusern und Niedrigenergiehäusern, angeführt. Auf Basis eines Energiemonitorings über zwei Heizsaisonen an 10 Passivhäusern (5 MFH, 5 EFH) und 8 Niedrigenergiehäusern (5 MFH, 3 EFH) leitet diese Primärstudie einen Betriebs- und Wartungskostenvergleich ab. Dabei werden bei der Erhebung des Energieverbrauchs jedoch einerseits konkrete Messdaten herangezogen, andererseits aber errechnete Daten und Angaben aus der Literatur verwendet, deren Verifizierung eigentlich Ergebnis der Studie sein sollte.

¹⁴ Bauer E., Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit, Investitions- und Nutzungskosten in Wohngebäuden gemeinnütziger Bauvereinigungen unter besonderer Berücksichtigung energetischer Aspekte, Hrsg.: Österreichischer Verband gemeinnütziger Bauvereinigungen – Revisionsverband, 2013, S.16.

¹⁵ Bauer E., Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit, Investitions- und Nutzungskosten in Wohngebäuden gemeinnütziger Bauvereinigungen unter besonderer Berücksichtigung energetischer Aspekte, Hrsg.: Österreichischer Verband gemeinnütziger Bauvereinigungen – Revisionsverband, 2013, S.16.

So wird etwa bei der Ermittlung der Stromkosten für die Lüftung der Gebäude der Energieverbrauch der Lüftungsanlagen gemessen, jener der Abluftanlagen aber hergeleitet. Konkret wurde also der Energieverbrauch der Lüftungsanlagen in den fünf im Passivhaus-Standard errichteten Mehrfamilienhäusern gemessen. Es ergibt sich ein Mittelwert von 6 kWh/m²_{NGFA} und von 0,80 EUR/m²_{NGFA}. In den Niedrigenergiehäusern konnte der Stromverbrauch für die Abluftanlagen nicht gemessen werden. Er wurde daher auf Basis von eigenen Berechnungen und Angaben aus der Fachliteratur mit 3,4 kWh/m²_{NFA} und von 0,45 EUR/m²_{NGFA} angesetzt.

9.2.4 Abweichungen der Methodik von der Normvorgabe

Allgemein kann gesagt werden, dass die in den einschlägigen Normen festgelegten Vorgehensweisen zur Quantifizierung von Umweltwirkmechanismen konsistent und differenziert sind. Vereinfachungen aber auch Abweichungen von diesen Vorgaben wurden ebenfalls in mehreren Primärstudien festgestellt und gegebenenfalls als Mangel an Wissenschaftlichkeit identifiziert.

Exemplarisch wird die Einbeziehung von vor Ort erzeugter erneuerbarer Energie beispielsweise auf Photovoltaikanlagen in die Berechnung der Gesamtenergieeffizienz in der als Primärstudie herangezogenen Leitlinie o6_03 EU Kommission: Leitlinien zur delegierten Verordnung (EU) Nr. 244/2012 der Kommission vom 16. Januar 2012 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden durch die Schaffung eines Rahmens für eine Vergleichsmethode zur Berechnung kostenoptimaler Niveaus von Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und Gebäudekomponenten (2012/C 115/01) kurz erläutert.

Die Leitlinie formuliert in diesem Zusammenhang wie folgt:¹⁶

„Berechnung der Gesamtenergieeffizienz vom Nettoenergiebedarf bis zum Primärenergieverbrauch:

(4) Vom Stromverbrauch wird der Strom aus erneuerbaren Quellen, der vor Ort erzeugt und genutzt wird (z. B. aus Photovoltaik-Modulen), abgezogen.“

Angefügt wird die anschließend abgebildete erläuternde Grafik:¹⁷

¹⁶ Europäische Kommission, Leitlinien zur delegierten Verordnung (EU) Nr. 244/2012 der Kommission vom 16. Januar 2012, S.10

¹⁷ Europäische Kommission, Leitlinien zur delegierten Verordnung (EU) Nr. 244/2012 der Kommission vom 16. Januar 2012, S.11

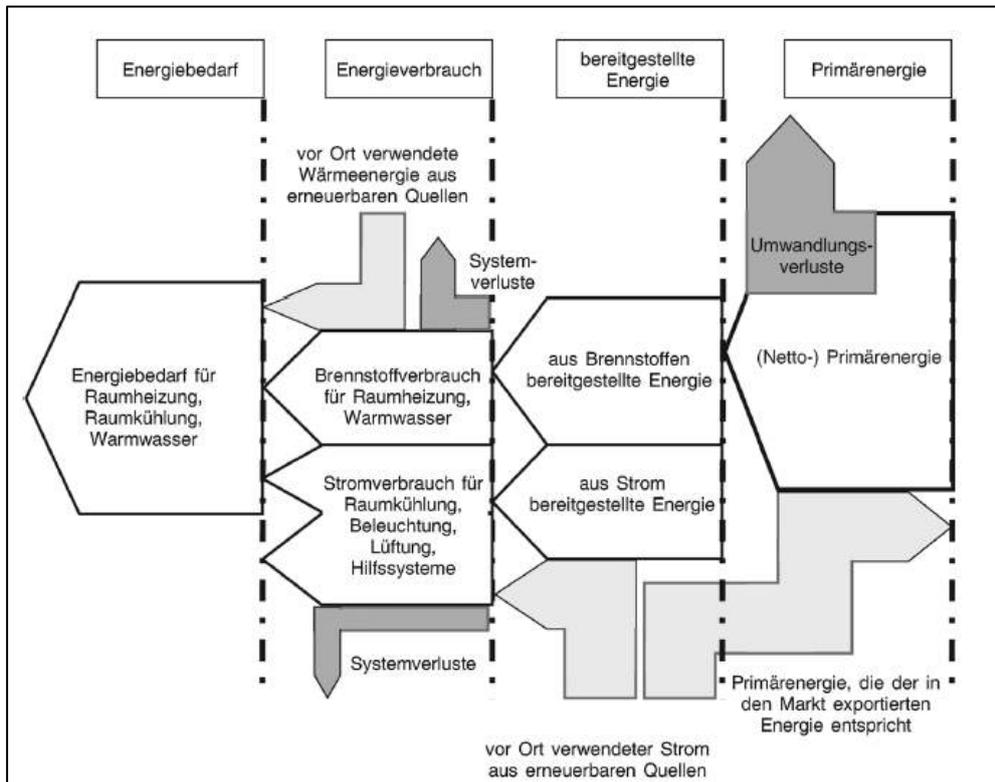


Abbildung 35: Schematische Darstellung d. Berechnung des Primärenergiebedarfs (Quelle: EUC)

In der EN 15978:2012-10 Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode, wird im Widerspruch zur Leitlinie das folgende Vorgehen zur Verrechnung durch eine Grafik mit angegliederter Erläuterung festgelegt:¹⁸

¹⁸ EN 15978:2012-10 Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode, wird im Widerspruch zur Leitlinie das folgende Vorgehen zur Berechnung, Anhang B.4

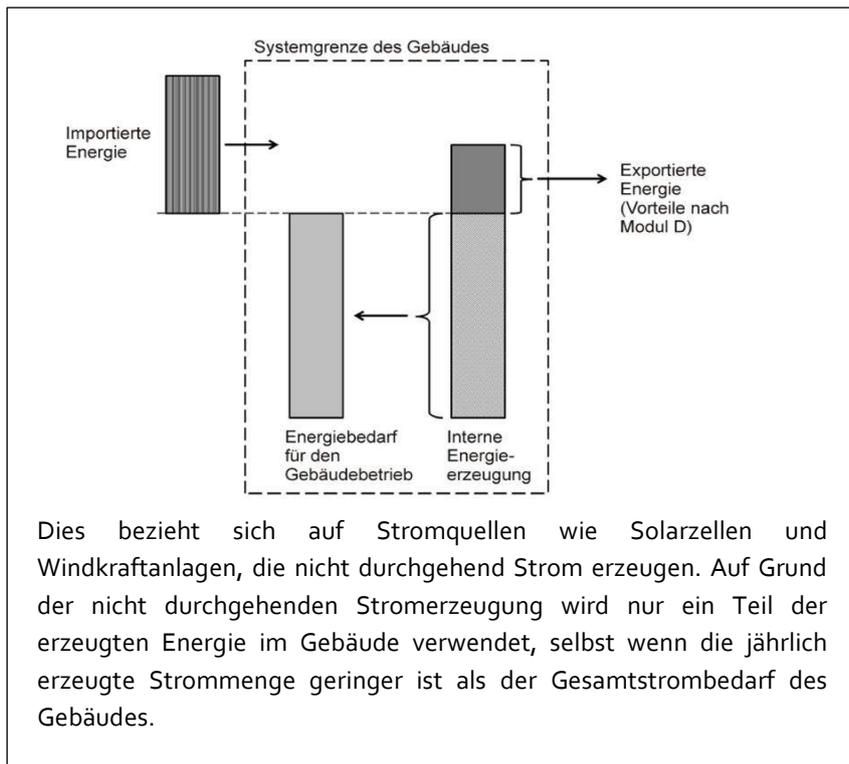


Abbildung 36: Schematische Darstellung der Berechnung und Erläuterung (Quelle: EN 15978)

Demnach darf Strom der vor Ort, dort aber nicht durchgehend erzeugt wird, also etwa Strom aus Photovoltaikanlagen nur zum Teil vom Stromverbrauch des Gebäudes abgezogen werden. Das gilt ausdrücklich auch, wenn die derart vor Ort erzeugte Energie geringer ist als der Gesamtstromverbrauch.

Das in der Norm vorgeschlagenen Berechnungsverfahren ist differenzierter und kommt der Realität und damit den resultierenden Umweltwirkungen näher als jenes einfachere Verfahren, das in der Leitlinie festgelegt ist. Für die Ermittlung wissenschaftlich fundierter Aussagen ist die Berechnungsmethodik der EN 15978:2012-10 heranzuziehen.

9.2.5 Fehlerhafte Ergebnisinterpretation

Schließlich ist noch auf einen wissenschaftlichen Mangel hinzuweisen, dessen Vorliegen in wenigen Primärstudien vermutet wird, jedoch insofern erwähnt werden muss, als aus diesem durchwegs grobe Abweichungen zwischen der Realität einer Situation und ihrer Darstellung im Studienergebnis hervorgehen könnten.

Exemplarisch dargelegt wird die Ursache einer möglichen derartigen Abweichung anhand der Primärstudie o2_o2 Austrian Energy Agency: Kostenoptimale Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz gem. EPBD Art.5 12_2012. Die Studie stellt mittels einer Berechnung von zwei Referenzgebäuden drei prägnante Konstruktionstypen gegenüber. Untersucht wird dabei ein Ziegelmassivbaus, ein Holzleichtbaus und einem Holzmassivbau. Als Referenzobjekte herangezogen werden, ein mehrgeschossiger Wohnbau und ein Einfamilienhaus. Als Berechnungszeitraum werden 30 Jahren angesetzt. In die Berechnungen zur Kostenoptimalität

werden nur die Kosten jener Komponenten einbezogen, deren Variation die Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes direkt beeinflusst, etwa Dämmungen. Folglich werden Ersatz und Restwerte auch nur für diese Komponenten berücksichtigt. Da aber ein Vergleich von Konstruktionstypen vorgenommen werden soll, können relevante Aussagen speziell zu den Restwerten nur dann getroffen werden, wenn auch jene Strukturen der Gebäudehülle Berücksichtigung finden, die nicht in Hinsicht auf die Energieeffizienz variiert werden, etwa die lastabtragenden und raumbildenden Elemente der oberste Geschoßdecke, der Außenwände und der Kellerdecke. Ob und wie diese Elemente in den Vergleich der Konstruktionstypen einbezogen wurden, erschließt sich aus der Studie nicht. Zu erwarten sind aber deutlich abweichende Ergebnisse, speziell wenn ein differenzierter Lebensdaueransatz für die konstruktiven Elemente gewählt wird.

10 Ergebnisse zu Detailfrage f: Interpretationsspielraum in der Lebenszyklusanalyse

Auf seine methodische Begründung hin untersucht werden soll der hohe Interpretationsspielraum in der Lebenszyklusanalyse (LCA) von Gebäuden. Darin von Bedeutung scheint unter anderen die Frage nach der Festlegung einer Gleichwertigkeit technischer Qualitäten.

Liste der spezifisch relevanten Studien

- 02_01 Kostenoptimalität, e7, 11_2012
- 02_02 Kostenoptimalität, energy agency, 12_2012
- 02_03 Kostenoptimalität TU-Wien, Bednar, 2013
- 02_06 Kostenoptimalität, OIB, 03_2013
- 02_08 Kostenoptimales Anforderungsniveau für Wohnungsneubauten in Vbg, e7+EIV, 2013
- 03_06 Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit, gbv, 10_2013
- 03_07 Innovative Gebäudekonzepte im Vergleich, ACR, 2014
- 03_09 Gebäude maximaler Energieeffizienz mit integrierter erneuerbarer Energieerschließung, bm:vit, Nachhaltig Wirtschaften, 06_2012
- 03_10 Sensitivitätsanalyse von Gebäudeökobilanzen, Holger König, 03_2012
- 03_11 ÖNORM plusenergiegebäude, Entwicklung des ersten rechtssicheren Nachweisverfahrens für Plusenergiegebäude durch komplette Überarbeitung der ÖNORMEN Rosenberger, Bednar et al, 10_2012

Bei der Durchführung der Hauptuntersuchung zu den Fragestellungen A, B und C und vor allem durch die Erweiterung der einschlägigen Normengrundlage, konnte festgestellt werden, dass die Lebenszyklusanalyse an sich ein stringentes und differenziertes Instrument zur Beurteilung von Umweltwirkungen darstellt.

Es wird definitiv versucht, Spielräume für die Interpretation, im speziellen durch Werthaltungen, Wichtungen oder Aggregation nur unter ganz bestimmten Bedingungen und nach ausdrücklichem Hinweis zuzulassen.

Unschärfen der Analyse können sich durch das Ansetzen unangemessen kurzer kalkulatorischer Lebensdauern ergeben, was in Frage C dargestellt wird. Weiters wurden problematische Ergebnisse im Zusammenhang mit wissenschaftlichen Mängeln identifiziert. Grundsätzlich aber kann keine dem Instrument der Lebenszyklusanalyse inherente Schwäche ausgemacht werden, die zu unzulässigen Ergebnisbandbreiten speziell im Vergleich von unterschiedlichen Bauweisen führt. Auch die Ergebnisse der Primärstudien lassen diese Einschätzung zu. Eine theoretische vorsätzliche Manipulation von Ergebnissen ist auf Grund der Komplexität der Lebenszyklusanalytik allerdings denkbar.

In diesem Sinn soll an dieser Stelle lediglich nochmals auf zwei zentrale Aspekte der Normung hingewiesen werden, einerseits auf die Anforderungen an eine gesonderte Erhebung technischer und funktioneller Eigenschaften parallel zu den Sachbilanzbezogenen In- und Outputdaten und

andererseits auf die Festlegung von technischen und funktionellen Qualitäten im Falle von vergleichenden Studien durch die Definition eines funktionellen Äquivalents.

Bei einer vergleichenden Studie muss vor der Auswertung der Ergebnisse die Vergleichbarkeit der Systeme beurteilt werden. Demzufolge muss der Untersuchungsrahmen der Studie so festgelegt werden, dass die Systeme verglichen werden können. Systeme müssen unter Anwendung derselben funktionellen Einheiten und äquivalenten methodischen Festlegungen, wie z. B. Leistung, Systemgrenze, Datenqualität, Allokationsverfahren, Kriterien zur Beurteilung von Inputs und Outputs sowie zur Wirkungsabschätzung, verglichen werden. Hinsichtlich dieser Parameter müssen alle Unterschiede zwischen Systemen angegeben und im Bericht aufgeführt werden. Wenn die Studie für die Verwendung in zur Veröffentlichung vorgesehenen vergleichenden Aussagen bestimmt ist, muss diese Beurteilung von interessierten Kreisen als Kritische Prüfung durchgeführt werden.

ISO 14044, 4.2

Vergleiche zwischen den Ergebnissen der Bewertung dürfen nur auf Basis des funktionalen Äquivalents durchgeführt werden.

EN 15978, 7.2

Comparability of the results of assessment of the environmental performance of a building is particularly critical when different buildings or parts of a building are being assessed using a single method. To ensure that such comparisons are made on a common basis, the functional equivalent of the buildings shall be the same.

ISO 21931-1, 5.10

Ansonsten wird die Detailfrage f als Ausprägung der Hauptfragen A, B und C bearbeitet, und wird in diesem Sinn implizit in den Kapiteln 5, 6 und 7 behandelt.

11 Ergebnisse zu Detailfrage g: Begründbarkeit der CO₂-Gutschrift von Bauholz

Ebenfalls auf ihre methodische Begründbarkeit und Zulässigkeit untersucht werden soll eine sogar mehrfache CO₂ Gutschrift von Bauholz.

11.1 Liste der spezifisch relevanten Studien

Für eine Metastudie zur Detailfrage g wurden aus dem Gesamtumfang aller Studien zunächst folgende für die eingehendere Untersuchung herangezogen:

- 02_01 Kostenoptimalität, e7, 11_2012
- 02_02 Kostenoptimalität, energy agency, 12_2012
- 02_06 Kostenoptimalität, OIB, 03_2013 (unvollst. Version von 02_04)
- 02_07 Kostenoptimalität, e7, 09_2013 (Auszug aus 02_01)
- 02_08 Kostenoptimales Anforderungsniveau für Wohnungsneubauten in Vbg, e7+EIV, 2013

- 03_01 Bauen 2020 - Gebäudesystemvergleich, DUK, 11_2012
- 03_03 Wohnbauförderung in Österreich 2012, IIBW, 09_2013
- 03_06 Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit, gbv, 10_2013
- 03_07 Innovative Gebäudekonzepte im Vergleich, ACR, 2014
- 03_09 Gebäude maximaler Energieeffizienz mit integrierter erneuerbarer Energieerschließung, bm:vit, Nachhaltig Wirtschaften, 06_2012
- 03_10 Sensitivitätsanalyse von Gebäudeökobilanzen, Holger König, 03_2012

Es hat sich jedoch gezeigt, dass ausgehend vom Datenmaterial dieser Studien, die der Detailfrage g zugrunde liegende Problematik nicht sinnvoll erörtert werden kann. Die Durchführung einer Metastudie zur Frage der mehrfachen CO₂ Gutschrift von Bauholz ist nicht möglich.

Die Gefahr, eine mehrfache CO₂ Gutschrift oder andere Formen einer falschen, missverständlichen oder tendenziellen Darstellung im Zusammenhang mit den Umweltwirkungsmechanismen des Baustoffes Holz innerhalb von Studien vorzufinden ist dann hoch, wenn diesen Studien eine starke Motivation abseits wissenschaftlicher Objektivität zugrunde liegt, beispielsweise die der Produktplatzierung gegenüber dem Mitbewerber am Markt.

Den oben angeführten Studien liegt eine derartige prädisponierende Motivation nicht oder nicht derart offensichtlich zu Grunde, dass schwerwiegend falsche, missverständliche oder tendenzielle Darstellungen nicht konstatiert werden mussten. Hingegen wurden Studien mit korrekter und differenzierter Methodik und folglich verifizierbaren Ergebnissen identifiziert und in den entsprechenden, den Fragestellungen zugeordneten Kapiteln vergleichend erläutert.

Um die Problemlage der Detailfrage g dennoch und abseits einer Metastudie zu betrachten, wurde eine weitere Studie exemplarisch ausgewählt, die mögliche Fehlinterpretationen zulässt.¹⁹ Um objektiviert darstellen zu können, aus welchen Herangehensweisen und Zugängen Fehler entstehen oder fehlerhafte Interpretationen intendiert werden können, wurde ein Exzerpt aus ausgewählten internationalen und nationalen spezifischen Normen erstellt, das eine korrekte Vorgehensweise definiert. Herangezogen wurden dazu, in Erweiterung der im Zwischenbericht vom 25.09.2014 bereits genannten, die folgenden Normen:

05_01 ÖNORM EN 15643-1 bis -4 Nachhaltigkeit von Bauwerken, 2010 bis 2012

05_02 ÖNORM EN ISO 14040 Umweltmanagement - Ökobilanz 11_2009

Erweiterung:

05_03 EN 15978: Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode, 10_2012

05_04 ÖNORM EN ISO 14044 Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen, 10_2006

05_05 ÖNORM EN ISO 14025 Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Typ III Umweltdeklarationen - Grundsätze und Verfahren, 07_2010

05_06 ISO 15686-1 und -9: Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 1: General principles and framework; Buildings and constructed assets. Service-life planning. – Part 9: Guidance on assessment of service-life data, 05_2011

05_07 ISO 21931-1: Sustainability in building construction - Framework for methods of assessment of the environmental performance of construction works - Part 1: Buildings, 06_2010

05_08 ISO 15392: Sustainability in building construction - General principles, 05_2008

Es ist anzumerken, dass der Wortlaut der, aus den Normen exzerpierten Textpassagen, wenn im Sinne der Verständlichkeit notwendig, sprachlich angepasst wurde. Veränderungen der inhaltlichen Aussagen haben in keiner Weise stattgefunden.

11.2 Bauholz als erneuerbare Ressource

Holz ist ein Rohstoff der als erneuerbar gilt, da er aus Bäumen gewonnen wird, die unter entsprechenden Umweltbedingungen in regenerationsfähigen Wäldern nachwachsen. Bauholz, Holzprodukte oder Holz als Energieträger, wird in diesem Sinn als erneuerbare Ressource angesehen.

Normenexzerpt: Erneuerbare Ressource

¹⁹ Die Studie, ihre Autoren und Auftraggeber, werden im vorliegenden Dokument anonymisiert. Das verwendete Bildmaterial stammt aus einer Präsentation besagter Studie und wurde in der Darstellung weitgehend neutralisiert. Dem Auftraggeber der vorliegenden Metastudie, Wirtschaftskammer Österreich, Fachverband Steine-Keramik, ist die exemplarisch herangezogenen Studie bekannt.

Erneuerbare Ressourcen sind Ressourcen, die im menschlichen Zeithorizont nachwachsen oder auf natürliche Art erneuert oder gereinigt werden können.

EN 15643-1, 3.57

Zur Norm zusätzliche Indikatoren für weitere umweltbezogene Informationen (Umweltaspekte):

Einsatz von nachhaltig bewirtschafteten Stoffen (nach Stoffart eingruppiert: z. B. PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification — Programm für die Anerkennung von Waldzertifizierungssystemen), FSC (Forest Stewardship Council — Organisation zur Förderung verantwortungsvoller Waldwirtschaft), Stoffe aus verantwortungsbewusst bewirtschafteten Quellen nach BS 8902:2009)

EN 15643-2, B.2

Erneuerbare Ressourcen sind Ressource, die angebaut oder in menschlichem Zeithorizont auf natürliche Weise erneuert oder gereinigt wird.

EN 15978, 3.27

Renewable resources are resource that is grown, naturally replenished or cleansed on a human timescale.

ISO 21931-1, 3.12

Particular aspects of the construction works, parts of works, processes or services related to their life cycle, can interact with the environment. These relate to current use of the earth's resources; consider impacts on the quality and the quantity of resources as well as local, regional and global ecosystems; and incorporate life cycle assessment to evaluate the impact to the environment, wholly or partially resulting from activities, products or services used in the construction work or in the use of the construction works. This should include any legacy left by the construction works.

ISO 15392, 6.3

Einer globalen Betrachtung hält diese Herangehensweise jedoch nicht stand. So ist die weltweite Entwaldung zwar eindeutig rückläufig, der Wald stellt auf Basis der Daten der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen, aktuell dennoch eine versiegende erneuerbare Ressource dar.²⁰ Das macht die folgende Abbildung zur geschätzten weltweiten Entwaldung nach Waldtypen und Zeitperioden in Millionen Hektar deutlich.

²⁰ Food and agriculture organization of the united Nations (Hrsg.), State of the world's forests, Rome 2012

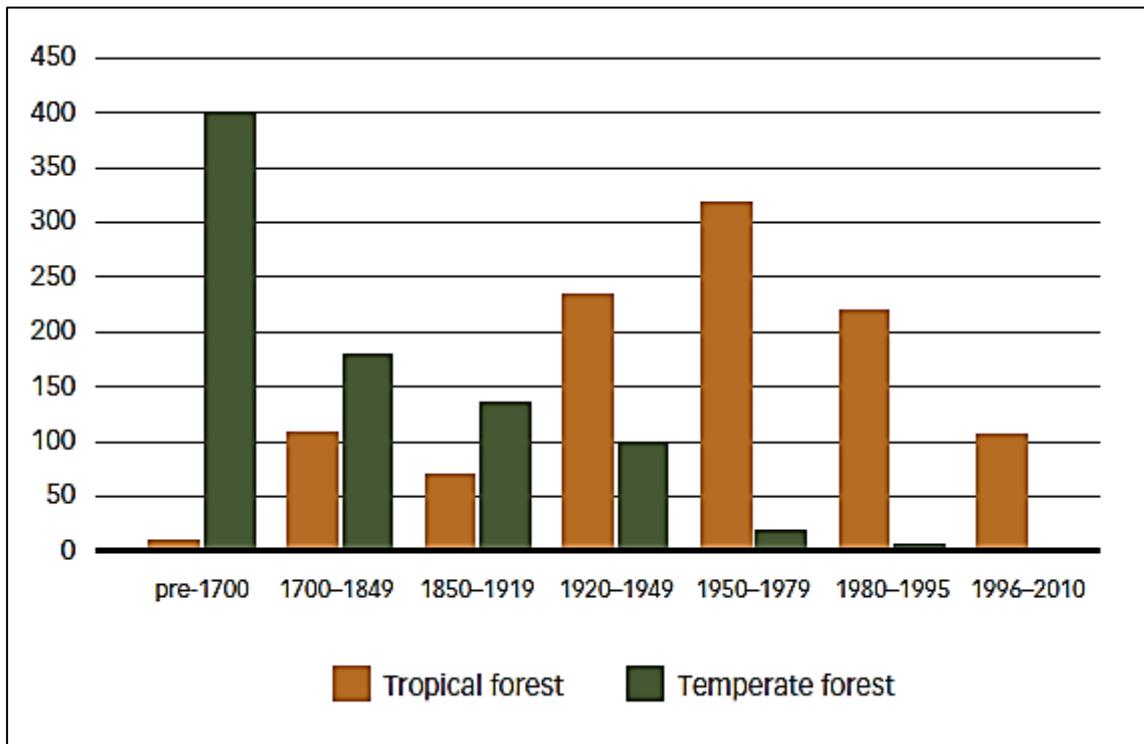


Abbildung 37: Estimated deforestation, by type of forest and time period [million hectares]²¹

In der Normung wird der Sachverhalt des Versiegens einer erneuerbaren Ressource erläutert und ist daher im Rahmen einer Untersuchung von Umweltwirkungsmechanismen prüfend zu berücksichtigen.

Normenexzerpt: Versiegen erneuerbare Ressource

Eine erneuerbare Ressource kann versiegen, durch angemessene Bewirtschaftung aber dauerhaft bereitgehalten werden.

EN 15643-1, 3.57

Eine erneuerbare Ressource kann versiegen, durch angemessene Bewirtschaftung aber dauerhaft bereitgehalten werden. Beispiele sind unter anderem: Holz aus Wäldern, Gras auf Weiden und fruchtbarer Boden.

EN 15978, 3.27

A renewable resource is capable of being exhausted but can last indefinitely with proper stewardship.

ISO 21931-1, 3.12

Im Sinne einer sorgfältigen Definition von Systemgrenzen, ist daher zu klären, woher das eingesetzte Bauholz tatsächlich stammt und ob dieses Bauholz innerhalb der Systemgrenze als nachhaltig erneuerbare Ressource betrachtet werden kann. Bezogen auf die räumliche

²¹ Food and agriculture organization of the united Nations (Hrsg.), State of the world's forests, Rome 2012, S.9, Datenbasis: Estimates based on Williams, 2002; FAO, 2010b.

Systemgrenze Österreich ist festzuhalten, dass nennenswerte Anteile der Holzströme, die letztendlich im Baubereich zur Anwendung kommen aus Importen stammen.²²

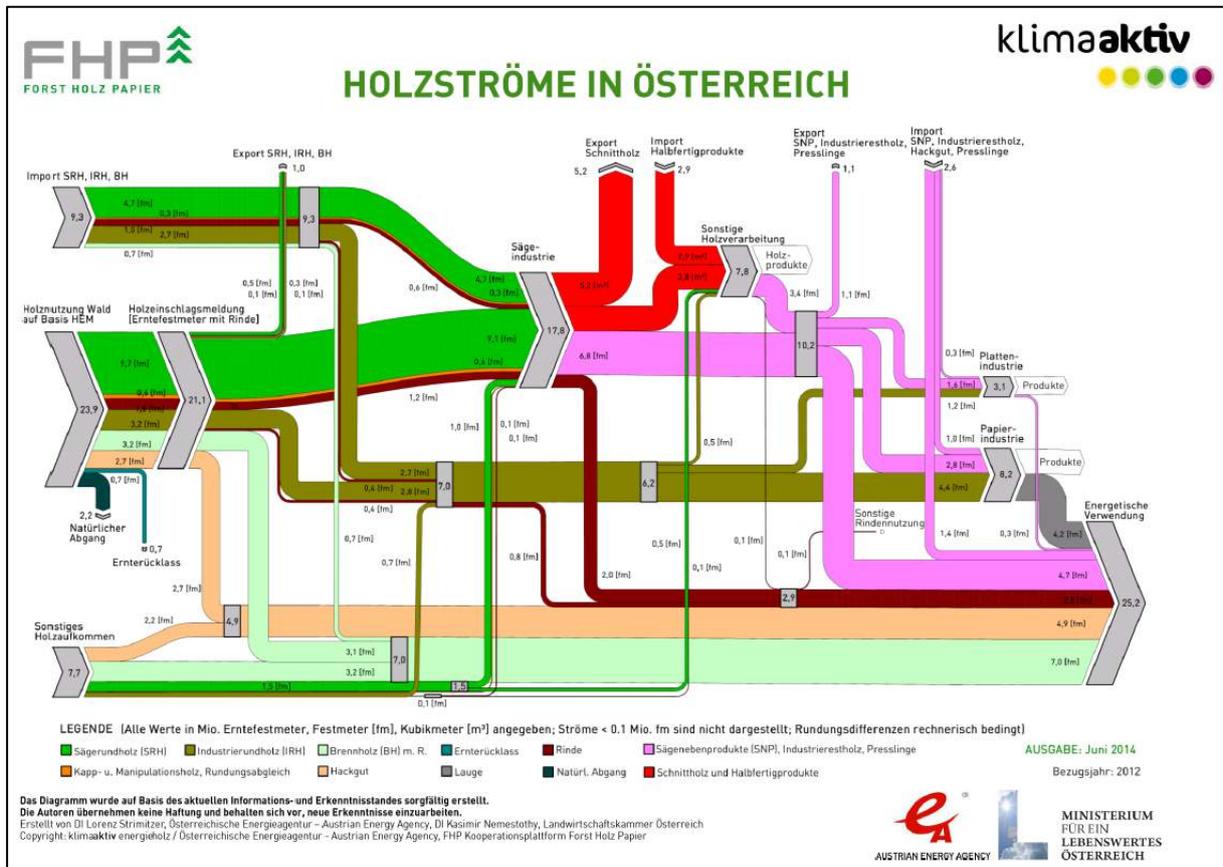
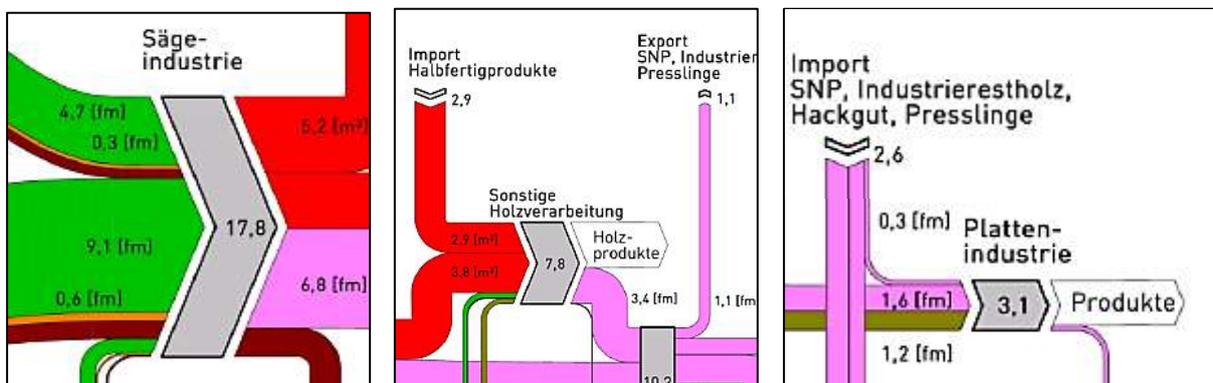


Abbildung 38: Holzströme in Österreich, Bezugsjahr 2012

Für die Sägeindustrie werden 5,6 Millionen Festmeter von 17,8 Millionen Festmetern oder 31,5% importiert. Für die sonstige Holzverarbeitung werden 2,9 Millionen Kubikmeter von 7,8 Millionen Kubikmetern oder 37,2% und für die Plattenindustrie 0,3 Millionen Festmeter von 3,1 Millionen Festmetern oder 9,7% importiert.



Abbildungen 39: Detailausschnitte aus Abbildung 38: Holzströme in Österreich, Bezugsjahr 2012, von links nach rechts: zur Sägeindustrie, zur sonstigen Holzverarbeitung und zur Plattenindustrie

²² Strimtzger L., Österreichische Energieagentur; Nemesothy K., Landwirtschaftskammer Österreich; © klimaaktiv energieholz / Österreichische Energieagentur; FHP Kooperationsplattform Forst Holz Papier; 2014

Nach Angaben des Austria's Annual Greenhouse Gas Inventory 1990-2012, ist der Umfang der Senke des Sektors LULUCF (land use, land-use change and forestry) für CO₂äqui Emissionen im Zeitraum von 1990 bis 2012 um 61,1% zurückgegangen.²³

GHG	1990	2012	Trend 1990–2012	1990	2012
	Emissions [Gg CO ₂ e]			Share [%]	
Total	78.061	80.211	+2.8%	100.0%	100.0%
1 Energy	55.400	59.843	+8.0%	71.0%	74.6%
2 Industry	10.005	10.877	+8.7%	12.8%	13.6%
3 Solvent	512	335	-34.6%	0.7%	0.4%
4 Agriculture	8.557	7.499	-12.4%	11.0%	9.3%
5 LULUCF	-9.877	-3.840	-61.1%	–	–
6 Waste	3.587	1.657	-53.8%	4.6%	2.1%

Total emissions without emissions from LULUCF

Tabelle 6: Austria's greenhouse gas emissions by sector in the base year (1990) and in 2012 as well as their share and trend, Quelle LULUCV

Im Jahr 2008, welches allerdings durch starken Windbruch charakterisiert war, stellte der Sektor LULUCF erstmals im Rahmen der tabellarischen Aufzeichnung keine CO₂äqui Emissionsenke sondern eine Quelle von CO₂äqui Emissionen im Umfang von 138 Gigagramm (138. 000 t) dar.²⁴

GHG source and sink categories	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
	Energy	Industry	Solvent	Agriculture	LULUCF*	Waste	Other
CO ₂ equivalents (Gg)							
1990	55.400	10.005	512	8.557	- 9.877	3.587	NA
1995	57.673	9.801	422	8.720	- 11.484	3.096	NA
2000	59.294	10.038	425	7.912	- 15.235	2.558	NA
2001	63.419	10.007	425	7.865	- 17.165	2.504	NA
2002	64.540	10.669	427	7.763	- 11.097	2.522	NA
2003	70.666	10.718	418	7.557	- 1.084	2.566	NA
2004	71.113	10.151	374	7.454	- 6.144	2.447	NA
2005	71.809	10.613	387	7.416	- 7.627	2.345	NA
2006	68.576	10.986	415	7.452	- 1.809	2.269	NA
2007	65.466	11.425	388	7.517	- 752	2.159	NA
2008	64.895	11.911	367	7.653	138	2.063	NA
2009	60.650	9.739	299	7.634	- 3.906	1.928	NA
2010	64.551	10.781	327	7.468	- 3.894	1.826	NA
2011	62.193	11.125	320	7.578	- 3.873	1.737	NA
2012	59.843	10.877	335	7.499	- 3.840	1.657	NA

²³ Umweltbundesamt (Hrsg.), Austria's Annual Greenhouse Gas Inventory 1990-2012 , Submission under Regulation 525/2013/EC, Submission under Regulation 525/2013/EC, 2014, S. 18

²⁴ Umweltbundesamt (Hrsg.), Austria's Annual Greenhouse Gas Inventory 1990-2012 , Submission under Regulation 525/2013/EC, Submission under Regulation 525/2013/EC, 2014, S. 17

Tabelle 7: Summary of Austria's anthropogenic greenhouse gas emissions by sector

Die Annahme, wie sie etwa die folgenden Abbildung nahelegt, dass die durch die Entnahme von Bauholz aus dem Wald entstehende Verringerung der CO_{2äqui} Emissionsenke durch die Leistungsfähigkeit dieses Ökosystems vollumfänglich und in menschlich absehbaren Zeithorizonten kompensiert wird, ist daher auch als Annahme auszuweisen.²⁵

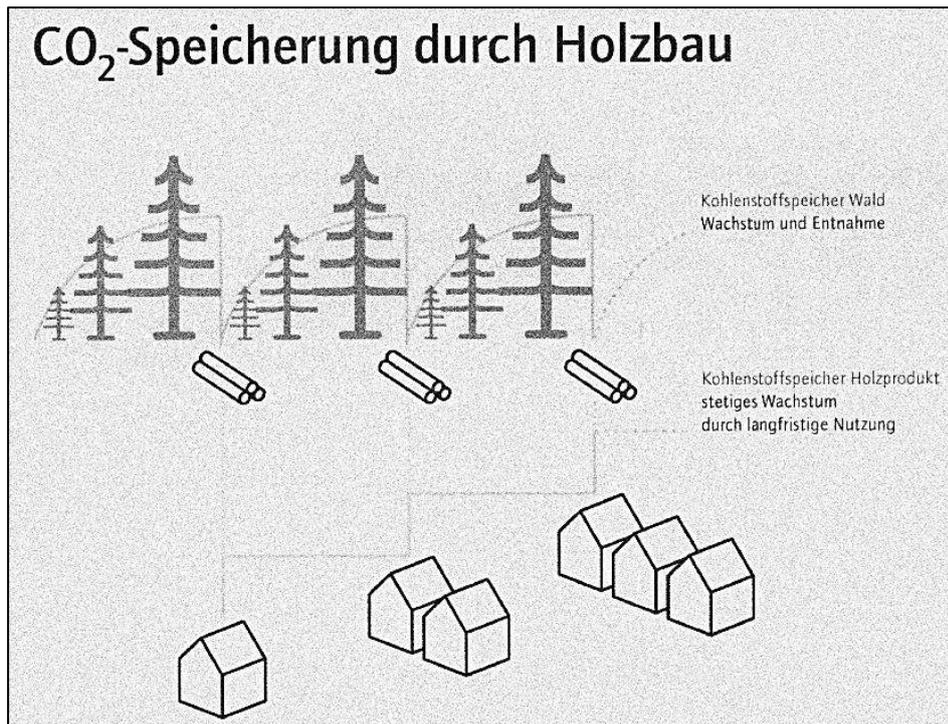


Abbildung 40: Exemplarische Darstellung eines Studienergebnisses zur CO₂-Speicherung durch Holzbau

Gerade, wenn auf die zur Kompensation notwendige Langfristigkeit der Nutzung hingewiesen wird, muss für den Wald ein entsprechend haltbares Szenario vorliegen, dass begründet von dessen Regenerationsfähigkeit und einer angemessenen Bewirtschaftung ausgeht.

Normenexzerpt: Systemgrenzen und Szenarien

Es sind nachvollziehbare Szenarien zu entwickeln, und für alle Bewertungen gleich anzuwenden.

EN 15643-1, E

Bewertungen müssen auf der Grundlage festgelegter Szenarien erfolgen, die den

EN 15643-1, 5.4

²⁵ Die Studie, ihre Autoren und Auftraggeber, werden im vorliegenden Dokument anonymisiert. Das verwendete Bildmaterial stammt aus einer Präsentation besagter Studie und wurde in der Darstellung weitgehend neutralisiert. Dem Auftraggeber der vorliegenden Metastudie, Wirtschaftskammer Österreich, Fachverband Steine-Keramik, ist die exemplarisch herangezogene Studie bekannt.

Lebenszyklus des Gebäudes widerspiegeln. Die Szenarien müssen realistisch und repräsentativ sein.

Die zur Festsetzung der Systemgrenze benutzten Kriterien sind für den Grad der Vertrauenswürdigkeit der Ergebnisse der Studie und die Möglichkeit, das Ziel der Studie zu erreichen, von Bedeutung.

ISO 14040, 5.2

Das Fehlen räumlicher und oder zeitlicher Dimensionen bei den Sachbilanzergebnissen führt zur Unsicherheit bei den Ergebnissen der Wirkungsabschätzung.

ISO 14040, 5.4

Die Systemgrenze bestimmt die Prozesse, die für den Bewertungsgegenstand berücksichtigt werden. Bei einem neuen Gebäude muss die Systemgrenze den Lebenszyklus umfassen. Bei einem bestehenden Gebäude muss die Systemgrenze sämtliche Phasen der noch verbleibenden Nutzungsdauer und die Entsorgungsphase umfassen.

EN 15978, 7.4

Szenarien für den Gebäudelebenszyklus<. Für die vollständige Beschreibung des Bewertungsgegenstandes muss die physikalische Gebäudebeschreibung durch zeitabhängige Eigenschaften des Gebäudes ergänzt werden. Falls Informationen zum Modul D in einer Gebäudebewertung angegeben werden, werden Szenarien benötigt, die auf Gebäudeebene festgelegt werden.

EN 15978, 8.1

It is necessary to give a clear indication of the system boundary, such that the extent to which the different aspects, parts, processes and services of the building are involved in the assessment is clearly defined.

ISO 21931-1, 4.1

The method of assessment shall apply a fixed set of assumptions and scenarios.

ISO 21931-1, 5.5

Der Eindruck, dass die Regenerationsfähigkeit und eine angemessenen Bewirtschaftung des Waldes ein nicht zu hinterfragendes gegebenes Faktum ist, darf nicht erweckt werden. Vielmehr ist der tatsächliche Sachverhalt innerhalb einer räumlich realistischen und zeitlich langfristigen Systemgrenze sorgfältig zu prüfen. Dass der Wald innerhalb des gewählten Systems eine nicht versiegende CO_{2äqui} Emissionssenke darstellt, ist die Basisvoraussetzung für jegliche CO₂ Gutschrift von Bauholz.

11.3 Lebenszyklische Betrachtung von CO₂ Gutschriften

Die folgende Abbildung zeigt Ergebnisse einer auf einen Hektar bezogenen CO₂ - Bilanz.²⁶

²⁶ Die Studie, ihre Autoren und Auftraggeber, werden im vorliegenden Dokument anonymisiert. Das verwendete Bildmaterial stammt aus einer Präsentation besagter Studie und wurde in der Darstellung weitgehend neutralisiert. Dem Auftraggeber der vorliegenden Metastudie, Wirtschaftskammer Österreich, Fachverband Steine-Keramik, ist die exemplarisch herangezogenen Studie bekannt.



Abbildung 41: Exemplarische Darstellung eines Studienergebnisses einer vergleichenden CO₂-Bilanz

Der Zeitpunkt der Bilanzierung ist dabei so gewählt, dass der Lebenszyklus der Gebäude nicht vollumfänglich abgebildet ist. Die am Ende des Lebenszyklus anfallenden CO_{2äqui} Emissionen werden daher nicht ausgewiesen. Bei Einbeziehung sämtlicher Phasen des Lebenszyklus zeigt der Vergleich unterschiedlicher Bauweisen in Hinsicht auf die CO_{2äqui} Emissionen in kg/m² und Jahr für eine 100jährige Lebensdauer nur geringe Differenzen auf.²⁷

²⁷ Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse aus: Sölkner P., Oberhuber A., Spaun S., Preininger R., Dolezal F., Mötzl H., Passer A., Fischer G.; Innovative Gebäudekonzepte im ökologischen und ökonomischen Vergleich über den Lebenszyklus; Berichte aus Energie- und Umweltforschung, 2014, S. 51

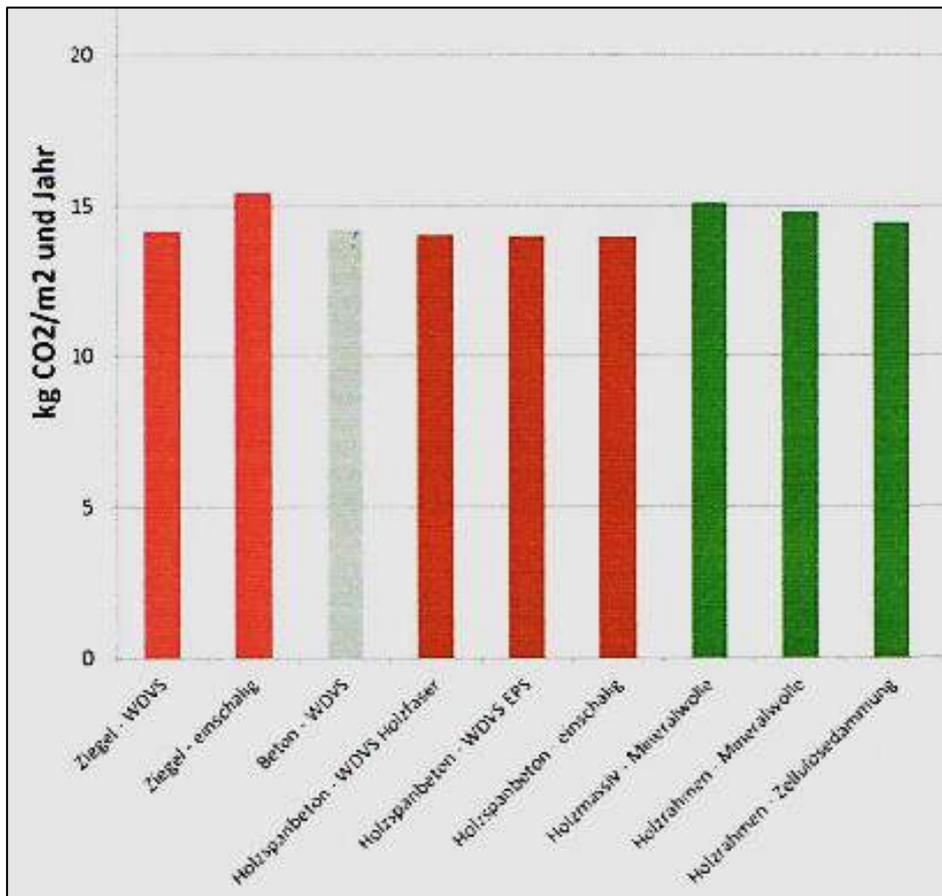


Abbildung 42: Vergleich unterschiedlicher Bauweisen in Hinsicht auf die CO_{2äqui} Emissionen in kg/m² und Jahr bei lebenszyklischer Betrachtung

Die Holzmassivbauweise mit Mineralwolledämmung weist in diesem Lebenszyklus bezogenen Vergleich beispielsweise geringfügig höhere CO_{2äqui} Emissionen auf, als eine reine Betonbauweise mit Wärmedämmverbundsystem. Am besten scheiden Holzspanbetonbauweisen ab. Von einem Vorzeichenwechsel im Sinne einer Senkenbildung am Ende des Lebenszyklus kann in keinsten Weise für keine der Konstruktionen ausgegangen werden. Die Darstellung etwa wechselnder Vorzeichen bei der Gegenüberstellung von Senke, Speicherung und Emissionen ist nicht nachvollziehbar.

Normenexzerpt: Lebenszyklische Betrachtung

Nachhaltigkeitsbewertungen sollen Lebenszyklus basiert sein.

EN 15643-1, E

Bei neuen Gebäuden ist der gesamte Lebenszyklus zu betrachten.

EN 15643-1, 1

Bei Bestandsgebäuden ist die restlich Lebensdauer und die Entsorgungsphase zu betrachten.

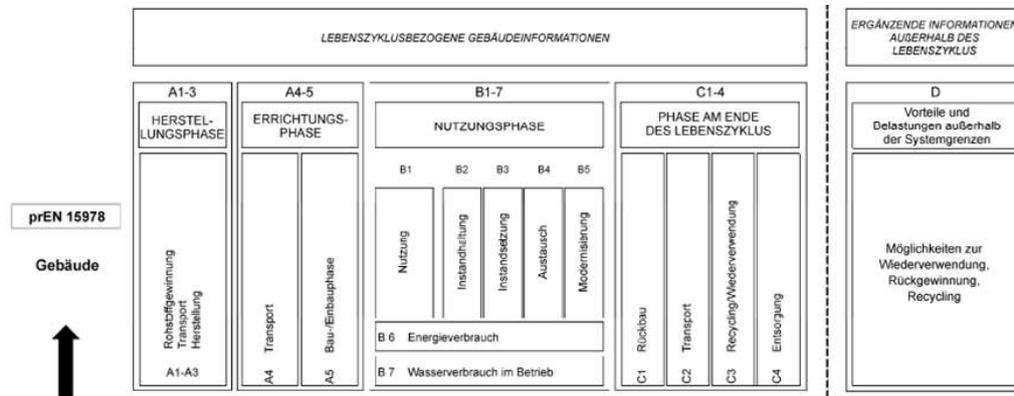
EN 15643-1, 1

Ökobilanz (LCA) Zusammenstellung und Beurteilung der Input- und Outputflüsse und der möglichen Umweltauswirkungen eines Gebäudes oder Produktsystems sind im Verlauf seines Lebenszyklus zu erfassen.

EN 15643-1, 3.36

EN 15643-2, 5.4

Für diese umweltbezogenen Rahmenbedingungen beginnt der Lebenszyklus eines Gebäudes mit der Beschaffung der Ausgangsstoffe. Er setzt sich fort mit der Herstellung der Bauprodukte, der Bauphase, der tatsächlichen Nutzung einschließlich Instandhaltung, Sanierung und Betrieb des Gebäudes und endet mit dem Rückbau oder Abriss einschließlich der Aufbereitung der Abfallstoffe in Vorbereitung auf die Wiederverwendung, das Recycling und die Energierückgewinnung sowie weitere Rückgewinnungsmaßnahmen und die Entsorgung der Baustoffe.



Gebäudebewertungen erfordern Informationen zu den Umweltauswirkungen und -aspekten für die Informationsmodule A bis C.

EN 15643-2, 5.4

Die Ökobilanz bezieht sich auf die Umweltaspekte und potentiellen Umweltwirkungen im Verlauf des Lebensweges eines Produktes von der Rohstoffgewinnung über Produktion, Anwendung, Abfallbehandlung, Recycling bis zur endgültigen Beseitigung.

ISO 14040, E

Die Ökobilanz betrachtet den gesamten Lebensweg eines Produktes, von der Rohstoffgewinnung und -erzeugung über die Energieerzeugung und Materialherstellung bis zur Anwendung, Abfallbehandlung und endgültigen Beseitigung. Durch einen systematischen Überblick kann die Verlagerung einer möglichen Umweltbelastung identifiziert und vermieden werden.

ISO 14040, 4.1

Das Weglassen von Lebenswegabschnitten, Prozessen, Inputs oder Outputs ist nur zulässig, wenn damit die allgemeinen Schlussfolgerungen der Studie nicht wesentlich verändert werden. Jede Entscheidung über das Weglassen von Lebenswegabschnitten, Prozessen, Inputs oder Outputs – muss eindeutig dargelegt und die Gründe dafür sowie deren Auswirkungen müssen erläutert werden.

ISO 14044, 3.42

Das festgelegte Bewertungsverfahren für die quantitative Beurteilung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden basiert auf einem Lebenszyklusansatz.

EN 15978, E

Dieser Bewertungsansatz deckt alle Phasen des Gebäudelebenszyklus ab und basiert auf den aus den entsprechenden Umweltproduktdeklarationen (EPD) entnommenen Daten.

EN 15978, 1

Der Lebenszyklus umfasst alle aufeinander folgenden und miteinander verbundenen Phasen im Leben des betrachteten Gegenstandes.

EN 15978, 3.19

EN 15978, 7.1

Der Bewertungsgegenstand ist das Gebäude einschließlich seines Fundaments und der Außenarbeiten innerhalb der Grundstücksgrenzen im Verlauf des gesamten Lebenszyklus.

Auf der Gebäudeebene müssend die Daten den gesamten Lebenszyklus des Produktes im Kontext des Gebäudes abdecken. Die auf LCA basierenden Informationen, die in einer EPD zu finden sind, können eine der folgenden Phasen repräsentieren:

- Nur die Herstellungsphase
- Die Herstellungsphase und ausgewählte weitere Lebenszyklusstadien
- Der gesamte Lebenszyklus eines Produkts
- Das Modul D

EN 15978, 10.1

In der Bearbeitung von Typ III Umweltdeklarationen müssen alle maßgeblichen Umweltaspekte des Produkts im Verlauf des Lebenswegs als Teil der Deklaration berücksichtigt werden. Wenn die berücksichtigten Aspekte nicht den ganzen Lebensweg betreffen, muss dies angegeben und begründet werden.

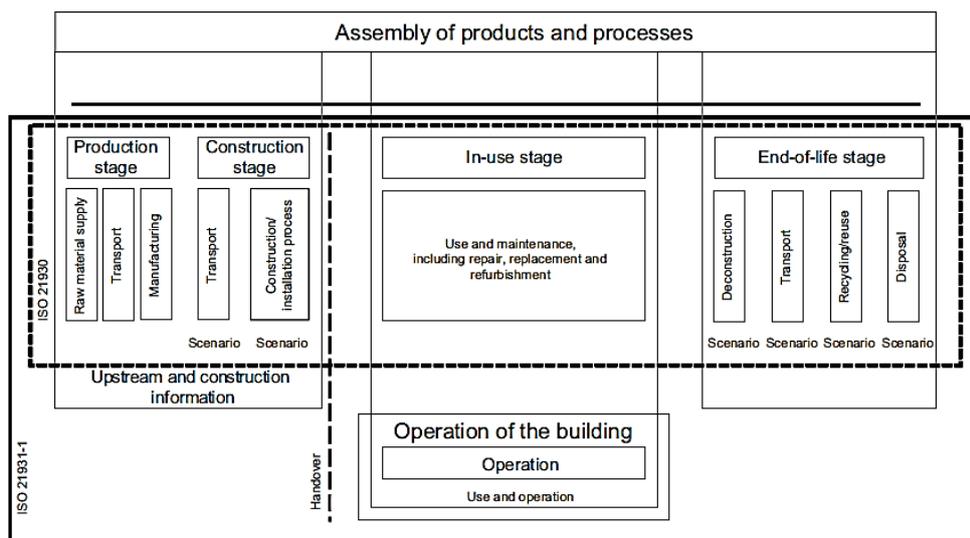
ISO 14025, 5.3

The environmental performance of a building is directly related to impacts caused by the maintenance of the building components or products during their service life, and also includes consideration of refurbishment and end-of-life scenarios.

ISO 21931-1, 4.1

When the assessment is restricted to a part of a building or a part of the life cycle, or if any relevant environmental issue is not addressed, this shall be documented and reasons explained.

ISO 21931-1, 5.4



Modular structure of the life-cycle stages of a building

ISO 21931-1, 5.7

All life-cycle stages shall be considered in the assessment. When some stages are not considered or are excluded from the assessment, the reasons for such omission or exclusion shall be clearly explained in the methodology documentation. The

ISO 21931-1, 5.7

assessment report shall state which life-cycle stages are included and which life-cycle stages are excluded.

This International Standard identifies and establishes general principles for sustainability in building construction. It is based on the concept of sustainable development as it applies to the life cycle of buildings and other construction works, from their inception to the end of life.

ISO 15392, 1

Normenexzerpt: Vergleich von Umweltwirkungsmechanismen

Vergleiche der Ergebnisse unterschiedlicher Ökobilanz- und Sachbilanz-Studien sind nur möglich, wenn die Annahmen und die inhaltliche Zielstellung jeder Studie einander entsprechen.

ISO 14040, E

Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse von Ökobilanzen ist besonders dann kritisch zu prüfen, wenn unterschiedliche Systeme bewertet werden, damit die Durchführung derartiger Vergleiche auf einheitlicher Grundlage sichergestellt wird.

ISO 14040, 5.2

Die Anwendung von Ergebnissen der Ökobilanz für vergleichende Aussagen wirft besondere Fragen auf und erfordert eine Kritische Prüfung durch interne oder externe Sachverständige.

ISO 14040, 7.2

Wenn eine Studie für die Verwendung in zur Veröffentlichung vorgesehenen vergleichenden Aussagen bestimmt ist, müssen alle festgelegten Anforderungen an die Datenqualität berücksichtigt werden!

- *Das Alter der Daten*
- *Der technologische Erfassungsbereich*
- *Der geographische Erfassungsbereich*
- *Die Präzision als Maß für Schwankungsbreiten*
- *Die Vollständigkeit*
- *Die Repräsentativität: qualitative Einschätzung für den Grad, in dem die Datenmenge die wahre, interessierende Grundgesamtheit widerspiegelt*
- *Die Konsistenz: qualitative Einschätzung dafür, ob die Methode der Studie auf die verschiedenen Komponenten der Analyse einheitlich angewendet wird*
- *Die Vergleichpräzision: qualitative Einschätzung für den Umfang, in dem ein unabhängiger Ersteller mit den Informationen über die Methode und die Datenwerte die in der Studie angegebenen Ergebnisse reproduzieren kann*
- *Die Datenquellen*
- *Die Unsicherheit der Information*

ISO 14044, 4.2

Bei einer vergleichenden Studie muss vor der Auswertung der Ergebnisse die Vergleichbarkeit der Systeme beurteilt werden. Demzufolge muss der Untersuchungsrahmen der Studie so festgelegt werden, dass die Systeme verglichen werden können. Systeme müssen unter Anwendung derselben funktionellen Einheiten und äquivalenten methodischen Festlegungen, wie z. B. Leistung,

ISO 14044, 4.2

Systemgrenze, Datenqualität, Allokationsverfahren, Kriterien zur Beurteilung von Inputs und Outputs sowie zur Wirkungsabschätzung, verglichen werden. Hinsichtlich dieser Parameter müssen alle Unterschiede zwischen Systemen angegeben und im Bericht aufgeführt werden. Wenn die Studie für die Verwendung in zur Veröffentlichung vorgesehenen vergleichenden Aussagen bestimmt ist, muss diese Beurteilung von interessierten Kreisen als Kritische Prüfung durchgeführt werden.

Eine Wirkungsabschätzung darf nicht die einzige Grundlage für zur Veröffentlichung vorgesehene vergleichende Aussagen zur umweltseitig übergreifenden Überlegenheit oder Gleichwertigkeit liefern, da zur Überwindung einiger der inhärenten Einschränkungen der Wirkungsabschätzung zusätzliche Informationen notwendig sind. Werthaltungen, der Ausschluss von räumlichen und zeitlichen Informationen, Schwellenwert und Dosiswirkungs-Informationen, der relative Ansatz und die Variation der Präzision der Wirkungskategorien sind Beispiele für solche Einschränkungen.

ISO 14044, 4.4

Wenn eine Ökobilanz für die Verwendung in zur Veröffentlichung vorgesehenen vergleichenden Aussagen bestimmt ist, muss der Beurteilungsbestandteil aufbauend auf der detaillierten Sensitivitätsanalyse erläuternde Aussagen enthalten.

ISO 14044, 4.5

Vergleiche zwischen den Ergebnissen der Bewertung dürfen nur auf Basis des funktionalen Äquivalents durchgeführt werden.

EN 15978, 7.2

Ziele der Typ III Umweltdeklaration sind:

- *Angaben zu Umweltaspekten von Produkten bereitzustellen*
- *sachkundige Vergleiche zwischen Produkten anzustellen*
- *Verbesserung der Umweltleistung anzuregen*

ISO 14025, 4

Typ III Umweltdeklarationen sollen den Vergleich der Umwelteigenschaften von Produkten fördern.

ISO 14025, 7.1

Where comparisons are made between the results from different methods of assessment, it shall be ensured that the physical scope, temporal scope and energy and mass flows considered within the system boundary of the assessment methods are the same.

ISO 21931-1, 5.4

Comparability of the results of assessment of the environmental performance of a building is particularly critical when different buildings or parts of a building are being assessed using a single method. To ensure that such comparisons are made on a common basis, the functional equivalent of the buildings shall be the same.

ISO 21931-1, 5.10

Normenexzerpt: Werthaltungen und Gewichtungen

Die Einbeziehung von Werthaltungen (Wertvorstellungen und subjektiven Einschätzungen) können innerhalb eines jeden Bestandteils für die Kritische Prüfung und den Bericht transparent gemacht werden.

ISO 14040, 5.4

Die Gewichtung, also Umwandlung die auf Werthaltung beruht, darf nicht in

ISO 14044, 4.4

Ökobilanz-Studien angewendet werden, die für die Verwendung in zur Veröffentlichung vorgesehenen vergleichenden Aussagen bestimmt sind.

Der Bericht muss eine Beschreibungen aller Werthaltungen, die in Hinblick auf Wirkungskategorien, Charakterisierungsmodelle, Charakterisierungsfaktoren, Normierung, Ordnung und anderweitig in der Wirkungsabschätzung angewendet werden, Begründung für ihre Anwendung und ihr Einfluss auf die Ergebnisse, Schlussfolgerungen und Empfehlungen enthalten.

ISO 14044, 5.2

To achieve the above-mentioned practical goals, methods of assessment of the environmental performance of buildings need to refer to limited criteria and seek a balance between rigour and practicality.

ISO 21931-1, I

An assessment method that uses aggregated indicators for the assessment results either implicitly or explicitly includes a weighting system. The weighting system can vary according to national, regional or local contexts and conditions, and should provide a method for addressing such variances, which shall be documented and justified.

ISO 21931-1, 5.8

3 CO₂ Gutschriften außerhalb der Systemgrenze des Gebäudes

Nach dem mit Abschluss des Modul C₄ – Entsorgung definierten Ende des Lebenszyklus eines Gebäudes können energetische Rückgewinnungsmaßnahmen stattfinden. Entsorgtes unbedenklich verfeuerbares Holz kann so einer thermischen Verwertung zugeführt werden. Unter der Voraussetzung, dass dieses Holz aus einer nachhaltigen Waldwirtschaft stammt, können durch seine Verbrennung thermische Prozesse substituiert werden, von denen vergleichsweise höhere CO₂äqui Emissionen ausgehen. Die daraus entstehenden umweltbezogenen Nettovorteile dürfen jedoch nicht rückwirkend in die CO₂ Bilanzierung des Gebäudes einbezogen werden. Sobald ein Stoff entsorgt wurde, hat er die Systemgrenze des Gebäudes verlassen. Die CO₂ –Bilanzierung entsorgter Stoffe hat in einem eigenen Modul zu erfolgen, der zumeist als Modul D bezeichnet wird.

Normenexzerpt: Umweltbezogene Bilanzierung

Die Umweltauswirkungen und -aspekte über den Lebenszyklus des Gebäudes hinaus sind durch das Informationsmodul D darzustellen. Das ergänzende Informationsmodul D ist freigestellt. Es umfasst die weitere Wiederverwendung, das Recycling und die Energierückgewinnung sowie weitere Rückgewinnungsmaßnahmen, die nicht im Lebenszyklus des Gebäudes enthalten sind.

EN 15643-2, 5.4

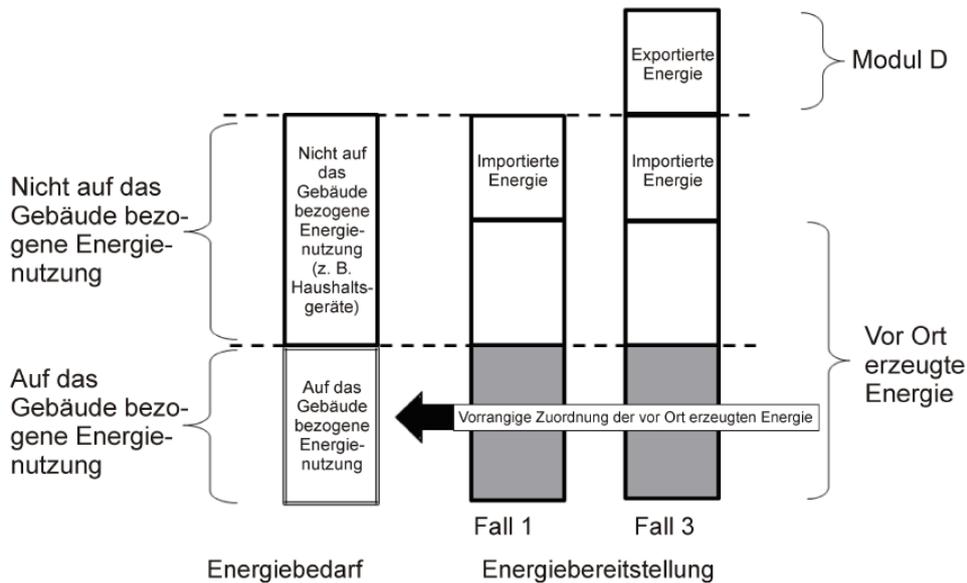
Rohstoffe - Verbrennungswärme des Inputs eines Rohstoffes, die nicht energetisch genutzt wird, in ein Produktsystem, ausgedrückt als oberer oder unterer Heizwert. Es ist notwendig, darauf zu achten, dass sichergestellt ist, dass der Energieinhalt von Rohstoffen nicht doppelt gezählt wird.

ISO 14040, 3.15

Der Energiegehalt nicht energetisch genutzter Rohstoffe bezeichnet die

ISO 14044, 3.14

Verbrennungswärme des Inputs eines Rohstoffes, die nicht energetisch genutzt wird, in ein Produktsystem, ausgedrückt als oberer oder unterer Heizwert. Es ist notwendig, darauf zu achten, dass sichergestellt ist, dass der Energieinhalt von Rohstoffen nicht doppelt gezählt wird.



EN 15978, 7.4

Die Menge an exportierter Energie wird im Indikator „Exportierte Energie – [MJ]“ im Modul B6 berücksichtigt. Die umweltbezogenen Nettovorteile und/oder -belastungen der Energie, die über die Systemgrenze des Gebäudes hinaus exportiert wird, ist im Modul D anzugeben.

EN 15978, 7.4

Modul C3 Abfallbehandlung z. B. Sammlung von Abfallfraktionen aus dem Rückbau und der Abfallbehandlung der Materialströme, die für die Wiederverwendung, das Recycling und die Energierückgewinnung vorgesehen sind. Unbeschadet bestehender Gesetzgebung werden die Materialien für die Energierückgewinnung auf der Grundlage der Effizienz der Energierückgewinnung mit einer Rückgewinnungsrate von 60 % oder höher identifiziert. Materialien mit einer Energierückgewinnungsrate von weniger als 60 % werden der Energierückgewinnung nicht zugeführt.

EN 15978, 7.4

Im Modul C4 werden die Umweltlasten aus der endgültigen Beseitigung der Materialien quantifiziert. Alle Umweltvorteile aus der exportierten Energie sind in Modul D anzugeben.

EN 15978, 7.4

Mit Modul D lassen sich die umweltbezogenen Nettovorteile oder -belastungen quantifizieren, die sich aus der Wiederverwendung, dem Recycling und der Energierückgewinnung ergeben. Diese resultieren aus den Nettomaterialströmen und der exportierten Energie, die den von der Systemgrenze umfassten Bereich verlassen.

EN 15978, 7.4

Sofern relevant und verfügbar, behandelt Modul D die Netto-Umweltvorteile oder -belastungen, die sich aus der Wiederverwendung, dem Recycling und der Energierückgewinnung ergeben. Daher muss das Modul D mit allen Szenarien, die für die verschiedenen Phasen des Lebenszyklus und die entsprechenden Modulen entwickelt wurden, im Einklang stehen. Die Indikatoren im Modul D müssen deshalb die vermiedenen Netto-Umweltbelastungen angeben. Diese ergeben sich aus den

EN 15978, 8.8

Strömen, die das System verlassen, abzüglich der Ströme, die in das System fließen. Regeln für die Berechnung von Modul D sind in EN 15804 angegeben.

Bei der Bewertung muss die Bruttomenge an Materialien und Produkten berücksichtigt werden, die zur Herstellung des Bewertungsgegenstandes verwendet werden. Die sich aufgrund einer Reihe von Faktoren ergebenden „Verluste“ müssen berücksichtigt werden.

EN 15978, 9.3

11.4 Grundsätzliche Festlegungen zur Vermeidung von Doppelzählungen

Normenexzerpt: Doppelzählungen und Irreführungen

Die Bewertungsverfahren müssen sicherstellen, dass Doppelzählungen von Qualitätsaspekten und -auswirkungen vermieden werden.

EN 15643-1, 5.1

Die Indikatoren müssen eine Doppelzählung ausschließen.

EN 15643-1, 6.2

Die Wirkungskategorien, Wirkungsindikatoren und Charakterisierungsmodelle sollten Doppelzählungen vermeiden, es sei denn, dass sie in der Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens gefordert sind.

ISO 14044, 4.4

Das übergeordnete Ziel von Umweltkennzeichnungen und -deklarationen ist, Angebot und Nachfrage von weniger umweltbelastenden Produkten durch überprüfbare, genaue und nicht irreführende Angaben zu Umweltaspekten zu unterstützen und damit das Potential einer marktorientierten kontinuierlichen Verbesserung anzuregen.

ISO 14025, 4

Double-counting with relevant environmental impacts and aspects shall be avoided.

ISO 21931-1, 5.6

Double-counting of environmental impacts shall be avoided in order to prevent distortion of the assessment results. When one action or measure has several effects, it can be said to have a 'multiple-effect'. For example, avoidance of the use of CFCs has the effect of preventing ozone layer depletion as well as global warming. Assessment of multiple-effect is different from double-counting.

ISO 21931-1, 5.8

Environmental aspects, impacts and other issues are not independent concepts. The aim is to clarify what types of results are given by particular assessment methods, in order to avoid confusion or double-counting.

ISO 21931-1, C.1

12 Ergebnisse zu Detailfrage h: Anzusetzende Lebensdauer von Bauwerken

Untersucht werden soll der Fragenkomplex um die anzusetzende Lebensdauer von Bauwerken und die darin begründete Sensitivität von Studienergebnissen, etwa wieder hinsichtlich der genannten CO₂ Gutschriften.

Die Detailfrage h stellt sich nach erfolgter Bearbeitung sämtlicher Fragenstellungen der Metastudie zur Kostenoptimalität, als übergreifende Betrachtung zwischen Frage C: Berücksichtigung von Lebensdauern und Detailfrage g: Begründbarkeit der CO₂ - Gutschriften von Bauholz dar. Entsprechend liegen zur Betrachtung der Detailfrage h aus dem Gesamtumfang aller Studien jene vor, die bereits für die Bearbeitung der Frage D und Detailfrage g herangezogen wurden:

- 02_01 Kostenoptimalität, e7, 11_2012
- 02_02 Kostenoptimalität, energy agency, 12_2012
- 02_03 Kostenoptimalität, TU-Wien, Bednar, 2013
- 02_06 Kostenoptimalität, OIB, 03_2013 (unvollst. Version von 02_04)
- 02_07 Kostenoptimalität, e7, 09_2013 (Auszug aus 02_01)
- 02_08 Kostenoptimales Anforderungsniveau für Wohnungsneubauten in Vbg, e7+EIV, 2013

- 03_01 Bauen 2020 - Gebäudesystemvergleich, DUK, 11_2012
- 03_04 Wohnkomfort und Heizwärmeverbrauch im PH und NEH, Rhomberg, 03_2013
- 03_06 Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit, gbv, 10_2013
- 03_07 Innovative Gebäudekonzepte im Vergleich, ACR, 2014
- 03_09 Gebäude maximaler Energieeffizienz mit integrierter erneuerbarer Energieerschließung, bm:vit, Nachhaltig Wirtschaften, 06_2012
- 03_10 Sensitivitätsanalyse von Gebäudeökobilanzen, Holger König, 03_2012
- 03_11 ÖNORM plusenergiegebäude, Entwicklung des ersten rechtssicheren Nachweisverfahrens für Plusenergiegebäude durch komplette Überarbeitung der ÖNORMEN Rosenberger, Bednar et al, 10_2012
- 03_12 Nachhaltigkeits-Monitoring ausgewählter Passivhaus-Wohnanlagen in Wien, Treberspurg, Smutny et al, 12_2009
- 03_13 Linking Low Carbon Technologies with Low Carbon Society: Energie 2050: Anforderungen an die Technologiepolitik zur Eindämmung des Rebound-Effektes, Kanatschnig, Lacher, 10_2012
- 03_14 Introducing the prebound effect: the gap between performance and actual energy consumption, Sunikka-Blank and Galvin, 2012
- 03_15 Ermittlung und Evaluierung der baulichen Mehrkosten von Passivhausprojekten, Schöberl, Lang, Handler, 2011
- 03_16 Betriebskosten- und Wartungskostenvergleich zwischen Passivhäusern und Niedrigenergiehäusern, Schöberl, Hofer, 2012

Es hat sich jedoch gezeigt, dass auf Grund der Herangehensweisen in den Studien, die Durchführung einer Metastudie zur Frage der Berücksichtigung der Lebensdauer und sonstiger Wechselwirkungen im Zusammenhang mit Kostenoptimalität nicht durchgeführt werden kann. Methodisch wäre dazu ein Vergleich der Ergebnisse unterschiedlicher Sensitivitätsanalysen notwendig, die die Lebensdauer in Bezug zu den Umweltwirkungen setzen. Eine derartige Sensitivitätsanalyse zum Thema wird tatsächlich aber nur in einer der Studien nämlich in o3_10: König H. und De Cristofaro L., Sensitivitätsanalyse von Gebäudeökobilanzen bezogen auf den Einzelaspekt Betrachtungszeitraum, 2012 durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Studie wurden in Ihren Grundaussagen bereits im Kontext von Frage C beantwortet. An dieser Stelle sollen die Ergebnisse dieser Studie vor allem in Hinsicht auf die Aspekte Primärenergie und CO₂_{äqui}-Emissionen noch vertiefter dargestellt werden, wobei anzumerken ist, dass lediglich ein Massivbau exemplarisch untersucht wurde.

Weiters werden Teilergebnisse von drei weiteren Studien gezeigt, die die Sensitivität der Lebensdauer im Zusammenhang mit Umweltwirkkriterien thematisieren, allerdings nur bedingt mit der Situation in Österreich beziehungsweise dem aktuellen Stand der Anforderungen in Kontext zu bringen sind. Daher werden diese Studien auch nicht in die Sammlung zur Metastudie aufgenommen, die sich explizit auf die systematische und unvoreingenommene Analyse von im Zeitraum Mai 2009 bis Mai 2014 erschienen beziehungsweise gültigen Studien, Normen und Grundsatzpapiere vorwiegend vor österreichischem Hintergrund konzentriert. Die kurze Präsentation der zentralen Aussagen dieser drei Studien versteht sich als zusätzlicher Hinweis einer auf Grund der vorliegenden Studiensammlung nicht hinreichend zu diskutierenden Fragestellung.

Schließlich werden wieder Hinweise auf verbindliche Grundlagen der anzusetzenden Lebensdauer in Form eines Normenexzerpts angefügt.

12.1 Wechselwirkung von Gebäudelebensdauer, ökonomischen Aspekten und den Umweltwirkungen aus CO₂-Emissionen und Primärenergiebedarf

Auf Basis der Studie o3_10: König H. und De Cristofaro L., Sensitivitätsanalyse von Gebäudeökobilanzen bezogen auf den Einzelaspekt Betrachtungszeitraum, 2012, kann die folgende Problemstellung definiert werden. Es besteht ein Zielkonflikt, einerseits zwischen den kurzfristigen Interessen von Investoren und langfristigen Interessen von Immobilienbesitzern und andererseits zwischen einem kurzfristigen Horizont der Lebenszykluskostenrechnung von 20 bis 30 Jahre und dem langfristigen Horizont der Ökobilanzierung von etwa 100 Jahre. Für die lebenszyklische Betrachtung von Umweltwirkungsmechanismen und für die, ebenfalls als lebenszyklisch bezeichnete Kostenberechnungen werden daher unterschiedliche Zeitspannen, durchaus auch ausgehend von Werthaltungen und Interessensgewichtungen zugrunde gelegt.²⁸

²⁸ Vgl.: König H. und De Cristofaro L., Sensitivitätsanalyse von Gebäudeökobilanzen bezogen auf den Einzelaspekt Betrachtungszeitraum, 2012, S. 9

12.1.1 Ökonomische Aspekte

Die Lebenszykluskostenbetrachtung weist auf die besondere Stellung der Instandsetzungskosten hin. Die Größenordnung im Verhältnis zu den Gesamtkosten wird durch den relativ spät einsetzenden Zeitpunkt des Kostenabflusses durch die Barwertberechnung reduziert.²⁹

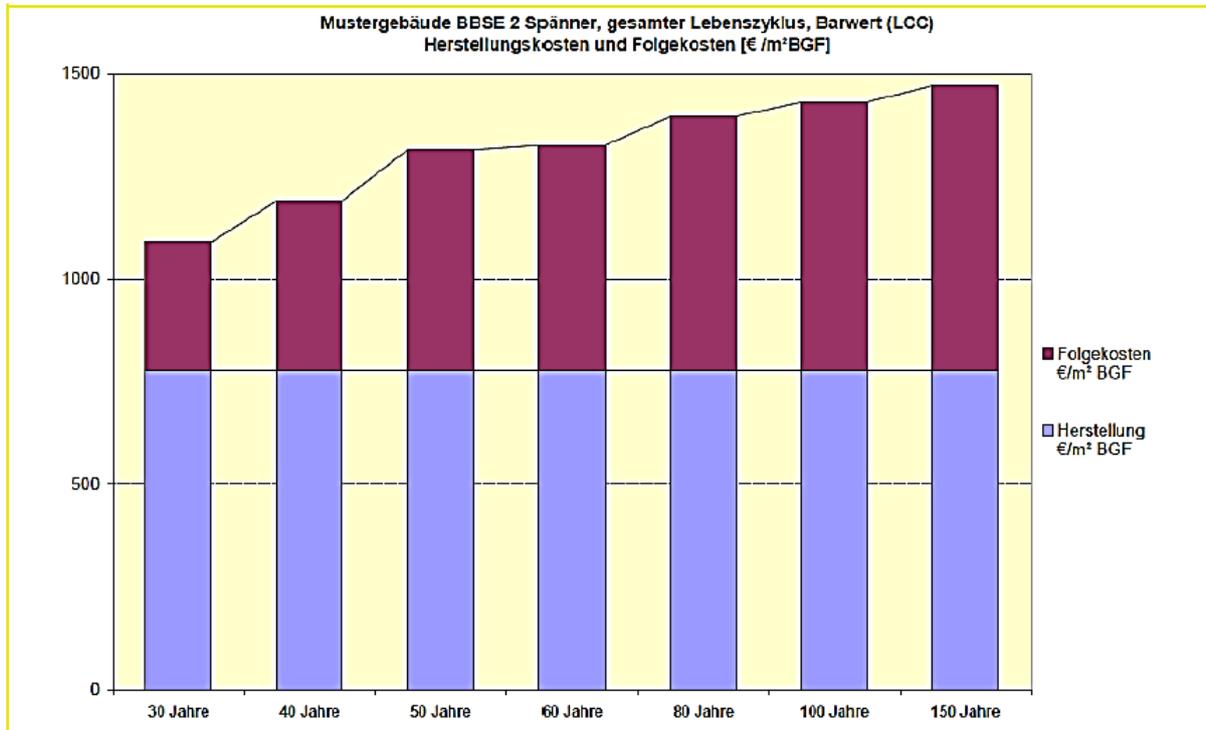


Abbildung 43 Gesamtübersicht Barwert Herstellung und Folgekosten

Die Höhe der Lebenszykluskosten verschiedener Betrachtungszeiträume entwickelt sich nicht gleichmäßig, da sie einerseits durch die zeitlichen Abstände von 10, 20 und 50 Jahren, andererseits durch die fälligen Instandsetzungsmaßnahmen beeinflusst werden. Jedenfalls wird bei gleich bleibenden Herstellungskosten die Steigerung durch die Nutzungskosten verursacht.

12.1.2 CO₂-Emissionen

Betreffend die CO_{2äqui}-Emissionen ist eine stetige Abnahme des Gesamtwerts im Betrachtungszeitraum von 30 bis 150 Jahren festzustellen. Bezogen auf den Referenzwert von 50 Jahren ist eine Steigerung von 20 % bei einem Betrachtungszeitraum von 30 Jahren und eine Verminderung von 23,5 % für einen Betrachtungszeitraum von 150 Jahren festzustellen.³⁰

²⁹ Vgl. auszugsweise.: König H. und De Cristofaro L., Sensitivitätsanalyse von Gebäudeökobilanzen bezogen auf den Einzelaspekt Betrachtungszeitraum, 2012, S. 17 -19

³⁰ Vgl. auszugsweise.: König H. und De Cristofaro L., Sensitivitätsanalyse von Gebäudeökobilanzen bezogen auf den Einzelaspekt Betrachtungszeitraum, 2012, S. 23 -24

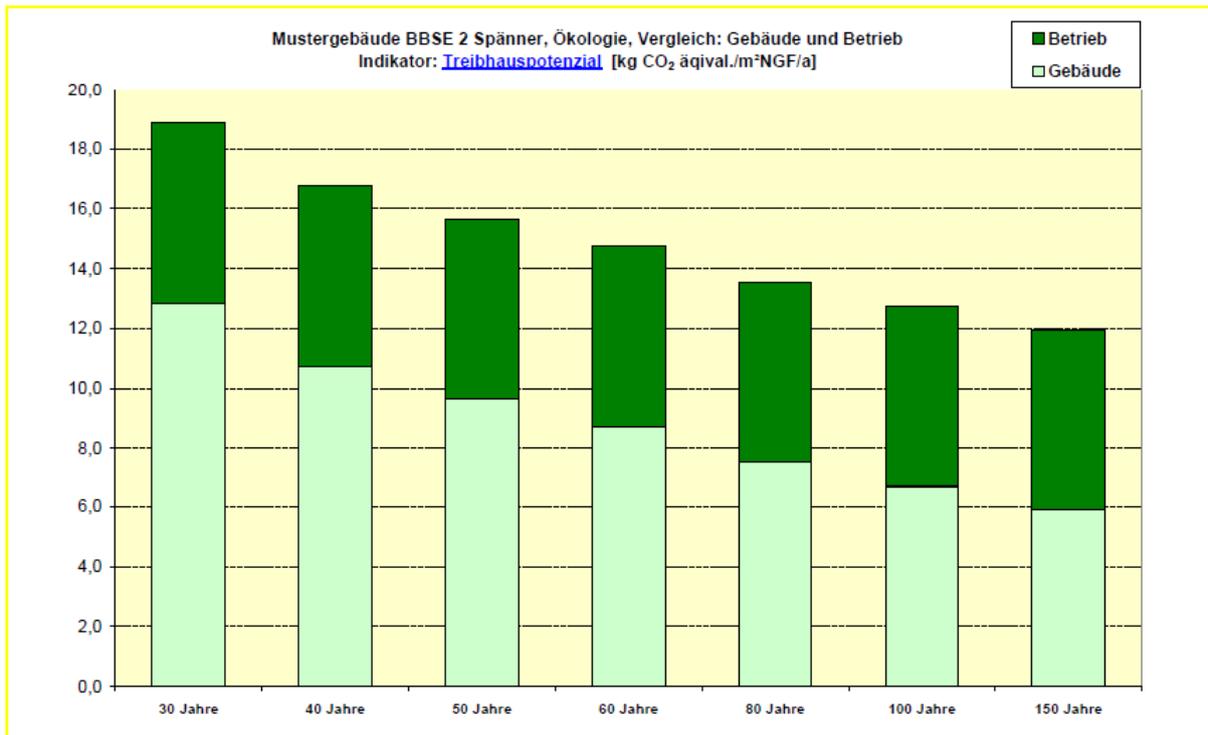


Abbildung 44: Gesamtübersicht Treibhauspotenzial Gebäude zu energetischem Betrieb

Bei einer Erhöhung des Betrachtungszeitraums verteilt sich der Erstaufwand der Herstellung auf mehr Nutzungsjahre und reduziert seine Bedeutung innerhalb der Gesamtbelastung. Der relative Aufwand für die Entsorgung nimmt im Betrachtungszeitraum entsprechend ebenfalls ab. Die Belastungen durch die Instandsetzungen steigen mit zunehmendem Betrachtungszeitraum an.³¹

³¹ Vgl. auszugsweise.: König H. und De Cristofaro L., Sensitivitätsanalyse von Gebäudeökobilanzen bezogen auf den Einzelaspekt Betrachtungszeitraum, 2012, S. 25 -26

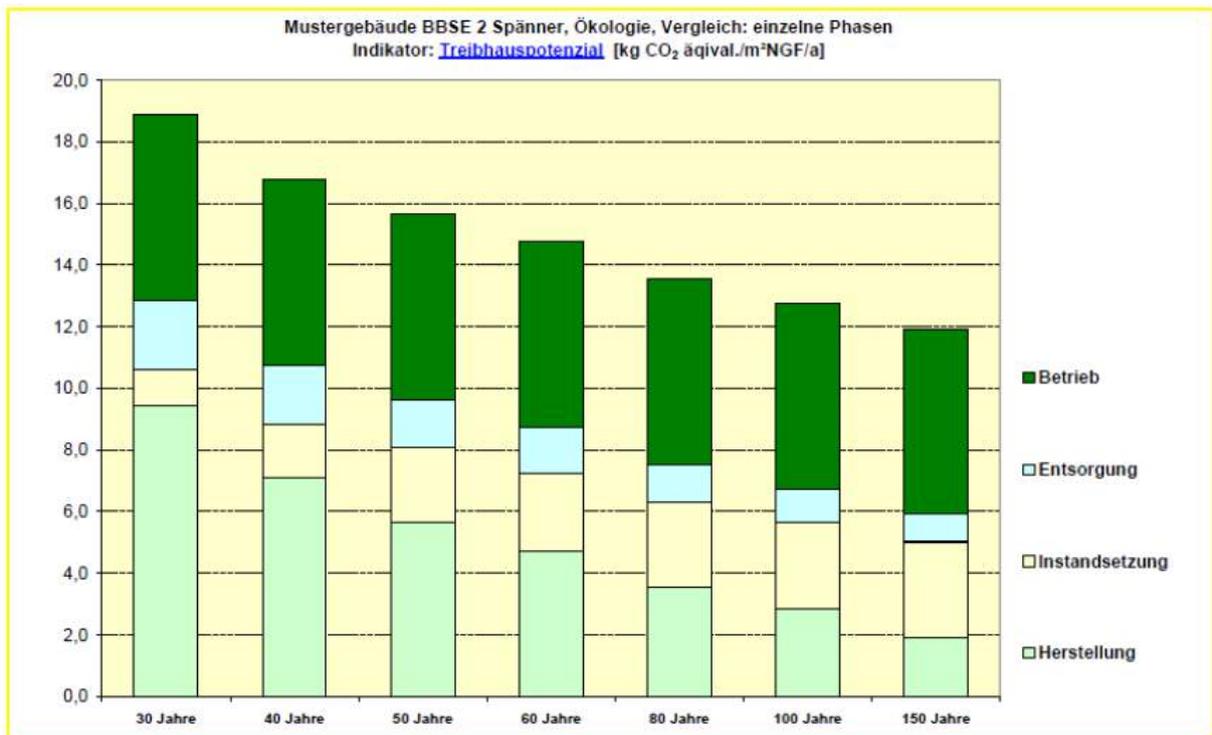
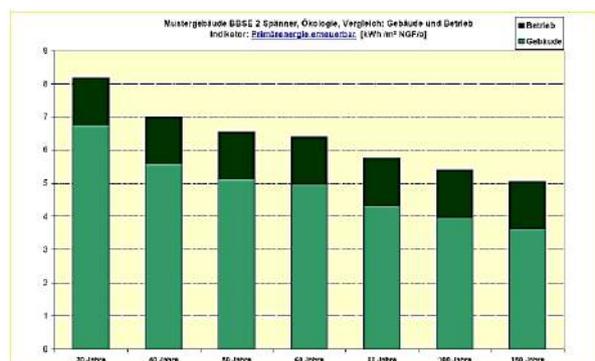
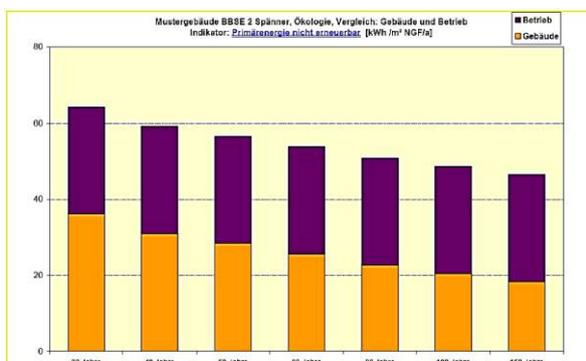


Abbildung 45: Gesamtübersicht Treibhauspotenzial Gebäude aufgeteilt

12.1.3 Primärenergiebedarf

Eine stetige Abnahme des Gesamtwerts der Primärenergie nicht erneuerbar im Betrachtungszeitraum von 30 Jahren bis auf 150 Jahre ist festzustellen. Orientiert am Referenzwert von 50 Jahren ist eine Steigerung von 12,3 % bei einem Betrachtungszeitraum von 30 Jahren und eine Verminderung von 17,5 % bei einem Betrachtungszeitraum von 150 Jahren festzustellen.

Eine stetige Abnahme des Gesamtwerts der Primärenergie erneuerbar im Betrachtungszeitraum von 30 Jahren bis auf 150 Jahre ist festzustellen. Orientiert am Referenzwert von 50 Jahren ist eine Steigerung von 24,0 % bei einem Betrachtungszeitraum von 30 Jahren und eine Verminderung von 24,2 % bei einem Betrachtungszeitraum von 150 Jahren festzustellen.³² Bei der nachfolgenden Gegenüberstellung ist die unterschiedliche Skalierung der Ordinate [$\text{kWh}/\text{m}^2_{\text{NGF/a}}$] zu beachten.



³²Vgl. auszugsweise.: König H. und De Cristofaro L., Sensitivitätsanalyse von Gebäudeökobilanzen bezogen auf den Einzelaspekt Betrachtungszeitraum, 2012, S. 49 und 54

Abbildung 46: Gesamtübersicht Primärenergie nicht erneuerbar, Gebäude zu energetischem Betrieb, links

Gesamtübersicht Primärenergie erneuerbar, Gebäude zu energetischem Betrieb, rechts

Bei weiterer Differenzierung der Wert des Primärenergiebedarfs, der auf das Gebäude entfällt, in die drei Phasen Herstellung, Instandsetzung und Entsorgung ergibt sich folgendes Bild. Bei einer Erhöhung des Betrachtungszeitraums verteilt sich der Erstaufwand der Herstellung auf mehr Nutzungsjahre und reduziert seine Bedeutung innerhalb der Gesamtbelastung. Der relative Aufwand für die Entsorgung, in diesem Fall eine Gutschrift, nimmt im gleichen Zeitraum zu. Die Belastungen durch die Instandsetzungen steigen mit zunehmendem Betrachtungszeitraum an. Bei der nachfolgenden Gegenüberstellung ist die unterschiedliche Skalierung der Ordinate [$\text{kWh}/\text{m}^2_{\text{NGFA}}$] zu beachten.³³

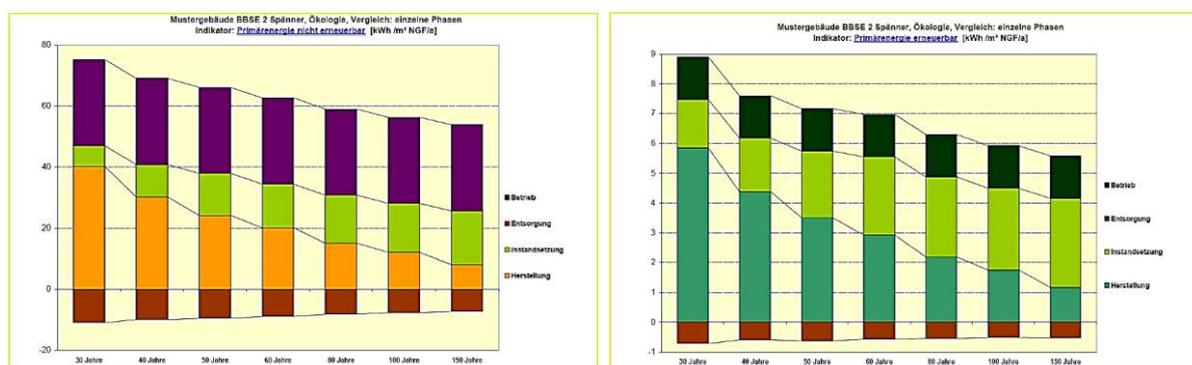


Abbildung 47: Gesamtübersicht Primärenergie nicht erneuerbar, Gebäude differenziert zu energetischem Betrieb, links

Gesamtübersicht Primärenergie erneuerbar, Gebäude differenziert zu energetischem Betrieb, rechts

12.1.4 Fazit

Die Sensitivitätsanalyse zeigt, dass die Indikatoren Treibhauspotenzial und Bedarf an nicht erneuerbarer Primärenergie, die stark vom Versorgungsbedarf des Gebäudes mit Energie beeinflusst werden, bei einer Verlängerung des Betrachtungszeitraums stärker ins Gewicht fallen. Bei der Verlängerung des Betrachtungszeitraums steigt daher der prozentuale Anteil des Betriebs. Für die beiden genannten Indikatoren bedeutet das eine Steigerung um 30 bis 50 %, was wiederum eine Erhöhung der Umweltbelastungen von 50 % bis 63 % im Lebenszyklus von 150 Jahren verursacht.

Dagegen wird der Bedarf erneuerbarer Primärenergie stärker durch Herstellungs- und Instandsetzungsprozesse geprägt. Die Umweltbelastung durch die Herstellung reduziert sich bei einer Verlängerung des Betrachtungszeitraums um 100 Jahre auf 150 Jahre beim Indikator erneuerbarer Primärenergie um mehr als 50 %. Die Umweltbelastung durch die Instandsetzung steigt im selben Zeitraum zwischen 50 und 75 % an. Verursacht wird dies durch Austauschprozesse im Bereich der kurzlebigen Bauprodukte des nicht tragenden Ausbaus und der technischen Anlagen.

³³ Vgl. auszugsweise.: König H. und De Cristofaro L., Sensitivitätsanalyse von Gebäudeökobilanzen bezogen auf den Einzelaspekt Betrachtungszeitraum, 2012, S. 51 und 56

Die Studie kommt zum Schluss, dass der Anteil der Primärkonstruktion auf das Gesamtergebnis der Ökobilanz für alle Indikatoren bei einem längeren Betrachtungszeitraum stark abnimmt, dass daher umgekehrt besonders langlebige Bauteile bei einem kurzen Betrachtungszeitraum in einer Gebäudebilanz mit Entsorgungsszenario am Ende des Betrachtungszeitraum in der Ökobilanz gegenüber weniger haltbaren Bauteilen ungünstig abschneiden. Um einer aus dieser Rechenmethodik folgenden Tendenz zur frühen Obsoleszenz der Bauteile entgegenzuwirken, regt der Autor die Diskussion folgender Lösungen an:

1. Verlängerung des Betrachtungszeitraums bei der Ökobilanz auf 100 oder 150 Jahre.
2. Einführung eines Bonus für Bauteile mit langer Nutzungsdauer ähnlich dem Recyclingpotenzial der Metalle.
3. Berücksichtigung von Gutschriften für Bauteile mit längerer Nutzungsdauer entsprechend ihres noch nicht ausgeschöpften Nutzungsrestwerts.
4. Primärkonstruktionen erhalten prinzipiell eine Gutschrift von mind. 50 % ihres Herstellungsaufwands.

Vorschlag 3. entspricht sinngemäß der Vorgehensweise zur Berücksichtigung von Restwerten, wie er in den Studien zur Kostenoptimalität laut EU Leitlinien zur delegierten Verordnung zumindest für die LCC-Berechnungen angewandt wurde.

Weiters bestätigen die Ergebnisse aus o3_07 Innovative Gebäudekonzepte im Vergleich, ACR, 2014, dass sich bei einer Nutzungsdauerannahme von 100 Jahren in der Ökobilanz von Gebäuden so gut wie keinerlei Unterschiede aus der Art der Primärkonstruktion (Massivbau oder Leichtbau) ergeben.

12.2 Teilergebnisse aus Studien ohne direkten Bezug zur aktuellen Situation in Österreich

Als ergänzende Literatur zur Bearbeitung der Detailfrage h wurden folgende Studien untersucht:

- h_01 Einfluss von Energiestandard und konstruktiven Faktoren auf die Umweltauswirkungen von Wohngebäuden – eine Ökobilanz, Demonstrationsprojekt: Niedrigenergiehäuser Heidenheim, Werkstattreihe 126, Quack D., Dissertation: Technische Hochschule Aachen, Freiburg 2001
- h_02 Perspektiven zur Reduktion des Energiebedarfes und der CO₂-Emissionen im Wohngebäudesektor durch die Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie in Irland und Malta, Toleikyte A., Diplomarbeit: BOKU und TU-Wien: Institut für Energiesysteme und elektrische Antriebe TU-Wien, 2012
- h_03 Improved service life predictions for better life cycle assessments, Nunen van H. Mooiman A., Beitrag auf der Sustainable Building Conference, Helsinki, 2011

12.2.1 Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse aus: Einfluss von Energiestandard und konstruktiven Faktoren

Die Dissertation behandelt die belastenden Umweltwirkungen, die von Wohngebäuden ausgehen. Dabei werden unterschiedliche Gebäude, die als funktional äquivalent angesehen werden, mit Hilfe der Methode der vergleichenden Ökobilanzierung bewertet. Im Rahmen dieser Bewertung werden auch Sensitivitätsanalysen zu unterschiedlichen Einflussgrößen durchgeführt. Unter anderem wird als Einflussgröße auch die angesetzte Lebensdauer bezogen auf die einzelnen Gebäudebeispiele dargestellt.

Untersucht werden ein Referenzgebäude und fünf exemplarische Gebäude unterschiedlicher Konstruktion, wobei durch eine Differenzierung der Dämmstärken im Haustyp D die Varianten DI und DII generiert werden und tatsächlich sechs Fälle vergleichend untersucht werden.³⁴

	Referenzhaus	Haus A	Haus B	Haus C	Haus D ¹	Haus E
Energiebezugsfläche	177 m ²	176 m ²	178 m ²	200 m ²	183 m ²	185 m ²
Heizwärmebedarf	98 kWh/m ² a	34 kWh/m ² a	43 kWh/m ² a	47 kWh/m ² a	DI: 52 kWh/m ² a DII: 43 kWh/m ² a	51 kWh/m ² a
Außenwand	Leichtziegel d: 30 cm gegen Erdreich Stahlbeton d: 24 cm; k-Wert: 0,48	Kalksandstein d: 17,5 cm mit Mineralfaser-Außen-dämmung d: 20 cm; gegen Erdreich Stahlbeton d: 24 cm mit Polystyrol d: 8 cm; k-Wert: 0,18	Leichtbetonschalungsstein d: 25 cm mit Kerndämmung aus Polystyrol d: 12 cm; k-Wert: 0,25	Porenbeton d: 36,5 cm; k-Wert: 0,31	Holzständerbau mit Mineralwoll-dämmung; DI: d: 24 cm; DII: d: 17,5 cm; Leichtziegel (UG) d: 30 cm; gegen Erdreich Stahlbeton d: 24 cm; DI: k-Wert: 0,19 DII: k-Wert: 0,28	Porenbeton d: 37,5 cm k-Wert: 0,3
Gebäudetrennwand	Leichtbeton-Schalungsstein gefüllt mit Beton d: 12,5 cm	Kalksandstein d: 11,5 cm	Leichtbeton-Schalungsstein gefüllt mit Beton d: 12,5 cm	Porenbeton d: 17,5 cm	Hochlochziegel (UG) d: 30 cm und Holzständer d: 17 cm mit Gipskartonplatten und Mineralfaser d: 10 cm	Porenbeton d: 17,5 cm
Fenster	Zweischeiben-Isolierglas, Holzrahmen k-Wert: 2,6	Dreischeiben-Wärmeschutzglas, Holzrahmen k-Wert: 1,0	Dreischeiben-Wärmeschutzglas; Kunststoff; k-Wert: 1,4	Zweischeiben-Wärmeschutzglas, Holzrahmen k-Wert: 1,4	Zweischeiben-Wärmeschutzglas, Holzrahmen k-Wert: 1,4	Zweischeiben-Wärmeschutzglas, Holzrahmen k-Wert: 1,4
Dach	Holzkonstruktion, Zwischensparren-dämmung ² d: 14 cm k-Wert: 0,29	Holzkonstruktion, Zwischensparren und Untersparren-dämmung ² d: 18 bzw. 3 cm k-Wert: 0,2	Holzkonstruktion, Über-sparren- und Zwischensparren-dämmung ² d: 14 bzw. 8 cm; k-Wert: 0,16	Porenbetonkonstruktion d: 20 cm, Außendämmung ² d: 12 cm; k-Wert: 0,22	Holzkonstruktion, Zwischensparrendämmung ² d: 20 cm; k-Wert: 0,24	Porenbetonkonstruktion d: 14,5 cm, Außen-dämmung ² d: 18 cm; k-Wert: 0,18
Decken	Stahlbetondecke (KG, EG) d: 18 cm, Kehlbalkendecke (OG), Mineralwoll-dämmung d: 11,5 cm	Stahlbetondecke (KG, EG) d: 20 cm; Kehlbalkendecke (OG), Mineralwoll-dämmung d: 11,5 cm	Stahlbetondecke (KG, EG) d: 18 cm, Kehlbalkendecke (OG), Mineralwoll-dämmung d: 11,5 cm	Porenbetondecke (keine Decke im OG); d: 24 cm	Holzbalkendecke, Mineralwoll-dämmung d: 20 cm	Porenbetondecke d: 25 cm
Innenwände	Hochlochziegel d: 11,5 und 24 cm	Kalksandstein d: 11,5 und 17,5 cm	Leichtbeton d: 11,5 bis 25 cm z.T. mit Beton bzw. Polystyrol	Porenbeton d: 12,5 bis 30 cm	Hochlochziegel (UG) d: 11,5 und 24 cm; Holzrahmen d: 12 bis 22 cm	Porenbeton d: 12,5 bis 30 cm
Haustechnik	Gaskessel atm. Brenner	Gaskessel atm. Brenner	Gasrennwärtekessel	CI: Gaskessel atm. Brenner CII: Gasbrennwärtekessel	DI: Gasgebläsebrenner DII: Elektroöfen	Gaskessel atm. Brenner

¹ Bei Haus DI wurde die Außenwand weniger gut gedämmt als bei Haus DII (siehe Elementdaten). ² Dämmung mit Mineralwolle; bei Zwischensparrendämmung: Sparrenanteil 15 Prozent

Tabelle 8: Charakterisierung des Referenzgebäudes und der verglichenen Gebäudebeispiele

Unter den Gebäudebeispielen finden sich mit Haus B und Haus DII zwei Gebäude, die bei unterschiedlicher Konstruktionsweise den gleichen Heizwärmebedarf von 43 kWh/m²a ausweisen. Haus B ist ein Massivbau mit Außenwänden aus Leichtbetonschalungssteinen und mit Stahlbetondecken, Haus DII ist mit Holzständerwänden und Holzbalkendecken ausgeführt. Eine vergleichende Betrachtung der Untersuchungsergebnisse der Häuser B und DII liefert somit zumindest eine exemplarische Aussage zur Frage der Sensitivität der Bewertung von Umweltwirkungen in Hinsicht auf den angesetzten Betrachtungszeitraum unter Bezug auf Konstruktionen deren CO_{2äqui}-Emissionen zu unterschiedlich Zeitpunkten im Lebenszyklus angerechnet werden.

Das folgende Diagramm zeigt die zeitliche Entwicklung des nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs. Man kann erkennen, dass die unterschiedlichen Gebäude ausgehend von

³⁴ Quack D., Einfluss von Energiestandard und konstruktiven Faktoren auf die Umweltauswirkungen von Wohngebäuden – eine Ökobilanz, Demonstrationsprojekt: Niedrigenergiehäuser Heidenheim, Werkstattreihe 126, Freiburg 2001, S. 56

annähernd gleichen Niveaus mit länger werdendem Betrachtungszeitraum zunehmend unterschiedlichen Bedarf an nicht erneuerbarer Primärenergie entwickeln.³⁵

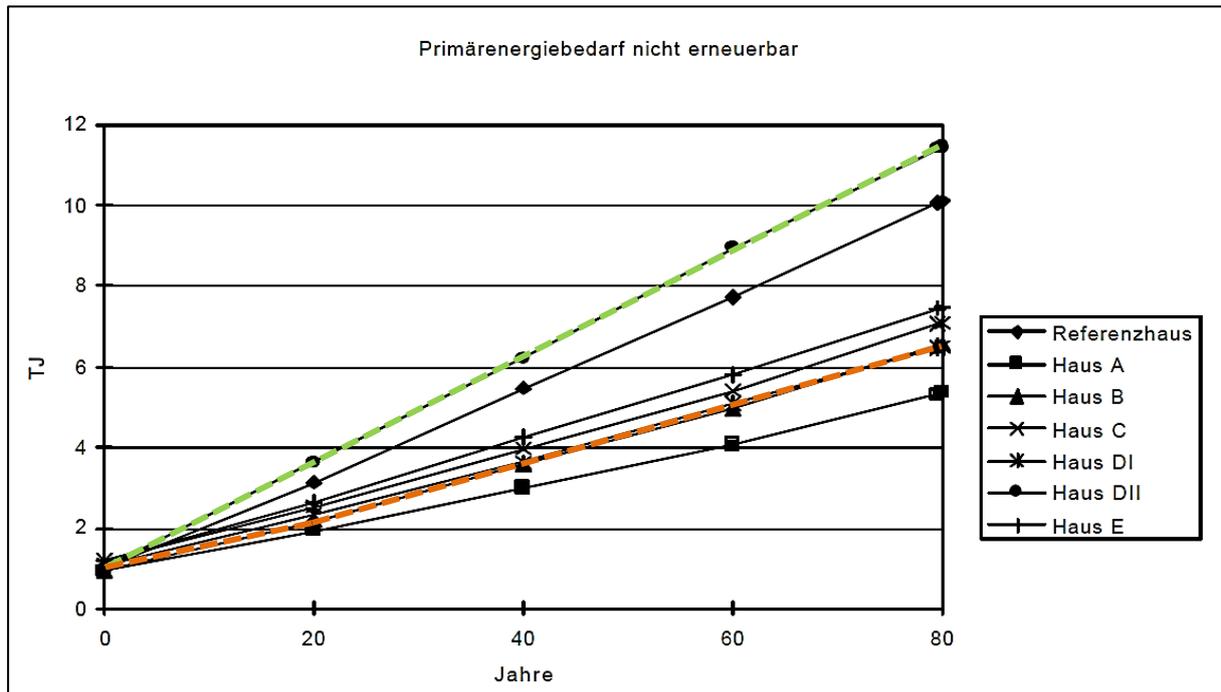


Abbildung 48: Zeitlicher Verlauf Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, hervorgehoben Haus B (orange) und Haus DII (grün)

Es wird gefolgert, dass ein Betrachtungszeitraum von 20 Jahre zu kurz ist um Entwicklungen, die längerfristig signifikante Wirkungsunterschiede bedeuten, sicher zu identifizieren.

Betreffend die Entwicklung von $\text{CO}_2\text{äqu}$ -Emissionen wird festgestellt, dass erst ab einem Betrachtungszeitraum von 60 Jahren die Effekte des Neubaus durch jene des Betriebs ausgeglichen werden.³⁶

³⁵ Quack D., Einfluss von Energiestandard und konstruktiven Faktoren auf die Umweltauswirkungen von Wohngebäuden – eine Ökobilanz, Demonstrationsprojekt: Niedrigenergiehäuser Heidenheim, Werkstattreihe 126, Freiburg 2001, S. 121

³⁶ Quack D., Einfluss von Energiestandard und konstruktiven Faktoren auf die Umweltauswirkungen von Wohngebäuden – eine Ökobilanz, Demonstrationsprojekt: Niedrigenergiehäuser Heidenheim, Werkstattreihe 126, Freiburg 2001, S. 124

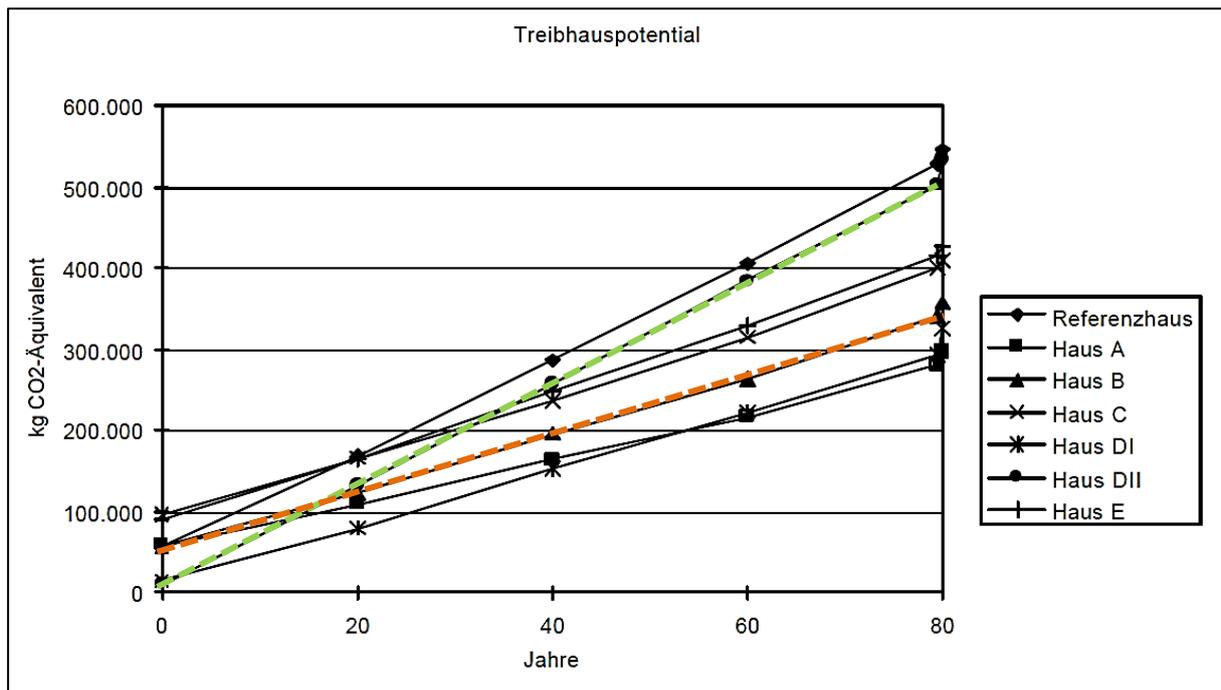


Abbildung 49: Zeitlicher Verlauf Treibhauspotential, hervorgehoben Haus B (orange) und Haus DII (grün)

Speziell dieses Ergebnis würde nahelegen, dass eine Verlängerung des Betrachtungszeitraums unter gleichzeitig möglichst realistischer Einschätzung der tatsächlichen Lebensdauer von Gebäuden, die Umweltwirkungen betreffend, relevanter Aussagen zulässt. Ein kurzer Betrachtungszeitraum kann hingegen zu irrigen Annahmen führen, wenn die tatsächliche Gebäudelebensdauer vergleichsweise deutlich länger ist. Darüber hinaus wird deutlich, dass eine langlebige Konstruktion in Kombination mit einem sparsamen Gebäudebetrieb zum geringsten Umfang an belastenden Umweltwirkungen führt. Wobei ein eventuell verbessertes Gebäudeverhalten durch Sanierungs- und Erneuerungsmaßnahmen bei langlebigen Konstruktionen und Komponenten erst zu einem später Zeitpunkt eintritt.

12.2.2 Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse aus: Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie in Irland und Malta

Ziel der Diplomarbeit ist es, den Wohngebäudebestand und seine Entwicklung in Irland und Malta bezüglich der Raumwärme- und Warmwasserbereitstellung abzubilden und ausgehend vom Ist-Stand den zukünftigen Endenergiebedarf sowie die CO₂-Emissionen zu berechnen. Die Auswirkungen der Implementierung der EU-Richtlinien 2002/91/EC und 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden als politisches Lenkungsinstrument werden dabei berücksichtigt.

Im Rahmen dieser Studie wird eine Sensitivitätsanalyse betreffend die Lebensdauer der Komponenten Fenster und Fassade durchgeführt, dabei werden unterschiedliche Gebäudetypen wie folgt berücksichtigt:³⁷

Name	Lebensdauerfaktor: Fassade, Fenster						
	1	2	3	4	5	6	7
Normal (1960 – 2000 gebaut)	35	40	45	50	60	67	75
Alte Gebäude (vor 1960 gebaut)	70	75	80	90	100	105	110
Wohngebäude (nach 2000 gebaut)	30	35	40	45	50	60	65

Tabelle 9: Lebensdauerfaktor für Gebäude für die Sensitivitätsanalyse für Irland und Malta

Es wird gezeigt, wie sich die Anzahl der sanierten Gebäude bei unterschiedlichen Lebensdauern von Fassaden und Fenster ändert und welche Effekte sich daraus für den Heizwärmebedarf des Wohngebäudebestandes nach nationaler Implementierung der EPBD 2010 ergeben.³⁸

³⁷ Toleikyte A., Perspektiven zur Reduktion des Energiebedarfes und der CO2-Emissionen im Wohngebäudesektor durch die Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie in Irland und Malta, Institut für Energiesysteme und elektrische Antriebe TU-Wien, 2012, s. 53

³⁸ Toleikyte A., Perspektiven zur Reduktion des Energiebedarfes und der CO2-Emissionen im Wohngebäudesektor durch die Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie in Irland und Malta, Institut für Energiesysteme und elektrische Antriebe TU-Wien, 2012, s. 63 und 76

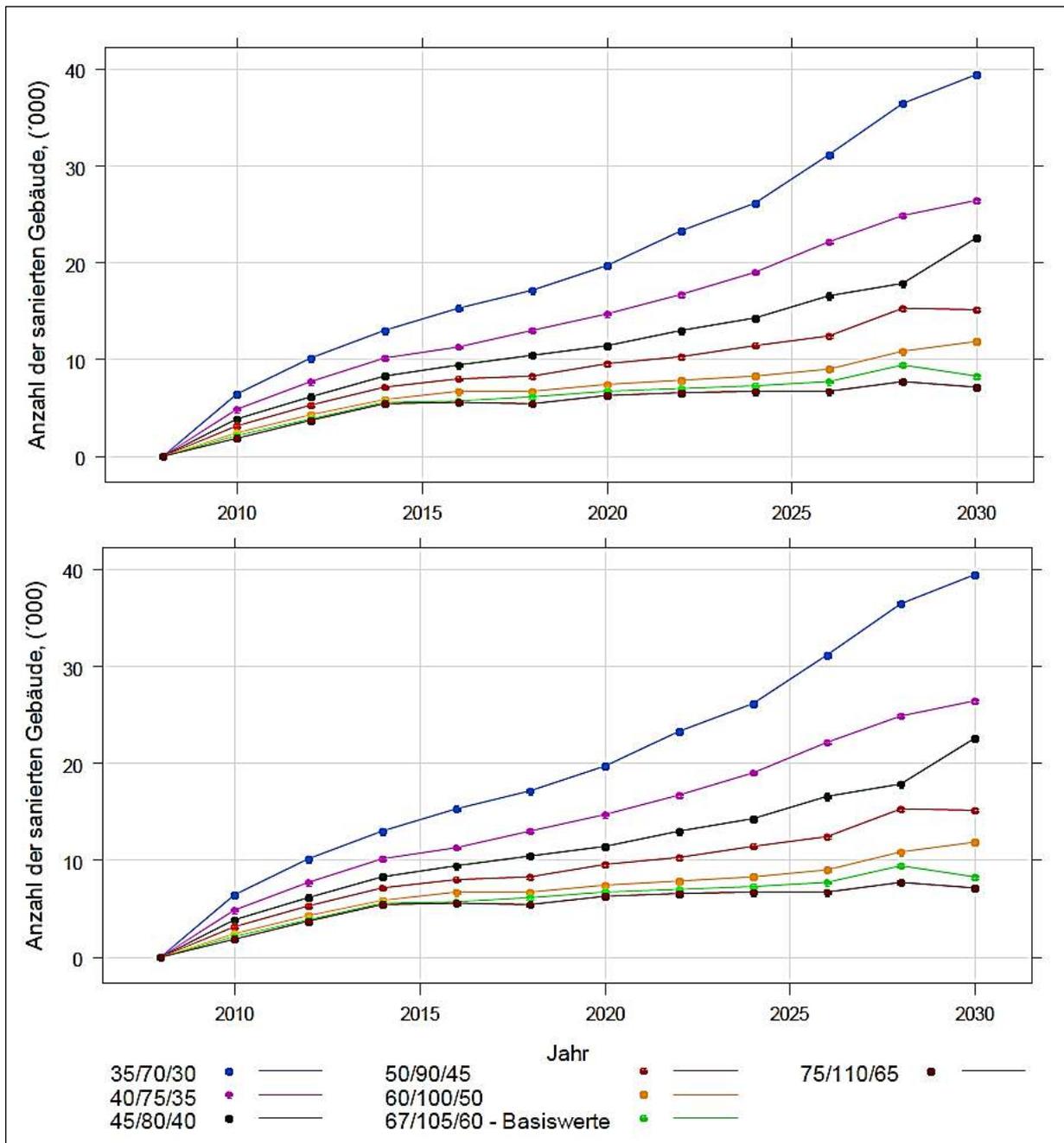


Abbildung 50: Anzahl der sanierten Gebäude, Sensitivitätsanalyse der Lebensdauer von Fenster und Fassade, 2011 - 2030 in Irland oben, in Malta unten

Bei der nachfolgenden Gegenüberstellung ist die unterschiedliche Skalierung der Ordinate [GWh] zu beachten.³⁹

³⁹ Toleikyte A., Perspektiven zur Reduktion des Energiebedarfes und der CO₂-Emissionen im Wohngebäudesektor durch die Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie in Irland und Malta, Institut für Energiesysteme und elektrische Antriebe TU-Wien, 2012, s. 64 und 77

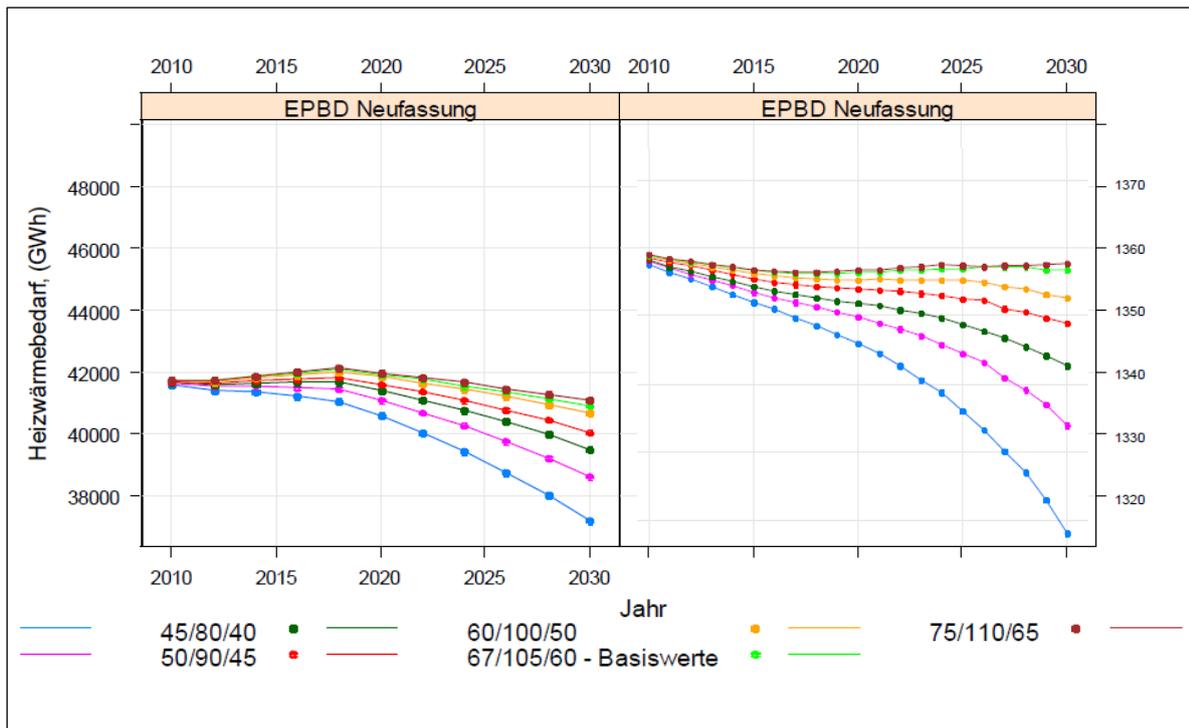


Abbildung 51: Heizwärmebedarf bei EPBD Neufassung und bei unterschiedlichen Lebensdauern von Gebäudekomponenten, Irland links, Malta rechts

Das Ergebnis der Studie legt nahe, dass im Rahmen einer übergeordneten Betrachtung, eine besondere Langlebigkeit von Komponenten, deren Qualität von spezieller Relevanz für die Energieeffizienz des Gebäudes ist, zu einer schlechteren Performance des Gesamtbestandes über die Zeit bedingt durch eine niedrige Sanierungsrate führt. Kritisch zu betrachten sind in diesem Zusammenhang die Annahmen die in der Studie betreffend die Lebensdauern von Fenstern und Fassaden zugrunde gelegt wurden.

12.2.3 Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse aus: Improved service life predictions

In der Studie, Improved service life predictions for better life cycle assessments, betonen die Autoren, dass es notwendig ist belastbarer Daten zur Nutzungsdauer für ein verbessertes Life Cycle Assessment von Gebäuden zu generieren und anzuwenden. Die Aussagen der Autoren basieren dabei auf zwei Argumenten. Einerseits versuchen sie aufzuzeigen, dass der meist verwendete Betrachtungszeitraum für die Gebäudenutzung (Reference Study Period = RSP), von der üblichen Praxis der Nutzungszeiten von Gebäuden deutlich abweicht. Andererseits wollen sie aufzeigen, dass die im Allgemeinen verwendeten Daten für die Nutzungsdauer von Bauteilen (Reference Service Life = RSL) nur einen Durchschnittswert darstellt, der für die Betrachtung spezifischer Fälle nicht zwingend anzuwenden ist.

Anhand von sechs Wohngebäuden werden in der Studie Betrachtungszeiträume von 75 Jahren und von 125 Jahren vergleichend untersucht. Problematisch ist, dass die Studie nur mit einem vollaggregierten Indikator für belastende Umweltwirkungen arbeitet. Diese belastenden Umweltwirkungen werden bei der Anwendung des längeren Betrachtungszeitraum für Berechnung

um 20 % niedriger. Wenn nur die Bauteile betrachtet werden, die in dieser Periode nicht ausgetauscht werden müssen, sogar um 40 %.⁴⁰

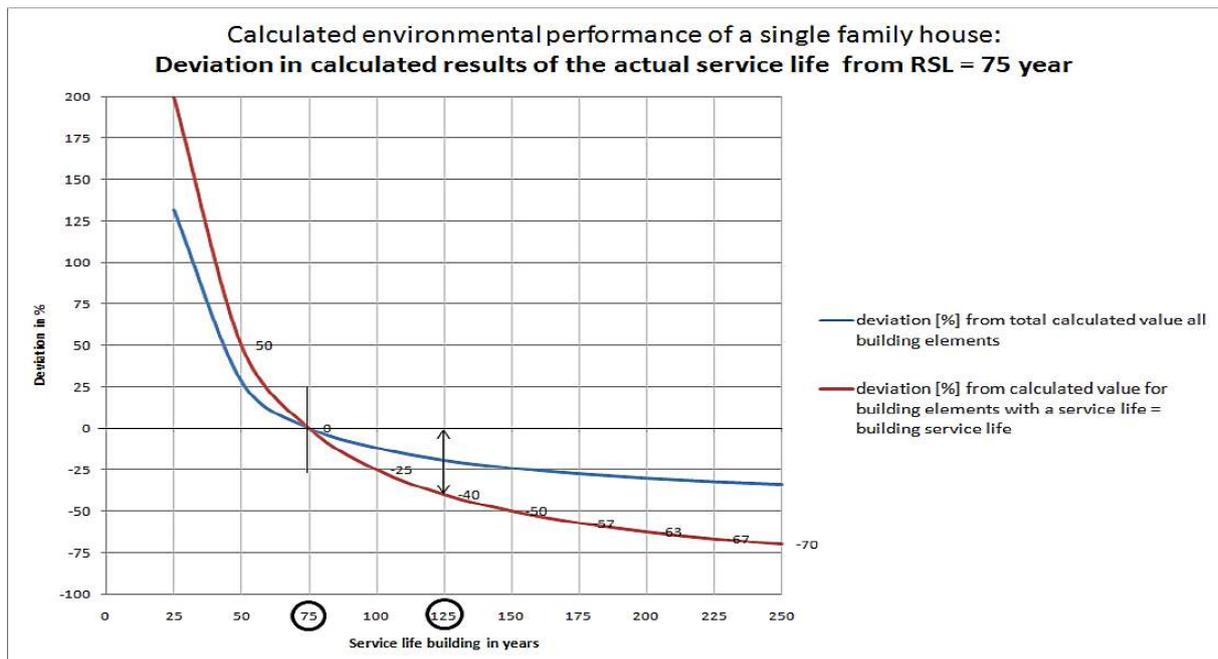


Abbildung 52: Abweichungen der berechneten belastenden Umweltwirkungen in Abhängigkeit vom Betrachtungszeitraum

Ausgehend von einer Analyse des niederländischen Wohngebäudebestandes empfehlen die Autoren, den Betrachtungszeitraum für vermietete Objekte auf 85 Jahre und für Objekte im Eigentum auf 120 Jahre zu verlängern, falls weniger als drei Wohneinheiten vorliegen. Bei Objekten mit mehr Einheiten wird eine Verlängerung des Betrachtungszeitraums auf bis zu 175 Jahre als sinnvoll erachtet.

Verwiesen wird hier auch auf die Größenordnung der Nutzungsdauer für Dämmmaßnahmen in der Studie 02_01, e7: Analyse des kostenoptimalen Anforderungsniveaus für Wohnungsneubauten, wo im Zug einer Sensitivitätsanalyse die Auswirkungen einer Reduktion von 60 auf 35 Jahre betrachtet wurde. Die Analyse zu dieser Studie finden sich unter Fragestellung A.

12.3 Normenexzerpt zu anzusetzenden Gebäudelebensdauer

Abschließend wird ein Normenexzerpt betreffend die Festlegungen von unterschiedlichen Zeitspannen im Zusammenhang mit der Lebensdauer von Gebäuden angeführt.

o5_01 ÖNORM EN 15643-1 bis -4 Nachhaltigkeit von Bauwerken, 2010 bis 2012

Erweiterung:

o5_02 ÖNORM EN ISO 14040 Umweltmanagement - Ökobilanz 11_2009

⁴⁰ Nunen van H., Mooiman A., Improved service life predictions for better life cycle assessments, Beitrag auf der Sustainable Building Conference, Helsinki, 2011, dort Abbildung 1

- 05_03 EN 15978: Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode, 10_2012
- 05_04 ÖNORM EN ISO 14044 Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen, 10_2006
- 05_05 ÖNORM EN ISO 14025 Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Typ III Umweltdeklarationen - Grundsätze und Verfahren, 07_2010
- 05_06 ISO 15686-1 und -9: Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 1: General principles and framework; Buildings and constructed assets. Service-life planning. – Part 9: Guidance on assessment of service-life data, 05_2011
- 05_07 ISO 21931-1: Sustainability in building construction - Framework for methods of assessment of the environmental performance of construction works - Part 1: Buildings, 06_2010
- 05_08 ISO 15392: Sustainability in building construction - General principles, 05_2008

Es ist anzumerken, dass der Wortlaut der, aus den Normen exzerpierten Textpassagen, wenn im Sinne der Verständlichkeit notwendig, sprachlich angepasst wurde. Veränderungen der inhaltlichen Aussagen haben in keiner Weise stattgefunden.

Normenexzerpt: Anzusetzende Lebensdauer von Gebäuden

Die Auslegungsnutzungsdauer ist die vom Planer vorgesehene Nutzungsdauer. EN 15643-1, 3.16

Die angenommene Nutzungsdauer ist die Nutzungsdauer, die ein Gebäude oder ein zusammengesetztes Bauteil erwartungsgemäß unter einer Reihe spezifischer Nutzungsbedingungen hat und die mithilfe von Angaben zur Referenz-Nutzungsdauer nach Berücksichtigung aller Abweichungen der spezifischen Nutzungsbedingungen von den Referenzbedingungen ermittelt wird. EN 15643-1, 3.27

Das Fehlen räumlicher und oder zeitlicher Dimensionen bei den Sachbilanzergebnissen führt zur Unsicherheit bei den Ergebnissen der Wirkungsabschätzung. ISO 14040, 5.4

Die Umweltrelevanz des Wirkungsindikators sollte mit Blick auf Wirkungsendpunkte, eindeutig angegeben werden:

- *des Zustandes der Wirkungsendpunktes*
- *der relativen Größenordnung der abgeschätzten Änderungen im Wirkungsendpunkt*
- *räumlicher Aspekte wie Gebiet und Ausmaß*
- *zeitlicher Aspekte wie Dauer, Verweilzeit, Persistenz, Zeitverlauf, usw.*
- *der Umkehrbarkeit des Umweltwirkungsmechanismus*
- *der Unsicherheit der Verbindungen zwischen den Wirkungsindikatoren und den Wirkungsendpunkten*

ISO 14044, 4.4

EN 15978, 3.2

Bausubstanz bezeichnet sämtliche Bauprodukte, die dauerhaft und fest am Gebäude angebracht sind, so dass die Demontage des Produktes die Qualität des Gebäudes verändert und, ebenso wie der Austausch dieses Produktes, als Baumaßnahme zu betrachten ist.

Die vorgesehene Lebensdauer ist die vom Planer vorgesehene Nutzungsdauer.

EN 15978, 3.9

Die voraussichtliche Nutzungsdauer ist die Nutzungsdauer, die sich für ein Gebäude oder ein zusammengesetztes Bauteil (Bauwerksteil) unter einer Reihe von festgelegten Nutzungsbedingungen erwarten lässt und aus den für die Nutzungsdauer geltenden Referenzdaten unter Berücksichtigung aller Abweichungen von den Referenznutzungsbedingungen ermittelt wurde.

EN 15978, 3.13

Instandhaltung umfasst die Kombination aller technischen und damit verbundenen administrativen Maßnahmen, die während der Nutzungsdauer eines Gebäudes oder zusammengesetzten Bauteils (Bauwerksteils) dazu dienen, den Zustand zu erhalten, in dem es die von ihm geforderten Funktionen erfüllen kann.

EN 15978, 3.20

Die Nutzungsdauer ist die Zeitspanne nach der Inbetriebnahme, während der ein Gebäude oder ein zusammengesetztes Bauteil die technischen Anforderungen und die funktionalen Anforderungen erfüllt oder übertrifft.

EN 15978, 3.33

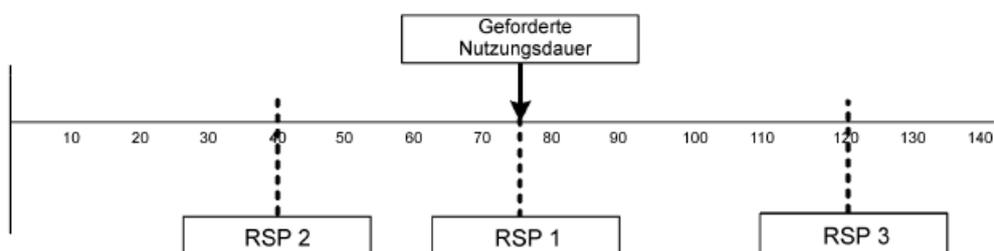
Falls weder der Auftraggeber noch der Gesetzgeber eine geforderte Nutzungsdauer festgelegt hat, darf die vorgesehene Lebensdauer verwendet werden, wenn das Verfahren der Ableitung beschrieben ist und auf empirischen, probabilistischen oder statistischen Daten basiert.

EN 15978, 7.2

Als Voreinstellwert für den Betrachtungszeitraum ist die geforderte Nutzungsdauer des Gebäudes anzusetzen. Jede Abweichung muss ausdrücklich angegeben und begründet werden. Dennoch basiert die Bewertung in jedem Falle auf dem gesamten Lebenszyklus des Gebäudes.

EN 15978, 7.3

Betrachtungszeitraum für die Untersuchung in Jahren



RSP 1: Wenn der Betrachtungszeitraum und die geforderte Nutzungsdauer gleich sind, d. h. $RSP/ReqSL = 1$, gilt der Voreinstellungswert.

RSP 2: Wenn der Betrachtungszeitraum kürzer als die geforderte Nutzungsdauer ist, werden die Zahlenwerte der Auswirkungen und Aspekte für die Nutzungsphasenmodule (B1 bis B7) und die in Modul DB dargestellten Vorteile und Belastungen aus den Modulen B1 bis B7 um einen Faktor $RSP/ReqSL$ reduziert.

RSP 3: Wenn der Betrachtungszeitraum über die geforderte Nutzungsdauer

EN 15978, 7.3

hinausgeht, gilt, dass Szenarien für die Modernisierung oder den Abriss und Neubau eines gleichwertigen Gebäudes entwickelt werden müssen. Diese Szenarien müssen eine Erweiterung der Nutzungsdauer ermöglichen, die bei Einbeziehung der geforderten Nutzungsdauer des Bewertungsgegenstandes gleich dem Betrachtungszeitraum oder länger als dieser ist. Die Gesamtwerte der Auswirkungen und Aspekte für sowohl die tatsächlich geforderte Nutzungsdauer als auch die Erweiterung der Nutzungsdauer sind nach den oben angegebenen Regeln zu berücksichtigen.

Die Nutzungsphase umfasst den Zeitraum von der tatsächlichen Fertigstellung des Bauwerks bis zu dem Zeitpunkt, an dem das Gebäude rückgebaut bzw. abgerissen wird. Die Systemgrenze umfasst die Nutzung.

EN 15978, 7.4

Die Bewertung muss auch die Auswirkungen und Aspekte des gebäudeinternen technischen Systems und des zum Gebäude gehörenden Mobiliars umfassen, nicht jedoch die Auswirkungen von nicht zum Gebäude gehörenden Geräten und Möbeln.

Zum Gebäude gehörende Möbel, Einrichtungsgegenstände und Ausstattungsteile sind Produkte, die fest am Gebäude angebracht sind, so dass die Demontage des Produktes die Qualität des Gebäudes verringert.

EN 15978, 7.4

Die Lebensendphase eines Gebäudes beginnt, wenn das Gebäude stillgelegt wird und keine Pläne für eine zukünftige Nutzung bestehen.

EN 15978, 7.4

Ein Gebäude hat das Ende seines Lebens erreicht wenn:

- Alle Komponenten und Materialien, die vom Standort zu entfernen waren, beseitigt wurden.*
- Der Standort für die spätere erneute Nutzung bereit gemacht wurde.*

EN 15978, 7.4

Für langfristige Prozesse wie der Lagerung auf einer Mülldeponie gilt ein Betrachtungszeitraum von 100 Jahren.

EN 15978, 7.4

Die Beschreibung der physikalischen Eigenschaften des Gebäudes muss die Bauweise des Gebäudes und seine technischen Einrichtungen und Dienste enthalten, etwa das Fundament, Rahmen, Träger, Säulen und Platten, nichttragende Elemente,...

EN 15978, 7.5

Szenarien für den Gebäudelebenszyklus. Für die vollständige Beschreibung des Bewertungsgegenstandes muss die physikalische Gebäudebeschreibung durch zeitabhängige Eigenschaften des Gebäudes ergänzt werden. Falls Informationen zum Modul D in einer Gebäudebewertung angegeben werden, werden Szenarien benötigt, die auf Gebäudeebene festgelegt werden.

EN 15978, 8.1

Falls im Lastenheft des Auftraggebers keine Anforderungen in Bezug auf die Modernisierung angegeben sind, müssen die Szenarien für die Modernisierung typisch für den zu bewertenden Gebäudetyp sein.

EN 15978, 8.6

Beispiel für einen Betrachtungszeitraum von 80 Jahren:

Für ein Dach mit einer voraussichtlichen Nutzungsdauer von 30 Jahren beträgt der

EN 15978, 9.3

theoretische Wert für die Austauschhäufigkeit $(80/30) - 1 = 1,667$. Dieser Wert wird auf 2 aufgerundet. Für die Berechnung der Umweltauswirkungen werden zwei Austauschaktionen (nach 30 Jahren und 60 Jahren) angesetzt. Der Austausch ist nach 60 Jahren ausgeschlossen, da der verbleibende Zeitraum von 60 bis 80 Jahren weniger als die voraussichtliche Nutzungsdauer des Produktes ist und bei einem Dach ein weiterer Ersatz unwahrscheinlich ist.

Auf der Gebäudeebene müssend die Daten den gesamten Lebenszyklus des Produktes im Kontext des Gebäudes abdecken. Die auf LCA basierenden Informationen, die in einer EPD zu finden sind, können eine der folgenden Phasen repräsentieren:

- *Nur die Herstellungsphase*
- *Die Herstellungsphase und ausgewählte weitere Lebenszyklusstadien*
- *Der gesamte Lebenszyklus eines Produkts*
- *Das Modul D*

EN 15978, 10.1

Allgemeine Informationen zum Bewertungsgegenstand:

- *Funktionales Äquivalent*
 - o *Gebäudeart*
 - o *Technische und funktionale Anforderungen*
 - o *Struktur der Nutzung*
 - o *Geforderte Nutzungsdauer*
- *Betrachtungszeitraum*
- *Sonstige Informationen*

EN 15978, 12.2

Service life planning is a design process that seeks to ensure that the service life of a building or other constructed asset will equal or exceed its design life. If required, service life planning can take into account the life-cycle cost(s) of the building and its life-cycle environmental impact(s).

ISO 15686-1, 0.1

Differences in climatic conditions and building techniques in different parts of the world require separate aspects of service life planning to be developed for specific circumstances, and to take account of locality and microclimate.

ISO 15686-1, 0.3

In the European Community, the Construction Products Directive includes a requirement that the "essential requirements" of construction products be retained for an "economically reasonable working life", if necessary by maintenance.

ISO 15686-1, 0.3

The term design life (DL) means the service life intended by the designer.

ISO 15686-1, 3.3

The estimated service life (ESL) is the service life that a building or parts of a building would be expected to have in a set of specific in-use conditions, determined from reference service life data after taking into account any differences from the reference in-use conditions.

ISO 15686-1, 3.7

Maintenance includes the combination of all technical and associated administrative actions during the service life to retain a building, or its parts, in a state in which it can

ISO 15686-1, 3.13

perform its required functions.

Obsolescence is the loss of ability of an item to perform satisfactorily due to changes in performance requirements.

ISO 15686-1, 3.14

Service life is predicted from performance recorded over time.

ISO 15686-1, 3.20

The reference service life (RSL) is the service life of a product, component, assembly or system which is known to be expected under a particular reference set of in-use conditions, which can form the basis for estimating the service life under other in-use conditions

ISO 15686-1, 3.22

The service life is the period of time after installation during which a facility or its component parts meet or exceed the performance requirements.

ISO 15686-1, 3.25

The service life plan should provide sufficient evidence to give reasonable assurance that the estimated

service life of a new building on a specific site, operated as specified in the design brief and with appropriate maintenance and replacement, will be at least as long as the design life.

ISO 15686-1, 4.2

The service life of a building is determined using available knowledge about the service life of each component that is to be used in the building. Service life planning is a process of estimation and/or prediction of future events, and therefore complete accuracy cannot be expected.

ISO 15686-1, 4.2

If the estimated service life of any component is less than the design life of the building, a decision should be made as to how the essential functions are to be maintained adequately e.g. by replacement or other maintenance.

ISO 15686-1, 4.2

Service life planning should consider the following:

- *the likely performance of the components of the building within the building life cycle*
- *the life-cycle cost and environmental impact of the building over its life cycle*
- *operating and maintenance costs*
- *repairs, replacements, dismantling, removal, re-use and disposal*
- *construction of the whole building, installation of components and the maintenance and replacement*
- *of short-life components*

ISO 15686-1, 4.3

For buildings that are designed to have very long design lives (e.g. important State buildings), ease of maintenance is likely to determine the service life.

ISO 15686-1, 4.3

Estimating the service life of a building is the key task of service life planning. The service lives of the individual components need to be built up, from the smallest elements, into an estimate for the whole building.

ISO 15686-1, 5.1

To predict service life, the microclimate, the performance of the component under the intended conditions and the construction and maintenance regime for the building should all be known. This data can come from real-life exposure, feedback from use or testing, papers in scientific journals, manufacturers' literature and publications from construction research organizations. The data from these various sources needs to be adjusted to suit the particular design conditions. This adjustment may be carried out using the factor method.

ISO 15686-1, 5.1

A reference service life is the expected service life of a component under a particular set of in-use conditions.

ISO 15686-1, 5.4

Reference service life data can rarely be used satisfactorily as found, because the in-use conditions specific to the design object differ from the in-use conditions used to determine the reference service life. Therefor a procedure, known as the factor method, which provides a simple framework for considering site-specific conditions and adjusting reference service lives to produce estimated service lives for specific in-use conditions is established.

ISO 15686-1, 5.4

Where appropriate, service life data from practice may be adjusted.

ISO 15686-1, 5.5

For the service life estimation of buildings constructed with innovative components, estimates therefore have to be based on interpretation of the performance of the materials and components in short-term exposure tests, failure mode and effect analysis.

ISO 15686-1, 5.6

Selective reporting of data can be encountered when commercial interests are involved.

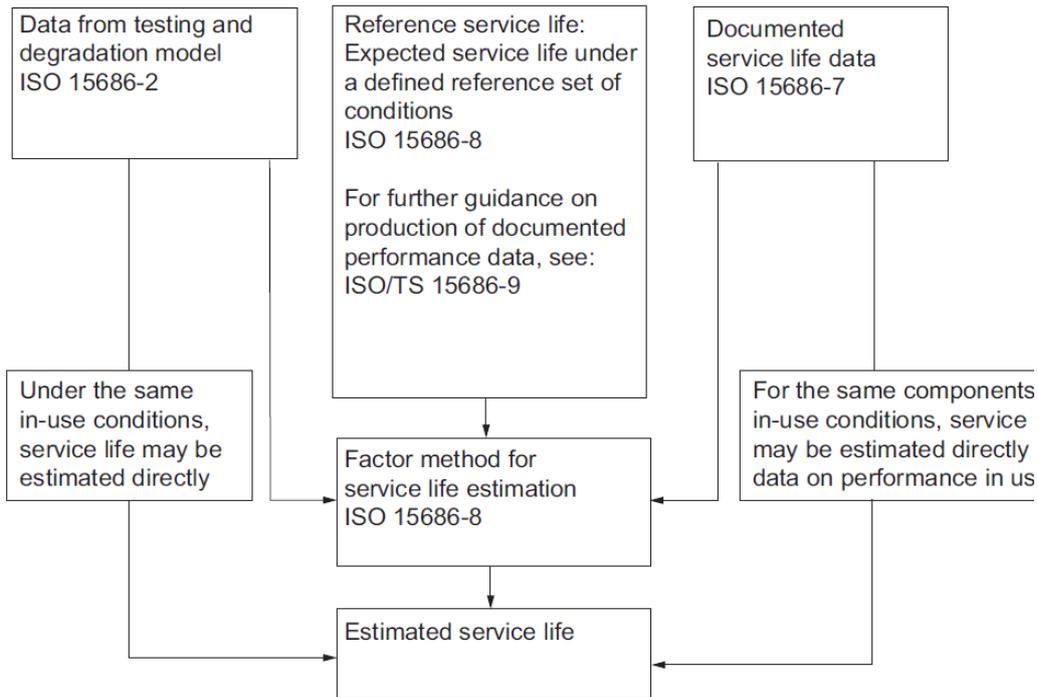
ISO 15686-1, 5.7

Due to the number of variables involved and the uncertainties in each, and to the inherent variabilities of buildings, service environments, site workmanship, and future maintenance activities, it is not possible to estimate the service life of a building or its components precisely.

ISO 15686-1, 5.8

Approaches to service life estimation:

ISO 15686-1, 5.8



Replacement due to defective performance needs to be distinguished from obsolescence. Obsolescence arises when a facility is no longer able to be adapted to satisfy changing requirements. Reliable data for estimating obsolescence are rarely available, since it tends to result from unexpected changes, often unrelated to the construction.

ISO 15686-1, 7.1

Types of obsolescence and examples

Type of obsolescence	Typical occurrence	Examples
Functional	— Function no longer required	— Obsolete industrial process — Unnecessary facility office partitioning remove remodelling
Technological	— Better performance available from modern alternatives — Changing pattern of building use	— Change from vitreous clay to stainless-steel sink — Change to open-plan layout in factories installation of new plant — New insulation for enhanced thermal performance
Economic	— Fully functional but less efficient — More expensive than alternatives	— Replacement of sectional boilers with condensing

ISO 15686-1, 7.2

Maintenance planning, including replacement of components, should be included in the design stage.

ISO 15686-1, 7.3

Refurbishment and upgrading are the major strategies to counter obsolescence. The most efficient designs will be flexible and allow for changes in future requirements. This can be particularly relevant to offices and particular consideration should be given to the building frame or structure.

ISO 15686-1, 7.3

ISO 15686-1, A

Agents affecting the service life of building components

Nature	Class	Examples
Mechanical agents	Gravity	Snow loads, rainwater loads
	Forces and imposed or restrained deformations	Ice formation, expansion and contraction, land slip, creep
	Kinetic energy	Impacts, sand storm, water hammer
	Vibrations and noises	Tunnelling, vibration from traffic or domestic appliances
Electromagnetic agents	Radiation	Solar or ultraviolet radiation, radioactive radiation
	Electricity	Electrolytic reactions, lightning
	Magnetism	Magnetic fields
Thermal agents	Extreme levels or fast alterations of temperature	Heat, frost, thermal shock, fire
Chemical agents	Water and solvents	Air humidity, ground water, alcohol
	Oxidizing agents	Oxygen, disinfectant, bleach
	Reducing agents	Sulphides, ammonia, agents of combustion
	Acids	Carbonic acid, bird droppings, vinegar
	Alkalis (bases)	Lime, hydroxides
	Salts	Nitrates, phosphates, chlorides
	Chemically neutral	Limestone, fat, oil, ink
Biological agents	Vegetable and microbial	Bacteria, moulds, fungi, roots
	Animal	Rodents, termites, worms, birds.

Location which might need separate consideration:

- *the exterior of the building envelope faces increased exposure to water and pollutants and to wind-driven rain*
- *ground contact*
- *subjects to heavy use*
- *subject to unusual agents: areas exposed to blood, oil, phenols, chlorides, milk, acids, or other*
- *aggressive agents*
- *subject to condensation*
- *subjects to wetting*
- *subjects to aggressive maintenance*
- *locations where maintenance will be unlikely*

ISO 15686-1, B.3

Components should be assessed for compliance with performance requirements, recognizing that the

performance of each component will deteriorate at a rate depending on:

- *environment*
- *design of the building*
- *installation detailing*
- *quality of site work*
- *maintenance*
- *usage*

ISO 15686-1, B.5

In service life planning, a particular margin of error should be allowed to account for

ISO 15686-1, B.6

the occurrence of less than-perfect conditions on the work site.

Planning the service life of a building should include production of a schedule of dates for replacement of components. The schedule can also include likely dates for major refurbishment and for replacement of subsidiary parts of assemblies.

ISO 15686-1, B.7

The estimated service lives of components, and the schedule for their maintenance and replacement, should be communicated to the client and the user.

ISO 15686-1, B.7

Maintenance activities that can be reasonably anticipated:

- *Change of interior finishes*
- *Rearrangement of partitioning*
- *Roof covering*
- *Change to , or replacement of, electrical, plumbing and other service installations*
- *Below-ground drainage*
- *Partial removal or replacement of load-bearing elements*

ISO 15686-1, B.7

Buildings and their components should be identified as being either replaceable or permanent.

ISO 15686-1, B.8

Suggested minimum design lives of components for particular design lives of buildings, based on accessibility for maintenance. The figures can be used as a starting point for discussions about appropriate design lives.

Design life of building	Inaccessible or structural components	Components where replacement is expensive or difficult^a	Major replaceable components	Building services
Unlimited	Unlimited	100	40	25
150	150	100	40	25
100	100	100	40	25
60	60	60	40	25
25	25	25	25	25
15	15	15	15	15
10	10	10	10	10

NOTE 1 Easily replaced components may have design lives of three to six years.

NOTE 2 An unlimited design life should rarely be used as it significantly reduces design options.

ISO 15686-1, B.8

Building components will often need replacement or maintenance during the service life of the whole building. It can be uneconomic, or impossible, or not functionally desirable, to require all components to retain acceptable performance without maintenance for a typical building with a design life of many years. The most likely exceptions are structural components or assemblies (such as foundations, frames or embedded fixings), which are so disruptive to repair or replace that their failure can trigger replacement of the building.

ISO 15686-1, B.8

To reduce the risk of failure occurring within the design life of the building when the

ISO 15686-1, B.8

consequences of failure are judged to be critical, it might be necessary to require particularly long design lives for specific components or to strengthen the requirements for inspection and maintenance.

Suggested hierarchy of safety consequences:

Category	Consequence	Example
1	Danger to life	Sudden collapse of structure
2	Risk of injury	Loose stair tread
3	Danger to health	Serious damp penetration
4	Costly repair	Extensive scaffolding required
5	Costly because repeated	Window hardware replacement
6	Interruption of building use	Heating failure
7	Security compromised	Broken door latch
8	No exceptional problems	Replacement of light fixtures

ISO 15686-1, B.8

This code addresses the issue of service-life planning. The objective of service-life planning is to ensure that the actual service life of a building or other constructed asset will equal or exceed its design life. Reference service-life data are required to enable the service life of a building or other construction works to be predicted.

ISO 15686-9, I

The data record is a set of reference service-life data compiled into a prescribed format.

ISO 15686-9, 3.1

The reference service life (RSL) is the service life of a component which is known to be expected under a reference set, of in-use conditions and which may form the basis of estimating the service life under other in-use conditions.

ISO 15686-9, 3.2

The reference service life data is information that includes the reference service life and any qualitative or quantitative data describing the validity of the reference service life.

ISO 15686-9, 3.3

Service life defines a period of time after installation during which a building or its parts meets or exceeds the performance requirements.

ISO 15686-9, 3.4

An estimate of the service life of a whole building should be built up from estimates of the service life of all the relevant components that comprise the building. Estimates should be based on a reference service life.

ISO 15686-9, 4.1

Estimated service life should take account of the aspects that will influence the performance and degradation of the components throughout their service life and will therefore modify the reference service life, including:

- *inherent performance of the component*
- *design level of the works*
- *standards of workmanship*
- *indoor environment*

ISO 15686-9, 4.1

- *outdoor environment*
- *usage conditions*
- *maintenance level*

The manufacturer or producer normally holds key data on the performance of the component and should also be able to provide information. ISO 15686-9, 4.1

Service-life data may be obtained from several sources. Wherever possible, service-life data should be based on well-documented practical experience of performance in service in known in-use conditions. ISO 15686-9, 4.2

Where actual performance data under clearly documented in-use conditions are not available, test data should be used for service-life prediction. ISO 15686-9, 4.2

The relevant characteristics should be defined by producers, specifiers or a technical committee producing a product standard. ISO 15686-9, 4.3

The reference in-use conditions, as well as the reference service life, should be stated so that users of the data can judge the possible differences between the reference in-use conditions and the likely actual in-use conditions in a particular case. ISO 15686-9, 5.4

The design life is the required service life. ISO 21931-1, 3.1

Relationship between application cases and life-cycle stage: ISO 21931-1, B.2

Application of the assessment method	Life-cycle phase/stage					
	Upstream process	Production of building products	Decision-making (procurement and design)	Construction	Use - ageing - maintenance - operation - usage	End of life
Procurement of a building	[Timeline bar with focus on Upstream process, Decision-making, and Construction]					
Design and construction of a new building	[Timeline bar with focus on Decision-making, Construction, and Use]					
Improving operation of an existing building	[Timeline bar with focus on Use and End of life]					
Designing for retrofit and refurbishment during the operating phase	[Timeline bar with focus on Use and End of life, and conceptual area for Upstream process, Production, and Decision-making]					
Deconstruction and disposal at the end of the operating phase	[Timeline bar with focus on Use and End of life, and conceptual area for Upstream process, Production, and Decision-making]					
Assessment of the environmental performance of an existing building	[Timeline bar with focus on Use and End of life, and conceptual area for Upstream process, Production, and Decision-making]					

Key

- the extent of the information collected
-  the focus of the assessment
- the point in time of the assessment
-  the life-cycle stages considered
-  the conceptual area or area of action
-  the limits of amounts of data considered

The performance is the ability to fulfil required functions under intended use conditions or behavior when in use.

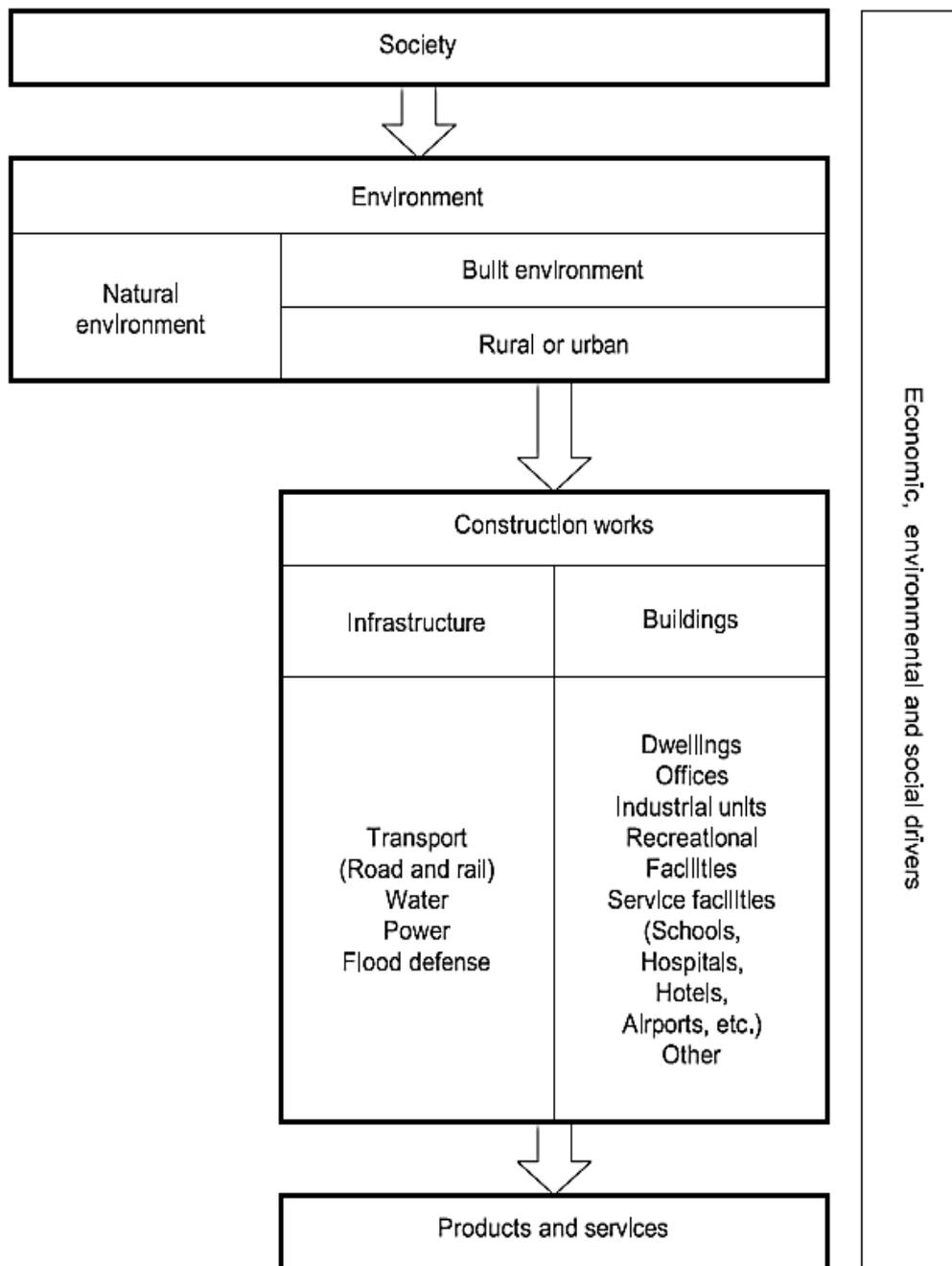
ISO 15392,3.16

The service life is the period of time after installation during which a construction works or its parts meet or exceed the performance requirements.

ISO 15392,3.18

Requirements posed to the built environment, its parts and related drivers:

ISO 15392,5.1



Economic aspects:

Particular aspects of the construction works, parts of works, processes or services related to their life cycle, can interact with economic impacts, or economic legacy, which extends beyond the life of the construction works. These relate to costs and benefits that measure the impact to the economy, wholly or partially resulting from activities, products or services used in the construction work or in the use of the construction works. Besides direct and short-term economic considerations, economic aspects incorporate life cycle considerations that measure the long-term economic impacts, or economic legacy.

ISO 15392,6.2

13 Ergebnisse zu Detailfrage i: Bilanz unterschiedlicher energietechnischer Gebäudekonzepte

Die Frage der Bilanz unterschiedlicher energietechnischer Gebäudekonzepte ist in der vorliegenden Studie implizit Gegenstand der Kapitel 5 (Ergebnisse zu Frage A: Niveaus des rechnerischen Kostenoptimums der Gesamtenergieeffizienz) und 6 (Ergebnisse zu Frage B: Berechnetes Kostenoptimum im Vergleich zu praktischen Erfahrungen).

Eine nochmalige Aufarbeitung dieser Studien erübrigt sich daher.

Zusammenfassend kann festgehalten werden:

Die faktische energetische und wirtschaftliche Bilanz von hochgradig verlustminimierten Gebäuden, wofür das Passivhaus als prägnantester Baustandard steht, wird in den untersuchten Studien unterschiedlich beurteilt.

Bestätigt wird dieses Konzept des verlustminimierenden Bauens, in einer Mischung aus Monitoringergebnissen und eigenen Berechnungen, in den Studien

03_12 Nachhaltigkeits-Monitoring ausgewählter Passivhaus-Wohnanlagen in Wien, Treberspurg, Smutny et al, 12_2009

03_15 Ermittlung und Evaluierung der baulichen Mehrkosten von Passivhausprojekten, Schöberl, Lang, Handler, 2011

03_16 Betriebskosten- und Wartungskostenvergleich zwischen Passivhäusern und Niedrigenergiehäusern, Schöberl, Hofer, 2012

In Frage gestellt wird das Konzept von Wärmeschutzintensität am Niveau des Passivhauses, basierend auf Monitoring- und Befragungsergebnissen in den Studien

03_06 Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit, gbv, 10_2013

03_04 Wohnkomfort und Heizwärmeverbrauch im PH und NEH, Rhomberg, 03_2013

Zu dem Schluss der begründeten Koexistenz von verlustminimierenden und solar-gewinnmaximierenden Gebäudekonzepten, für Letzteres steht das „Sonnenhaus“ dem Passivhaus als prägnantes Konzept gegenüber, kommen die Studien

03_01 Bauen 2020 - Gebäudesystemvergleich, DUK, 11_2012

03_07 Innovative Gebäudekonzepte im Vergleich, ACR, 2014

03_08a Energetische Bewertung hocheffizienter Gebäude, klima:aktiv, 01_2014

Die drei Studien dieser letzten Gruppe kommen auf Basis von Modellrechnungen zum Schluss, dass teilsolar beheizte Sonnenhäuser, mit solaren Deckungsgraden >60%, mit moderaten Mehrkosten gegenüber Niedrigenergiehäusern den Passivhäusern in wirtschaftlicher und ökologischer Hinsicht jedenfalls ebenbürtig sind.

14 Anhang

14.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Berechnungsergebnisse für das pelletsversorgte Referenzgebäude MFH_klein – Darstellung der Differenzkosten im Vergleich zur Variante HWB-Linie 16 (Anforderungsniveau der gegenwärtigen Bauordnung), Quelle: e7.....	17
Abbildung 2: Berechnungsergebnisse für das gasversorgte Referenzgebäude MFH klein – Darstellung der Differenzkosten im Vergleich zur Variante HWB-Linie 16 (Anforderungsniveau der gegenwärtigen Bauordnung), Quelle: e7.....	17
Abbildung 3: Ziegelmassivbauweise, Holzleichtbauweise, Holzmassivbauweise.....	18
Abbildung 4: Ergebnisse aus finanzieller Persp.: MWB-Neubau in Ziegelbauweise (Quelle: ea).....	19
Abbildung 5: Ergebnisse aus finanz. Persp.: MWB-Neubau in Holzleichtbauweise (Quelle: ea).....	19
Abbildung 6: Lebenszykluskosten in Abh. des Durchlasswiderstandes der AW (Quelle: TU-Wien).....	21
Abbildung 7: Lebenszykluskosten in Abh. des Durchlasswiderstandes der AW (Quelle: TU-Wien).....	21
Abbildung 8: Lebenszykluskosten in Abh. des Durchlasswiderstandes der AW (Quelle: TU-Wien).....	22
Abbildung 9: Lebenszykluskosten für Wohnen Neubau für Wien über dem HWB, Quelle: OIB.....	24
Abbildung 10: Lebenszykluskosten für Wohnen Neubau für Wien über dem PEB, Quelle: OIB.....	24
Abbildung 11: Lebenszykluskosten für Wohnen Neubau für Wien über den CO ₂ -Emissionen, Quelle: OIB.....	25
Abbildung 12: Lebenszykluskosten für Wohnen Neubau für Wien über dem f _{GEE} , Quelle: OIB.....	26
Abbildung 13: Zusammensetzung der Mehr- und Minderkosten der Passivhausvariante mit Solaranlage gegenüber der Variante mit Hülle nach Mindestanforderung OIB RL 6, ohne Solaranlage und mit gleichem Wärmeversorgungssystem [EUR/m ² EBF].....	28
Abbildung 14: Kostenoptimum bezüglich des HWB für die Massivbauvariante des EFH mit WP.....	29
Abbildung 15: Kostenoptimum bezüglich des PEB für die Massivbauvariante des EFH mit WP.....	29
Abbildung 16: Vergleich der Treibhausgasemissionen der Errichtung.....	33
Abbildung 17: Jahreskosten des gebäudetechnischen Systems Sole WP mit solarer WWB.....	34
Abbildung 18: CO ₂ -Emissionen Gebäudebetriebs des Systems Sole WP mit solarer WWB.....	34
Abbildung 19: Vergleich des Treibhauspotentials aller Gesamtgebäudevarianten, Bilanzierungszeitraum 100 Jahre, Quelle: ACR.....	38
Abbildung 20: Gegenüberstellung der Gesamtbarwerte in Euro pro m ² Nettogeschosßfläche, Bilanzierungszeitraum 50 Jahre, Quelle: ACR.....	39
Abbildung 21: Summe der Energie- und Wartungskosten pro m ² NF, Quelle: gbv.....	49
Abbildung 22: Baukosten, Quelle: gbv.....	50
Abbildung 23: Soll-Ist-Vergleich Raumwärme, Quelle: Treberspurg, Smutny.....	52
Abbildung 24: Bandbreite der baulichen Mehr- und Minderkosten für Passivhausbauweise, Quelle: Schöberl.....	54
Abbildung 25: Summen der Mehrkosten für Passivhausbauweise auf Bauwerkskostenebene, Quelle: Schöberl.....	55
Abbildung 26: Diskrepanz von Betrachtungszeitraum und geplanter Nutzungsdauer eines Gebäudes.....	60
Abbildung 27: Gesamtübersicht Barwert Herstellung und Nutzungskosten.....	62
Abbildung 28: Gesamtübersicht Treibhauspotenzial Gebäude nach den Kostengruppen: 300 Baukonstruktion und 400 Technische Anlagen.....	63
Abbildung 29: Gesamtübersicht Primärenergie erneuerbar. Gebäude aufgeteilt, Rohbau-Ausbau prozentual und nach den Kostengruppen: 300 Baukonstruktion und 400 Technische Anlagen.....	64
Abbildung 30: Überschreitung biophysikalischer Belastungsgrenzen der Erde nach dem Planet Boundaries Modell, Quelle: Rockström.....	69
Abbildung 31: Ziegelmassivbauweise, Holzleichtbauweise, Holzmassivbauweise.....	74
Abbildung 32: Bauwerkskosten EFH nach Thermischer Qualität und Bauweise (Quelle: DUK).....	76
Abbildung 33: Bauwerkskosten RH nach Thermischer Qualität und Bauweise (Quelle: DUK).....	76
Abbildung 34: Gesamtbarwerte nach 50a nach Energiestandard und Bauweisen.....	78
Abbildung 35: Schematische Darstellung d. Berechnung des Primärenergiebedarfs (Quelle: EUC).....	104
Abbildung 36: Schematische Darstellung der Berechnung und Erläuterung (Quelle: EN 15978).....	105
Abbildung 37: Estimated deforestation, by type of forest and time period [million hectares].....	112
Abbildung 38: Holzströme in Österreich, Bezugsjahr 2012.....	113
Abbildungen 39: Detailausschnitte aus Abbildung 38: Holzströme in Österreich, Bezugsjahr 2012, von links nach rechts: zur Sägeindustrie, zur sonstigen Holzverarbeitung und zur Plattenindustrie.....	113
Abbildung 40: Exemplarische Darstellung eines Studienergebnisses zur CO ₂ -Speicherung durch Holzbau.....	115
Abbildung 41: Exemplarische Darstellung eines Studienergebnisses einer vergleichenden CO ₂ -Bilanz.....	117
Abbildung 42: Vergleich unterschiedlicher Bauweisen in Hinsicht auf die CO _{2aqui} Emissionen in kg/m ² und Jahr bei lebenszyklischer Betrachtung.....	118
Abbildung 43 Gesamtübersicht Barwert Herstellung und Folgekosten.....	128
Abbildung 44: Gesamtübersicht Treibhauspotenzial Gebäude zu energetischem Betrieb.....	129
Abbildung 45: Gesamtübersicht Treibhauspotenzial Gebäude aufgeteilt.....	130

Abbildung 46: Gesamtübersicht Primärenergie nicht erneuerbar, Gebäude zu energetischem Betrieb, links	131
Abbildung 47: Gesamtübersicht Primärenergie nicht erneuerbar, Gebäude differenziert zu energetischem Betrieb, links.....	131
Abbildung 48: Zeitlicher Verlauf Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, hervorgehoben Haus B (orange) und Haus DII (grün)	134
Abbildung 49: Zeitlicher Verlauf Treibhauspotential, hervorgehoben Haus B (orange) und Haus DII (grün)	135
Abbildung 50: Anzahl der sanierten Gebäude, Sensitivitätsanalyse der Lebensdauer von Fenster und Fassade, 2011 - 2030 in Irland oben, in Malta unten	137
Abbildung 51: Heizwärmebedarf bei EPBD Neufassung und bei unterschiedlichen Lebensdauern von Gebäudekomponenten, Irland links, Malta rechts.....	138
Abbildung 52: Abweichungen der berechneten belastenden Umweltwirkungen in Abhängigkeit vom Betrachtungszeitraum	139

14.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über die untersuchten Varianten, Quelle: ACR	37
Tabelle 2: Endenergiebedarf Raumheizung über Kat. der therm. Qualität (HWB), Quelle: gbv	47
Tabelle 3: Betriebskosten von Passiv- und Niedrigenergiehäusern, Quelle: Schöberl	57
Tabelle 4: Befragungsergebnisse Innenraumbehaglichkeit, Zufriedenheit, Quelle: Rhomberg	66
Tabelle 5: Investitionskosten aller energierelevanten Teile, Neubau (Quelle: energy agency).....	75
Tabelle 6: Austria's greenhouse gas emissions by sector in the base year (1990) and in 2012 as well as their share and trend, Quelle LULUCV	114
Tabelle 7: Summary of Austria's anthropogenic greenhouse gas emissions by sector	115
Tabelle 8: Charakterisierung des Referenzgebäudes und der verglichenen Gebäudebeispiele	133
Tabelle 9: Lebensdauerfaktor für Gebäude für die Sensitivitätsanalyse für Irland und Malta	136