



# 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, 18.01.2015

|           |                                                                                                                                                    |            |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>1</b>  | <b>Einleitung.....</b>                                                                                                                             | <b>4</b>   |
| <b>2</b>  | <b>Fragestellungen zur Festlegung der Analyse Kriterien .....</b>                                                                                  | <b>5</b>   |
| <b>3</b>  | <b>Festlegung der zu analysierenden Publikationen .....</b>                                                                                        | <b>6</b>   |
| <b>4</b>  | <b>Durchführung und Ergebnisse der Voranalyse .....</b>                                                                                            | <b>9</b>   |
| <b>5</b>  | <b>Ergebnisse zu Frage A: Niveaus des rechnerischen Kostenoptimums der Gesamtenergieeffizienz .....</b>                                            | <b>12</b>  |
| 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         |
| <b>6</b>  | <b>Ergebnisse zu Frage B: Berechnetes Kostenoptimum im Vergleich zu praktischen Erfahrungen .....</b>                                              | <b>41</b>  |
| 6.1       | Liste der spezifisch relevanten Studien .....                                                                                                      | 41         |
| 6.2       | Ergebnisse aus den spezifisch relevanten Studien .....                                                                                             | 41         |
| <b>7</b>  | <b>Ergebnisse zu Frage C: Berücksichtigung von Lebensdauer und sonstigen Wechselwirkungen.....</b>                                                 | <b>57</b>  |
| 7.1       | Liste der spezifisch relevanten Studien .....                                                                                                      | 57         |
| 7.2       | Wechselwirkung von Gebäudelebensdauer und ökonomischen wie ökologischen Aspekten .....                                                             | 58         |
| 7.3       | Wechselwirkungen zwischen Energieeffizienz, Kostenoptimalität und Komfort .....                                                                    | 63         |
| 7.4       | Normenexzerpt zu Wechselwirkungen von Ökologie und Sozialem .....                                                                                  | 67         |
| 7.5       | Normenexzerpt: Aspekte umfassender Nachhaltigkeit .....                                                                                            | 69         |
| <b>8</b>  | <b>Ergebnisse zu Frage D: Kostenunterschiede der Bauweisen .....</b>                                                                               | <b>73</b>  |
| 8.1       | Liste der spezifisch relevanten Studien .....                                                                                                      | 73         |
| 8.2       | Ergebnisse aus den spezifisch relevanten Studien .....                                                                                             | 74         |
| <b>9</b>  | <b>Ergebnisse zu Frage E: Wissenschaftliche Qualität der Studien .....</b>                                                                         | <b>79</b>  |
| 9.1       | Normenexzerpt zur wissenschaftlichen Qualität.....                                                                                                 | 79         |
| 9.2       | Defizite der Primärstudien in Hinsicht auf die Durchführbarkeit einer Metastudie.....                                                              | 97         |
| <b>10</b> | <b>Ergebnisse zu Detailfrage f: Interpretationsspielraum in der Lebenszyklusanalyse .....</b>                                                      | <b>107</b> |
| <b>11</b> | <b>Ergebnisse zu Detailfrage g: Begründbarkeit der CO<sub>2</sub>-Gutschrift von Bauholz .....</b>                                                 | <b>109</b> |
| 11.1      | Liste der spezifisch relevanten Studien .....                                                                                                      | 109        |
| 11.2      | Bauholz als erneuerbare Ressource.....                                                                                                             | 111        |
| 11.3      | Lebenszyklische Betrachtung von CO <sub>2</sub> Gutschriften .....                                                                                 | 117        |
| 11.4      | Grundsätzliche Festlegungen zur Vermeidung von Doppelzählungen .....                                                                               | 126        |
| <b>12</b> | <b>Ergebnisse zu Detailfrage h: Anzusetzende Lebensdauer von Bauwerken.....</b>                                                                    | <b>128</b> |
| 12.1      | Wechselwirkung von Gebäudelebensdauer, ökonomischen Aspekten und den Umweltwirkungen aus CO <sub>2</sub> -Emissionen und Primärenergiebedarf ..... | 129        |

|           |                                                                                                       |            |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 12.2      | <i>Teilergebnisse aus Studien ohne direkten Bezug zur aktuellen Situation in Österreich .....</i>     | 134        |
| 12.3      | <i>Normenexzerpt zu anzusetzenden Gebäudelebensdauer .....</i>                                        | 141        |
| <b>13</b> | <b>Ergebnisse zu Detailfrage i: Bilanz unterschiedlicher energietechnischer Gebäudekonzepte .....</b> | <b>155</b> |
| <b>14</b> | <b>Anhang .....</b>                                                                                   | <b>156</b> |
| 14.1      | <i>Abbildungsverzeichnis .....</i>                                                                    | 156        |
| 14.2      | <i>Tabellenverzeichnis .....</i>                                                                      | 157        |

# 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 ein 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 ausgewählten Studien und Grundsatzpapiere einer systematisch vergleichenden Analyse unterzogen.

## 2 Fragestellungen zur Festlegung der Analysekriterien

### Fragestellungen

- A** Welche Niveau 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> Gutschriften.
- i** Anhand der ausgewählten Studien vergleichend analysiert werden soll die ökologische (PEB, CO<sub>2</sub>) 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 Regelwerke 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\_o3 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, hin gesichtet.

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 beiden 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 Frage 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 CO<sub>2</sub>-Gutschrift von Bauholz**

Nur zwei der untersuchten Studien beschäftigen sich explizit mit dieser Frage, 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 Frage A in sieben der 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 e wurde daher auf Basis dieser Studie und der genannten Normenrecherche, jenseits der Methodik einer Metastudie, fachlich interpretativ bearbeitet.

Siehe Kapitel o.

#### **Detailfrage i: Bilanz unterschiedlicher energietechnischer Gebäudekonzepte**

Die Frage 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**

- o2\_01 Kostenoptimalität, e7, 11\_2012
- o2\_02 Kostenoptimalität, energy agency, 12\_2012
- o2\_03 Kostenoptimalität TU-Wien, Bednar, 2013
- o2\_04 Kostenoptimalität, OIB, 03\_2014
- o2\_08 Kostenoptimales Anforderungsniveau für Wohnungsneubauten in Vbg, e7+EIV, 2013
- o3\_01 Bauen 2020 - Gebäudesystemvergleich, DUK, 11\_2012
- o3\_07 Innovative Gebäudekonzepte im Vergleich, ACR, 2014
- o3\_09 Gebäude maximaler Energieeffizienz mit integrierter erneuerbarer Energieerschließung, bm:vit, Nachhaltig Wirtschaften, 06\_2012
- o6\_01 Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung)
- o6\_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)

## 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/m<sup>2</sup> Nutzfläche/Jahr) und die Gesamtkosten (y-Achse: EUR/m<sup>2</sup> 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 VWS, das EFH wird als Ziegel mit VWS 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  $HWB = 41 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$  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 mit im Einklang 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 Lüftungszentrale 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 wurden, wurden die Rohbau- und Ausbaukosten jenseits der Kosten von Wärmedämmung und Fenster nicht berücksichtigt.

Die Ergebnisse des 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.



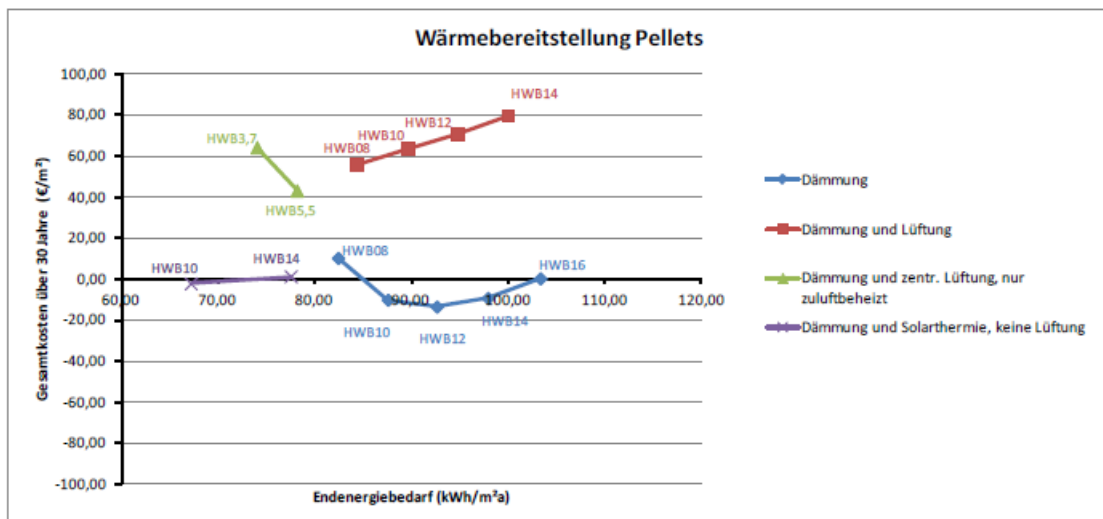


Abbildung 1: Berechnungsergebnisse für das pelletsversorgte Referenzgebäude MFH klein – Darstellung der Differenzkosten im Vergleich zur Variante HWB-Linie 16 (Anforderungsniveau der gegenwärtigen Bauordnung), Quelle: e7

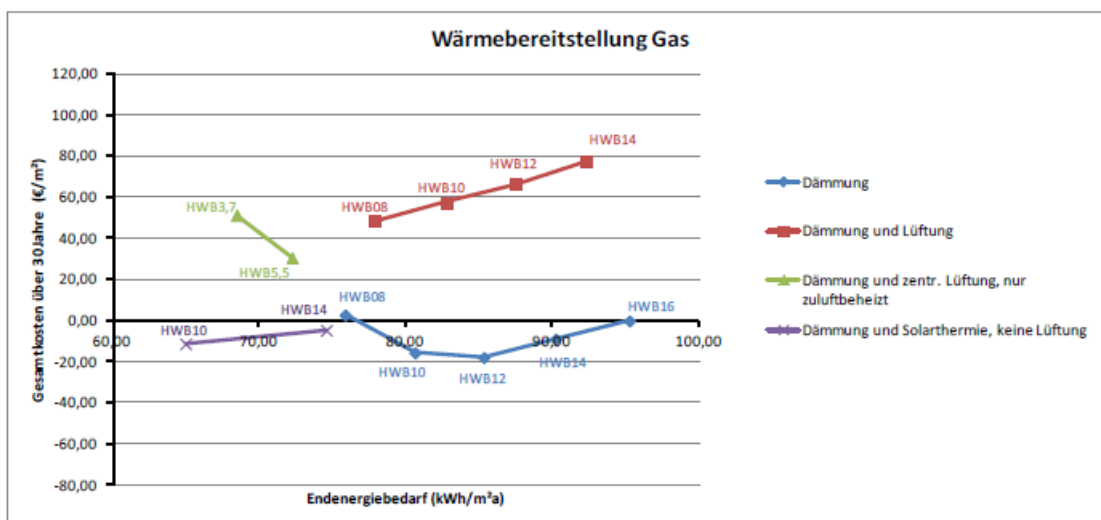


Abbildung 2: Berechnungsergebnisse für das gasversorgte Referenzgebäude MFH klein – Darstellung der Differenzkosten im Vergleich zur Variante HWB-Linie 16 (Anforderungsniveau der gegenwärtigen Bauordnung), Quelle: e7

- Nach dieser Studie ergibt sich (blaue Linie) also für das gasbeheizte MFH klein mit Fensterlüftung ein Kostenoptimum bei HWB 12er-Linie oder HWB = 30 kWh/m<sup>2</sup><sub>BGFa</sub>, mit Differenzkosten gegenüber einem Haus der Mindestanforderung von HWB 16er-Linie oder HWB = 41 kWh/m<sup>2</sup><sub>BGFa</sub> innerhalb des Berechnungszeitraums von -20 EUR/m<sup>2</sup><sub>BGF</sub>, in beiden Fällen ohne Berücksichtigung einer Lüftungsanlage.
- 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 HWB 5,5er-Linie erreicht. Wobei bei dieser Kategorisierung der Effekt der Energieeinsparung durch die Wärmerückgewinnung in den HWB

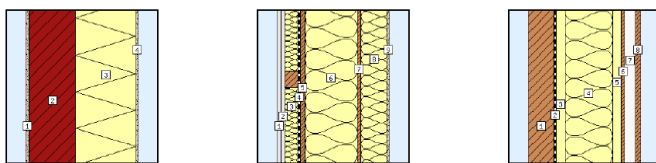
eingerechnet wird. Im Sinne des Nationalen Plans entspräche ein solches Gebäude der 10er-Linie.

- Mit Solaranlage für Warmwasserbereitung (violette Linie) von 2,5m<sup>2</sup> Kollektorfläche je Wohnung ergeben sich Differenzkosten gegenüber den Varianten gleicher HWB-Linie ohne Solaranlage von weniger als +10 EUR/m<sup>2</sup><sub>BGF</sub>, bei gleichzeitig um 25 kWh/m<sup>2</sup><sub>BGFa</sub> 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) vorgenommen.



**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/m<sup>2</sup><sub>BGFa</sub> bis HWB = 15 kWh/m<sup>2</sup><sub>BGFa</sub> abgedeckt, bei einer charakteristische Länge von 2,47 m 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. Ersatz 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 wird zusätzlich zu den Kosten aus „finanzieller“ Perspektive, also inklusive Mehrwertsteuer aber exklusive externer Kosten werden auch Kosten aus „Makroökonomischer“ Perspektive angegeben, also exklusive Mehrwertsteuer aber inklusive externer Kosten wie insbesondere CO<sub>2</sub>-Emissionskosten.

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

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

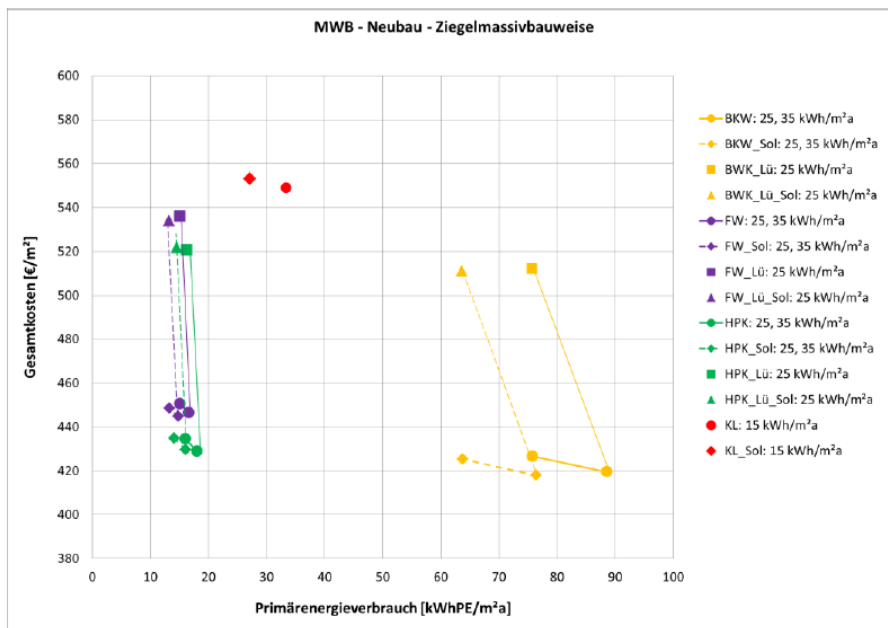


Abbildung 4: Ergebnisse aus finanzieller Persp.: MWB-Neubau in Ziegelbauweise (Quelle: ea)

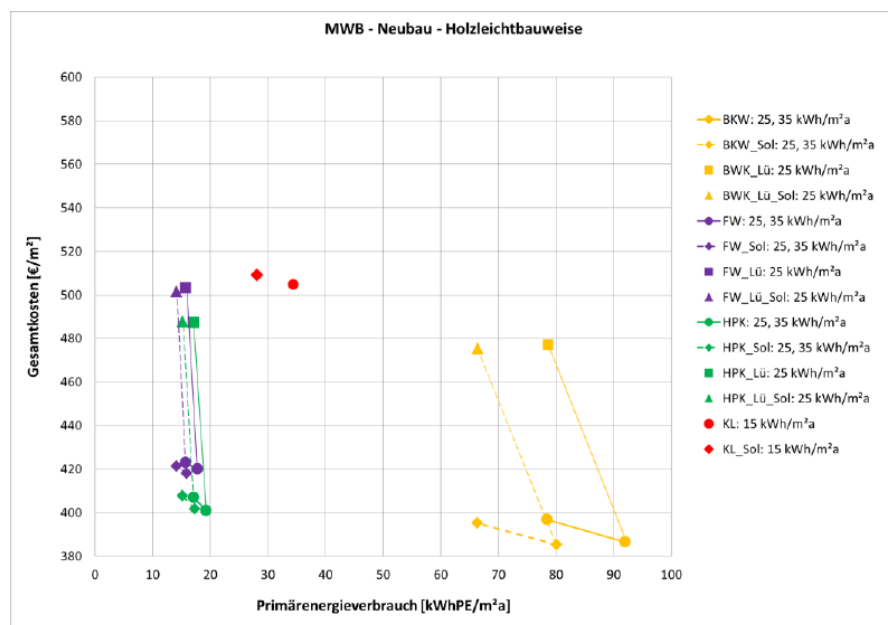


Abbildung 5: Ergebnisse aus finanz. Persp.: MWB-Neubau in Holzleichtbauweise (Quelle: ea)

- Nach dieser Studie ergeben sich (durchgezogene Linie zwischen runden Markierungen, im Diagramm immer bezogen auf den nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf) also, für die untersuchten Konstellationen ein Kostenoptima im Bereich von HWB=35 kWh/m²a (16er-Linie) bis HWB=25 kWh/m²a (<12er-Linie).

- Es bestätigt sich wieder ein ausgeprägt flaches Kostenoptimum, mit Kostenunterschieden zwischen 16er- und <12er-Linie von 10,- EUR/m<sup>2</sup> und weniger.
- Der zusätzliche Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung in das Gebäude HWB=35 kWh/m<sup>2</sup>a bei gleichbleibender Wärmedämmung (durchgezogene Linie zur quadratischen Markierung) bewirkt eine Kostensteigerung um ca. 80,- EUR/m<sup>2</sup><sub>BGF</sub> bei Senkung des nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs um bis zu 12 kWh/m<sup>2</sup><sub>BGFa</sub>.
- Das Gebäude mit Lüftungsanlage, WRG und ausschließlich Luftheizung mittels Kompakt-WP-Aggregat (HWB = 15 kWh/m<sup>2</sup><sub>BGFa</sub> bzw. 12er-Linie im Sinne des Nationalen Plans), weist gegenüber den kostenoptimalen Varianten Mehrkosten von ca. 120,- EUR/m<sup>2</sup><sub>BGF</sub> auf, auch gegenüber solchen, die primärenergetisch besser sind.
- Mit Solaranlage für Warmwasserbereitung (unterbrochene Linien) von 2,0 m<sup>2</sup> Kollektorfläche je Wohnung ergeben sich, bei starker Abhängigkeit vom Hauptheizsystem, Differenzkosten gegenüber den Varianten mit gleichem HWB ohne Solaranlage von bis zu +20 EUR/m<sup>2</sup><sub>BGF</sub>, bei gleichzeitiger Senkung des Primärenergiebedarfs um bis 12 kWh/m<sup>2</sup><sub>BGFa</sub>.
- Im Kostenvergleich zwischen den drei Konstruktionstypen werden die in diesem Vergleich berücksichtigten Teilkosten der Ziegelbauweise um ca. 30,- bis 40,- EUR/m<sup>2</sup><sub>BGF</sub> 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/m<sup>2</sup><sub>BGF</sub> niedriger.

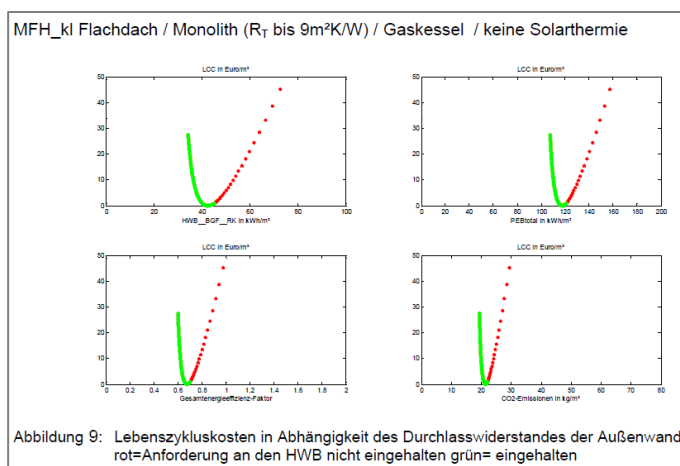
### 5.3.3 02\_03 Kostenoptimalität TU-Wien, Bednar, 2013

- 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 Wahl der Fenster ist nicht eindeutig zugeordnet.
- Die Berechnungen des zu erwartenden Energieverbrauchs wurden für reale 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 CO<sub>2</sub>-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.

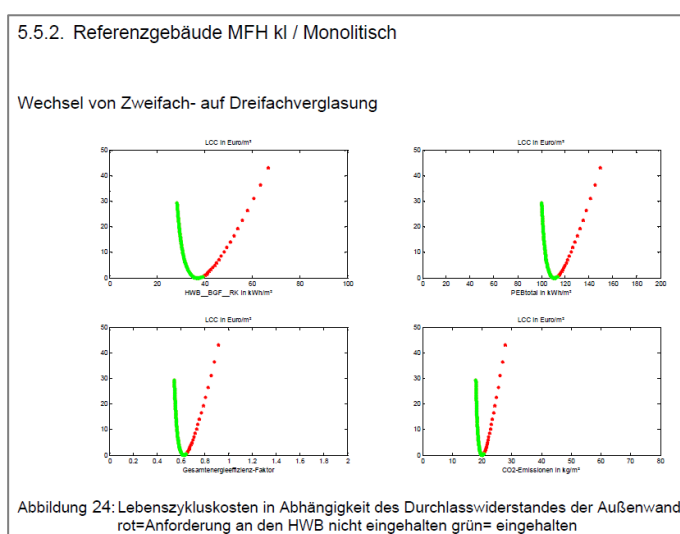
- Die angesetzten Kosten für Energie und für die Dämmmaßnahmen werden angegeben. Eine Quelle für die getroffenen Festlegungen wird nicht angegeben.
- Es werden nur die Kosten jener Komponenten angegeben, deren Variation die Gesamtenergieeffizienz direkt beeinflusst. Zur Berücksichtigung von Restwerten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

Die Ergebnisse des kostenoptimalen Niveaus werden dargestellt über alternativ dem der HWB, dem  $f_{GEE}$ , dem gesamte Primärenergiebedarf und den CO<sub>2</sub>-Emissionen. Es werden stets nur die Differenzkosten, ansteigend von der Null-Linie des jeweiligen Kostenoptimums aufgetragen, womit ein Quervergleich zwischen den einzelnen Varianten unmöglich ist. Es wird außerdem durch Farbcodierung angezeigt, welchen Punkt in der sich ergebenden Kurve die geltenden Wärmeschutzanforderungen markieren.

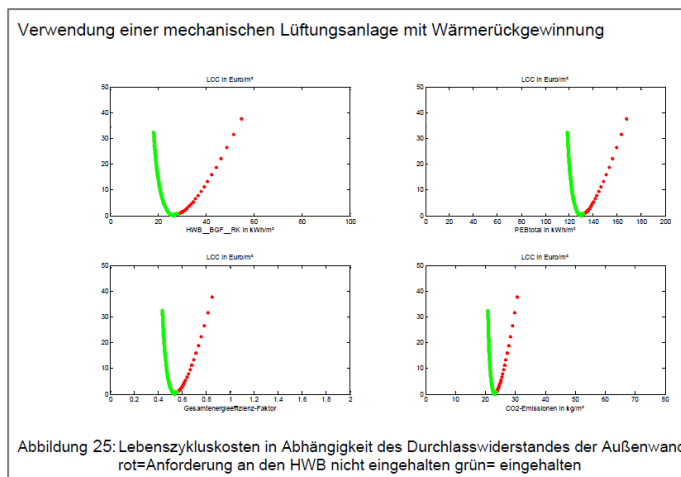
Nachfolgende Diagramme zeigen die so berechneten Kostenoptima für das Referenzgebäude MFH klein (6 Wohnungen,  $l_c = 1,9$  m) für die monolithische Ziegelbauweise.



**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, kostenseitig 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. 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 CO<sub>2</sub>-Emissionen gewählt.
- Der Berechnungszeitraum ist für Wohngebäude mit 30 Jahren, für Dienstleistungsgebäude mit 20 Jahren angesetzt
- Die kalkulatorischen Nutzungszeiträume der einzelnen Komponenten werden wie folgt 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. Ersatz und Restewerte werden für diese Komponenten berücksichtigt.
- Im Einklang mit der delegierten Verordnung (EU) Nr. 244/2012 wird zusätzlich zu den Kosten aus „finanzieller“ Perspektive, also inklusive Mehrwertsteuer aber exklusive externer Kosten werden auch Kosten aus „Makroökonomischer“ Perspektive angegeben, also exklusive Mehrwertsteuer aber inklusive externer Kosten wie insbesondere CO<sub>2</sub>-Emissionskosten.

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.

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



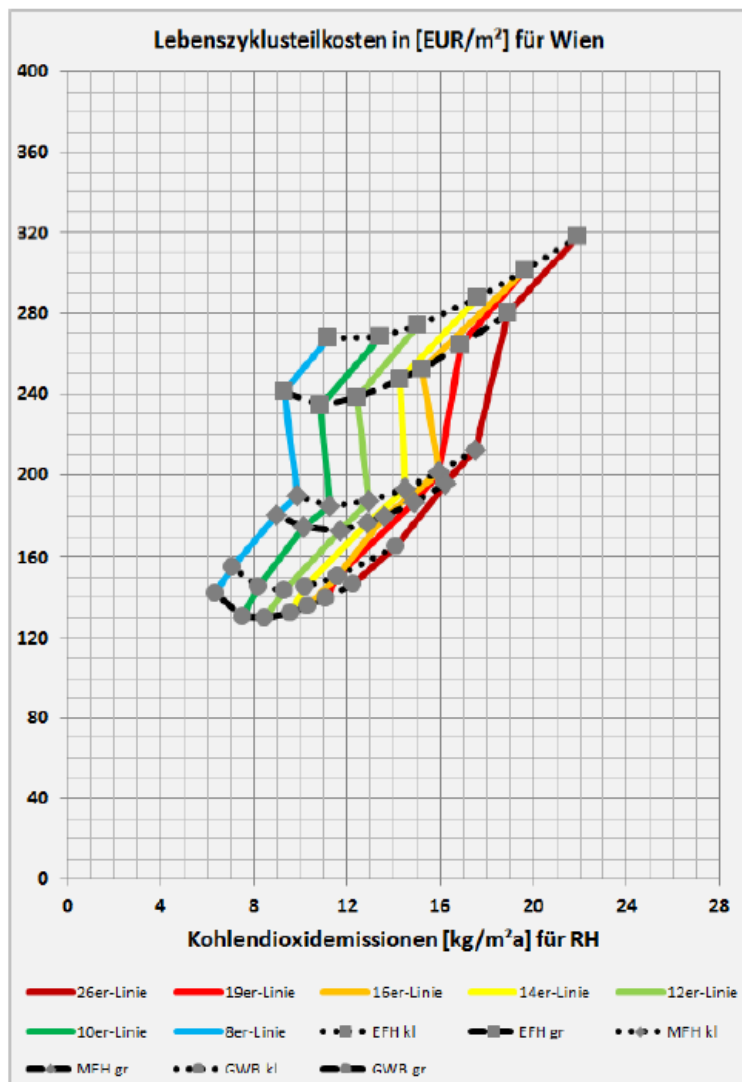


Abbildung 35: Lebenszyklusteilkosten für Wien über den Kohlendioxidemissionen

Abbildung 11: Lebenszykluskosten für Wohnen Neubau für Wien über den CO<sub>2</sub>-Emissionen,  
Quelle: OIB

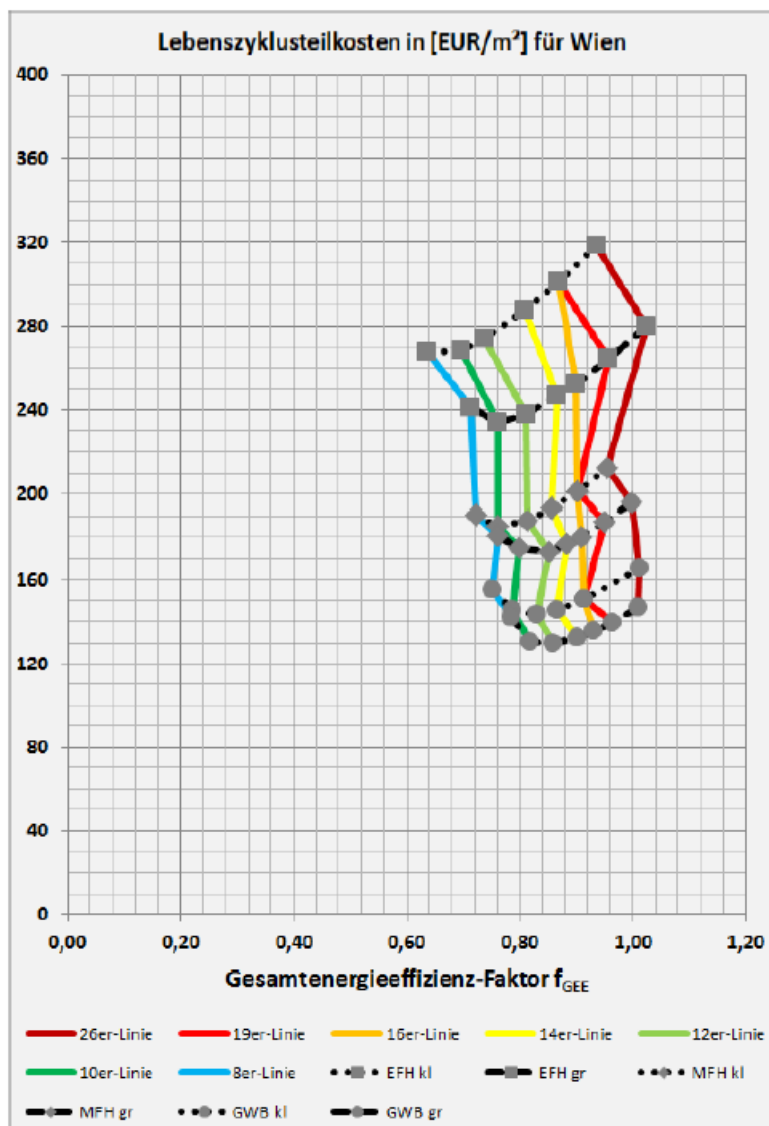


Abbildung 36: Lebenszyklusteilkosten für Wien über dem Gesamtenergieeffizienz-Faktor

**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 kleines MFH, Massivbau für großes MFH) in den Vergleich mit aufgenommen.
- Die Varianten des Wärmeschutzniveaus werden mit fünf Hüllqualität (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 zwischen 4,1 und 10,2 kWh/m<sup>2</sup><sub>EBFa</sub> 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 im Einklang 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 wurden Daten aus anderen Kostenerhebungen in Vorarlberg verwendet. Alle Kosten wurden auf das Preisniveau 2013 indexangepasst. Nur für den Zweck der Ermittlung relativer Mehrkosten wurden ergänzend auch die Gesamt-Bauwerkskosten aus aktuellen Vorarlberger Kostenstudien geschätzt.
- Es werden Anfangsinvestitionskosten der energierelevanten Bauteile und Komponenten, Planungskosten, Wartungs- und Instandhaltungskosten sowie Energiekosten berücksichtigt. nur die Kosten jener Komponenten berücksichtigt. Ersatz und Restwerte werden 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/m<sup>2</sup><sub>EBF</sub> und beim Einfamilienhaus von knapp über 200 EUR/m<sup>2</sup><sub>EBF</sub>. Siehe die folgende Abbildung 13.

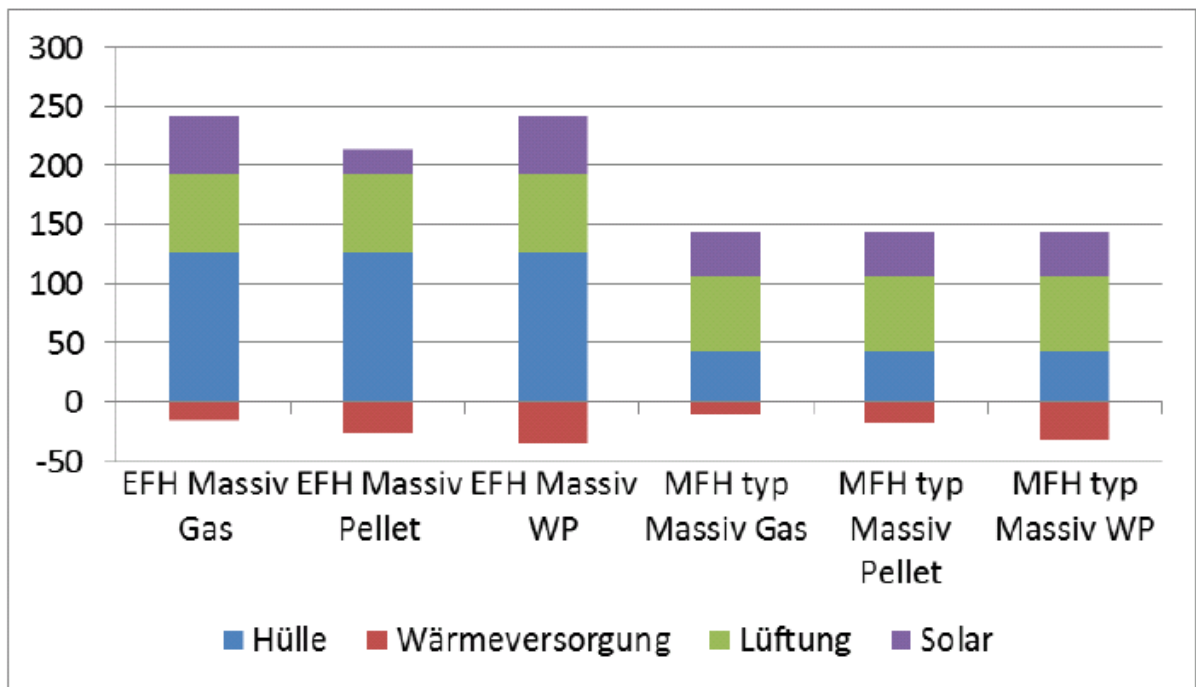


Abbildung 13: Zusammensetzung der Mehr- und Minderkosten der Passivhausvariante mit Solaranlage gegenüber der Variante mit Hülle nach Mindestanforderung OIB RL 6, ohne Solaranlage und mit gleichem Wärmeversorgungssystem [EUR/m²EBF]

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

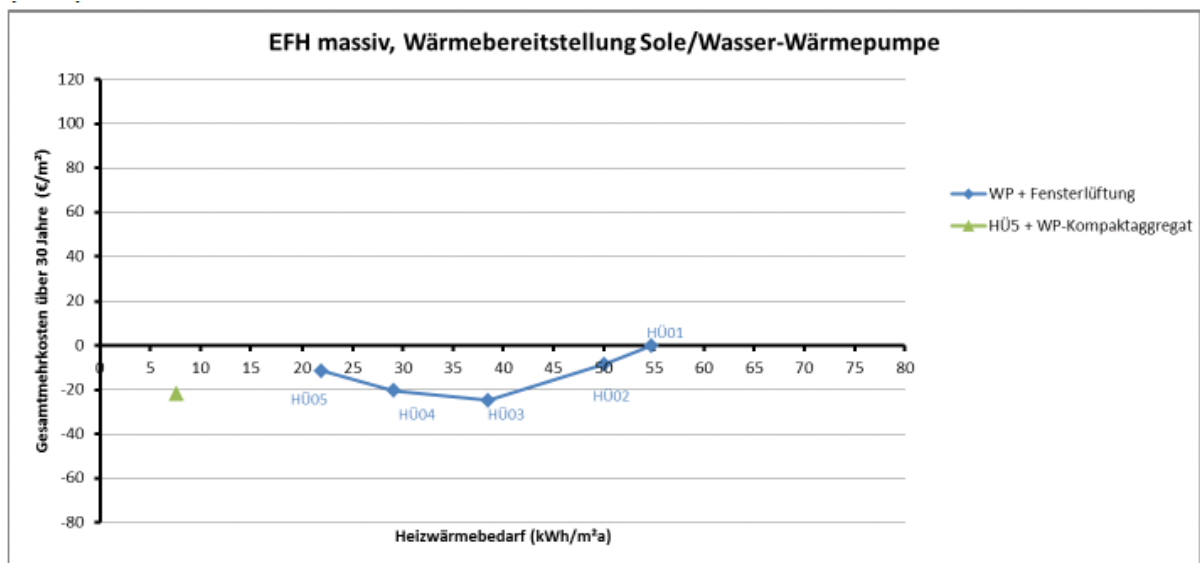


Abbildung 14: Kostenoptimum bezüglich des HWB für die Massivbauvariante des Einfamilienhauses mit WP

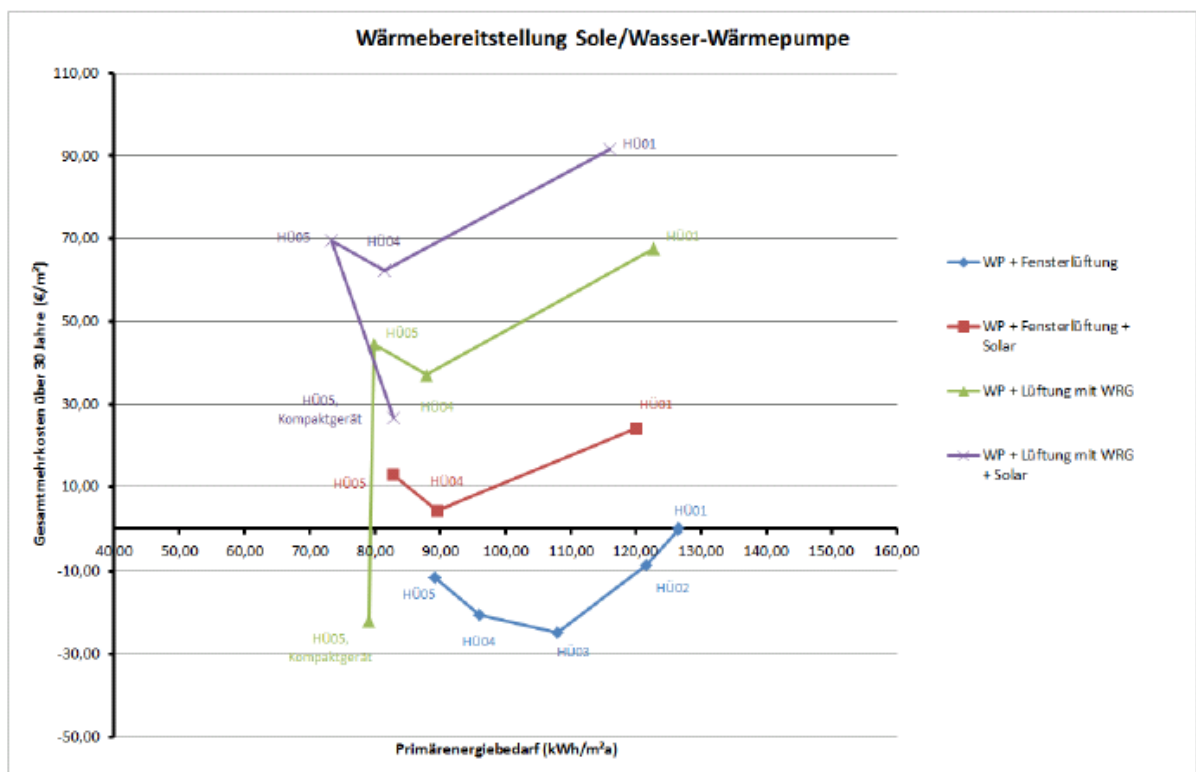


Abbildung 15: Berechnungsergebnisse für die Massivbauvarianten des EFH Massivbauweise mit Wärmepumpenheizung

Das Kostenoptimum bezüglich des HWB liegt für die Variante mit Erdreich-Sole-WP bei Hüllqualität 3 mit etwa 38 kWh/m<sup>2</sup><sub>BGFa</sub>.

Die Gebäudevariante in Hüllqualität 3 hat in 30 Jahren um 25 EUR/m<sup>2</sup>BGF niedrigere Kosten als die Referenzvariante nach Mindestanforderungen OIB RL 6 (2011) mit einem HWB von 54,8 kWh/m<sup>2</sup>BGFa.

Die Variante in Hüllqualität 5 (HÜ5 = Passivhaus ohne Komfortlüftung) hat einen Heizwärmebedarf von etwa 22 kWh/m<sup>2</sup>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 und Wärmepumpen-Kompaktaggregat. Diese Variante hat einen Heizwärmebedarf von 7,6 kWh/m<sup>2</sup>BGFa und ist in 30 Jahren um 22 EUR/m<sup>2</sup>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% für das Einfamilienhaus und bei 6,2 bis 8,8% 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 bedarfsspezifische Berechnungsgrundlagen.

#### Methodik

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/m<sup>2</sup>BGFa, TQ 25 mit HWB = 25 kWh/m<sup>2</sup>BGFa, TQ 45 mit HWB = 45 kWh/m<sup>2</sup>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](http://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.

- 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%. Beim 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 daher 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 CO<sub>2</sub>-Emissionen der Errichtung exemplarisch für Ziegel monolithisch und Holzleichtbau mit mineralischer Dämmung, inklusive Keller, dessen Anteil an den gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen beim Massivbau mit ca. 37% und beim Holzbau fast 50% beträgt.

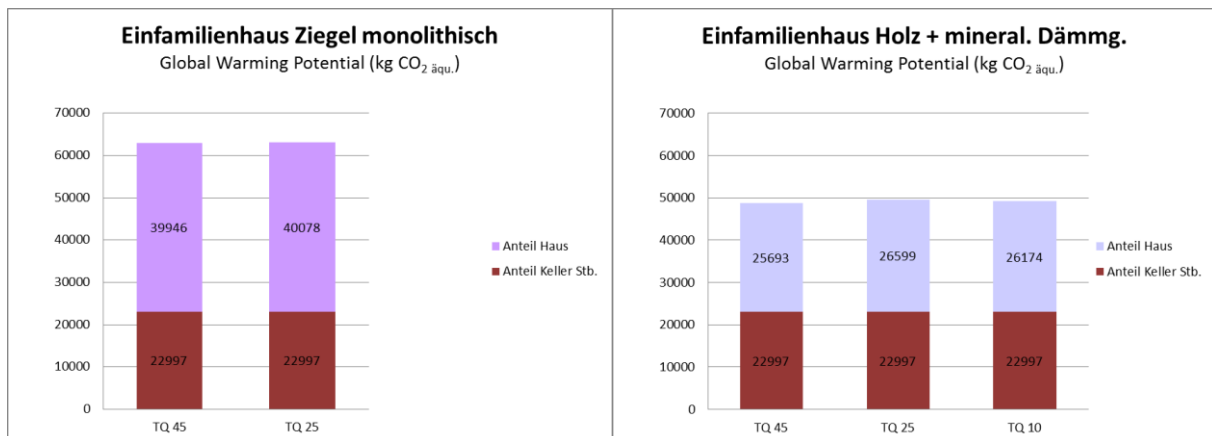
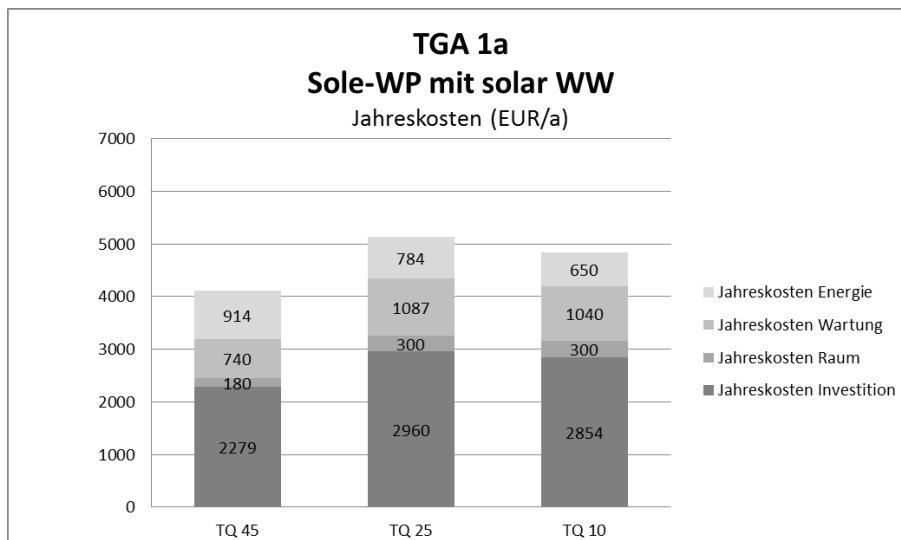


Abbildung 16: Vergleich der Treibhausgasemissionen der Errichtung

## 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 TQ<sub>45</sub> und TQ<sub>25</sub> entsteht aufgrund der in diesem Schritt eingeführten, und mit EUR 14.000,- Investitionskosten auch hoch bewerteten Lüftungsanlage.

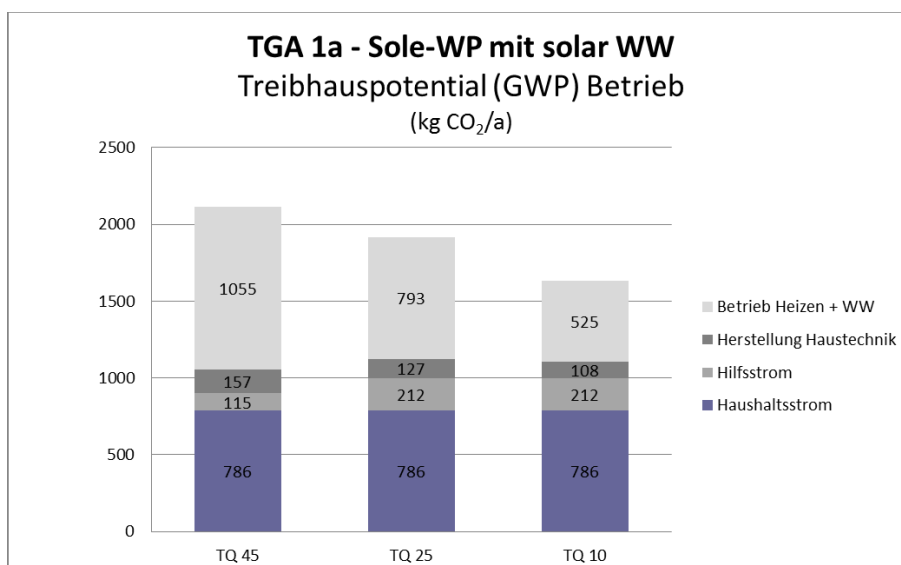




**Abbildung 17: Jahreskosten des gebäudetechnischen Systems Sole WP mit solarer WWB**

### 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: CO<sub>2</sub>-Emissionen Gebäudebetriebs des Systems Sole WP mit solarer WWB**

Insgesamt dokumentiert postuliert diese Studie, mit konservativen Kostenansätzen, die rein finanzielle Unwirtschaftlichkeit des Einbaus einer Lüftungsanlage und der weiteren Verbesserung des Wärmeschutzniveaus von 25 nach 10 kWh/m<sup>2</sup><sub>BGFa</sub>. 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. Auch dieses Ergebnis wird etwa 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 bedarfsspezifische 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 wurden 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 normegerecht 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 Restewerte werden berücksichtigt.

- Die kalkulatorischen Nutzungsdauern für sowohl die LCA als auch das LCC wurden von der TU-Graz, Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie mit angeschlossener TVFA, durchgeführt.

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.       |          | <b>Ziegelbauweise</b>                            |         |
|          | 1.1.     |          | <b>Niedrigenergiehaus (NEH)</b>                  |         |
| 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.     |          | <b>Sonnenhaus (SH)</b>                           |         |
| 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.     |          | <b>Passivhaus (PH)</b>                           |         |
| 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.     |          | <b>Plusenergiehaus (PEH)</b>                     |         |
| 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.       |          | <b>Betonbauweise</b>                             |         |
|          | 2.1.     |          | <b>Niedrigenergiehaus (NEH)</b>                  |         |
| 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.     |          | <b>Sonnenhaus (SH)</b>                           |         |
| 15       | 2.2.1.   | B-S-W-E  | Beton + WDVS + Einzelofen                        | SH      |
|          | 2.3.     |          | <b>Passivhaus (PH)</b>                           |         |
| 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.     |          | <b>Plusenergiehaus (PEH)</b>                     |         |
| 18       | 2.4.1.   | B-E-W-W  | Beton + WDVS + Wärmepumpe                        | PEH     |
|          | 3.       |          | <b>Holzspanbeton</b>                             |         |
|          | 3.1.     |          | <b>Niedrigenergiehaus (NEH)</b>                  |         |
| 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.     |          | <b>Sonnenhaus (SH)</b>                           |         |
| 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.     |          | <b>Passivhaus (PH)</b>                           |         |
| 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.     |          | <b>Plusenergiehaus (PEH)</b>                     |         |
| 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.       |          | <b>Holz</b>                                      |         |
|          | 4.1.     |          | <b>Niedrigenergiehaus (NEH)</b>                  |         |
| 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.     |          | <b>Sonnenhaus (SH)</b>                           |         |
| 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.     |          | <b>Passivhaus (PH)</b>                           |         |
| 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.     |          | <b>Plusenergiehaus (PEH)</b>                     |         |
| 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

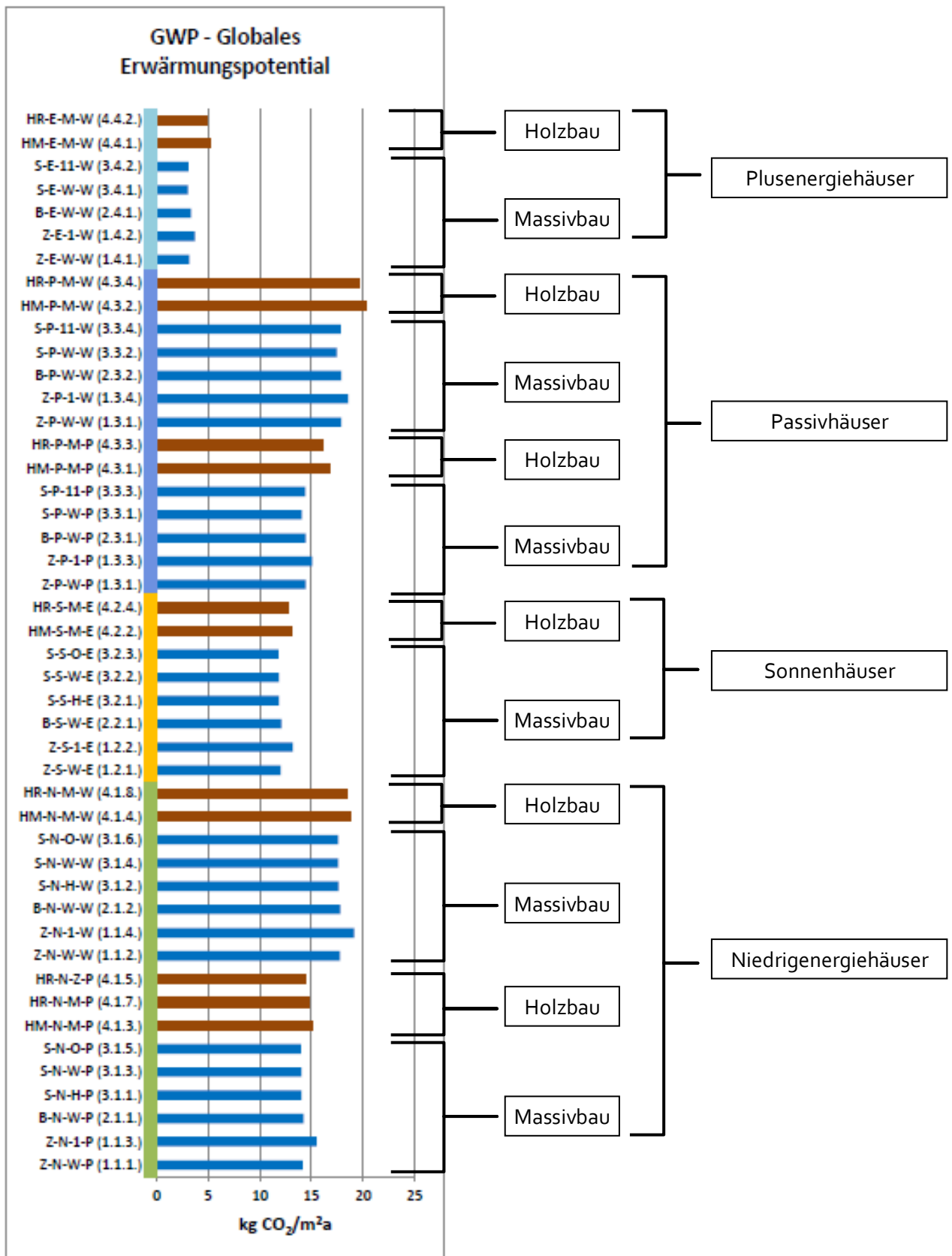


Abbildung 19: Vergleich des Treibhauspotentials aller Gesamtgebäudevarianten, Bilanzierungszeitraum 100 Jahre, Quelle: ACR

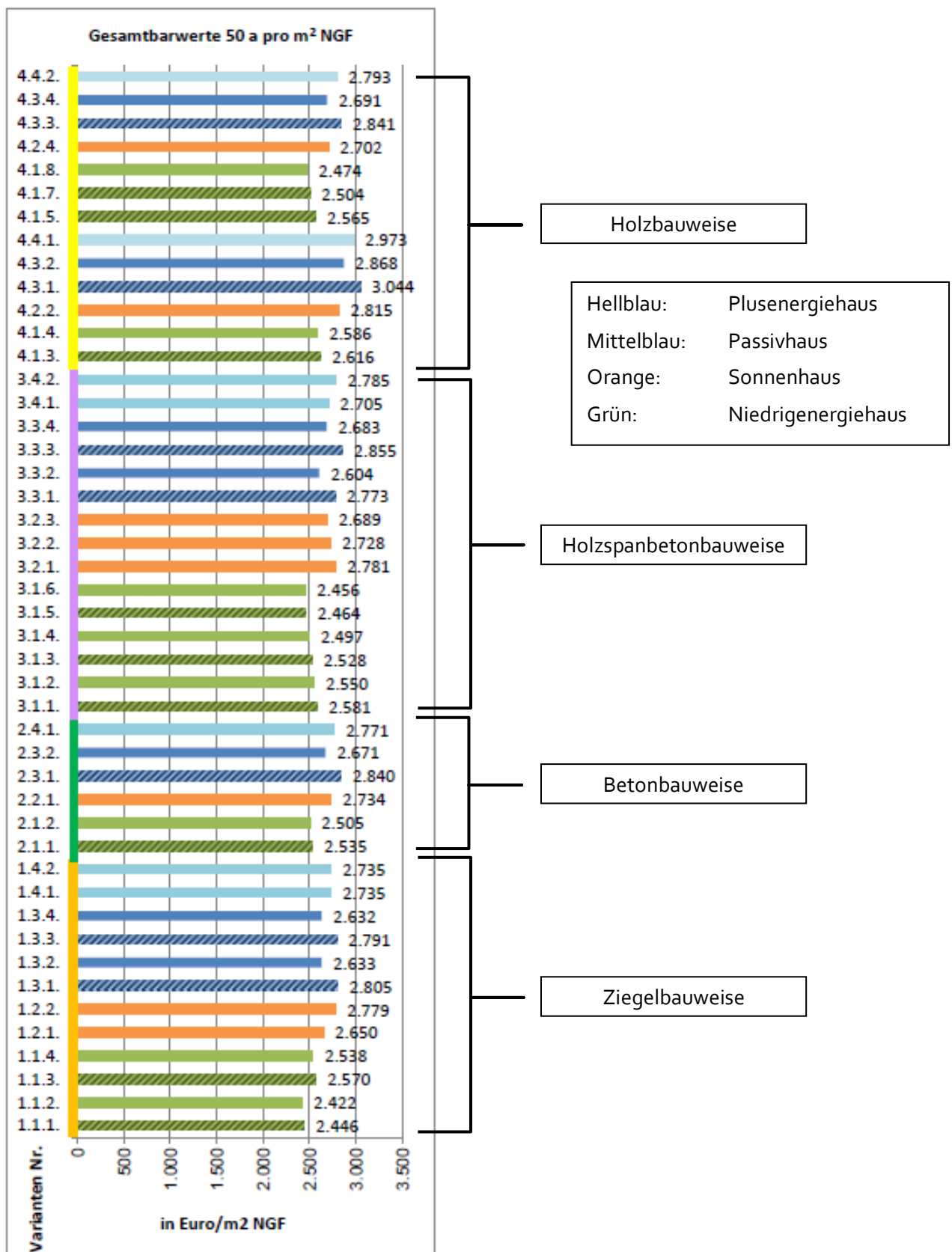


Abbildung 20: Gegenüberstellung der Gesamtbarwerte in Euro pro m² Nettogeschoßfläche, Bilanzierungszeitraum 50 Jahre, Quelle: ACR

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/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>, bei einer Bandbreite  $\pm 14\%$  oder  $\pm 371$  EUR/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub> um den Mittelwert..
2. Die Gruppe der Niedrigenergiehäuser wird mit einem Mittelwert über alle Baustoffkategorien und Wärmeerzeuger von 2.520 EUR/m<sup>2</sup><sub>NF</sub> als der kostengünstigste Energiestandard ausgewiesen. Die Gruppe der Sonnenhäuser wird mit einem Mittelwert der Gesamtbarwerte von 2.735 EUR/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>, jene der Passivhäuser mit 2.767,- EUR/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub> und jene der Plusenergiehäuser mit 2.785,- EUR/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub> 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 CO<sub>2</sub>-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 aber pro Jahr eine 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 entwickelt und skizziert Lösungen für das das in dieser Studie außer Streit gestellte Ziel der der forcierten Umsetzung von Plusenergiegestandard in sowohl Neubau als auch Sanierung.

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

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

### 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  $\text{HWB}_{\text{OIB}} = 9,03 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$  geplant wurde und das andere als Niedrigenergiehaus (NEH) mit  $\text{HWB}_{\text{OIB}} = 33,23 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$ . 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 tatsächlichen mittleren Raumtemperaturen wurden im PH mit  $22,3^\circ\text{C}$  und im NEH mit  $22,1^\circ\text{C}$  gemessen. Weiters zeigte sich ein unterschiedlicher Zustimmungsggrad 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 Beschattung des PH hin.

- 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  $\text{HWV} = 41,9 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$  anstelle von berechnet  $9,03 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$ . 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 Warmegewinne 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 Warmegewinne 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 gemeinsam mit der oben genannten geringen Belegungsdichte ist darin die wesentliche Ursache der trockenen Innenraumluft und eine wahrscheinliche Ursache einer Steigerung des HWV um bis zu  $10 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$  abgeschätzt begründet.
- Die gemessenen Raumtemperaturen in beiden Häusern betragen ca.  $22^\circ\text{C}$ , 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, 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 im gegenständlichen Bericht Kapitel 7.3, Wechselwirkungen zwischen Energieeffizienz, Kostenoptimalität und Komfort.

## 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 „ $HWB < 12 \text{ kWh/m}^2_{BGFa}$ “ und „ $HWB > 125 \text{ kWh/m}^2_{BGFa}$ “.

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  $23 \text{ kWh/m}^2_{BGFa}$  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, wurden somit weder an schwankende klimatische Verhältnisse, noch an erhöhte Innenraumtemperaturen oder an 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 mit im Mittel 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). Ebenso 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, sowie um die Kostenanteile eventueller Tiefgaragen, sowie um Aufzugserrichtungskosten in einigen „kleinen“ Objekten mit sowie 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/m<sup>2</sup>a.

Es beträgt der mittlere berechnete Heizwärmebedarf 59 kWh/m<sup>2</sup><sub>BGFa</sub>, 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/m<sup>2</sup><sub>BGFa</sub>, der Heizenergieverbrauch sogar unter dem HWB liegt, während er mit zunehmend besserer thermischer Qualität, also 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/m<sup>2</sup><sub>BGFa</sub>) nur eine Bandbreite des Heizenergieverbrauchs von 1:3,33 (30 bis 100 kWh/m<sup>2</sup><sub>BGFa</sub>) 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  $\text{HWB} > 30 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$  vor diesem Hintergrund als valide und erklären Differenzen zu diesen Vergleichsstudien im Bereich  $\text{HWB} < 30 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$  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  $30 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$  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  $50 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$  mit oder ohne Lüftungsanlage einer Erklärung. Und so deutet etwa der verblüffend niedrige Heizenergieverbrauch der Gruppe HWB 125+ auf markante Besonderheiten dieser Wohnanlage(n) hin, etwa auf Teilleerstände.

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

| Objekttyp nach<br>HWB und Lüftung<br>HWB in $\text{kWh/m}^2_{\text{BGF}}$ a | ALLE OBJEKTE                                 |                  |                  | NEUBAU/ALTBAU ohne SAN                       |                  |                  | SANIERTE OBJEKTE                             |                  |                  |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------|------------------|----------------------------------------------|------------------|------------------|----------------------------------------------|------------------|------------------|
|                                                                             | mittlerer Jahres-<br>Verbrauch in<br>kWh pro |                  |                  | mittlerer Jahres-<br>Verbrauch in<br>kWh pro |                  |                  | mittlerer Jahres-<br>Verbrauch in<br>kWh pro |                  |                  |
|                                                                             | HWB pro                                      |                  |                  | HWB pro                                      |                  |                  | HWB pro                                      |                  |                  |
|                                                                             | $\text{m}^2$ BGF                             | $\text{m}^2$ BGF | $\text{m}^2$ WNF | $\text{m}^2$ BGF                             | $\text{m}^2$ BGF | $\text{m}^2$ WNF | $\text{m}^2$ BGF                             | $\text{m}^2$ BGF | $\text{m}^2$ WNF |
| HWB bis 12<br>(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               |
| <b>GESAMT</b>                                                               |                                              | 61               | 80               |                                              | 62               | 82               |                                              | 59               | 78               |
| <b>GESAMT<br/>mit Angabe HWB</b>                                            | 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 Kategorien 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/m<sup>2</sup><sub>BGFA</sub> an, und damit mit etwa der Hälfte der rechnerischen Reduktion des HWB von rund 50 kWh/m<sup>2</sup><sub>BGFA</sub>.

Für aktuelle Sanierungsmaßnahmen wird die Reduktion des Energieverbrauchs aufgrund der gestiegenen Sanierungsintensität mit 34 kWh/m<sup>2</sup><sub>BGFA</sub> 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 Werte des Hilfsstromverbrauchs für Lüftungssysteme in Passiv- und Niedrigstenergiebauten von 2,9 kWh/m<sup>2</sup><sub>BGFA</sub>, was am unteren Rand der Bandbreite liegt, die etwa in der Referenzstudie von Schöberl 2012 angegeben wird (dort: 2,8 – 5,9 kWh/m<sup>2</sup><sub>BGFA</sub>).

### **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 m<sup>2</sup> 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/m<sup>2</sup><sub>NGFmon</sub> bis 90 Cent/m<sup>2</sup><sub>NFA</sub> und demnach eine Spannweite von 50 Cent/m<sup>2</sup><sub>NFmon</sub> ab, was inklusive USt. eine Spannweite von 7 EUR/m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub> ergibt.

### **Ergebnisse für das Kostensenkungspotenzial von Sanierungen**

Für aktuelle Sanierungsmaßnahmen wird von den AutorInnen eine Reduktion des Energieverbrauchs von 34 kWh/m<sup>2</sup><sub>BGFA</sub> angenommen(s.o.), woraus sich laufende Ersparnis von etwa 27 Cent/m<sup>2</sup><sub>NGFmon</sub> (exkl. Umsatzsteuer), oder eine jährliche Ersparnis von etwa 4 EUR/m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub> (inkl. USt.), ergibt.

## Ergebnisse für Wartungskosten von Solaranlagen und Lüftungsanlagen

Wartungskosten der Lüftungsanlagen ergaben sich zwischen rund 3 und 12 Cent/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>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/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>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/m<sup>2</sup><sub>BGF</sub>anur in einer Bandbreite von etwa ±10% oder ±6 Cent/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>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**

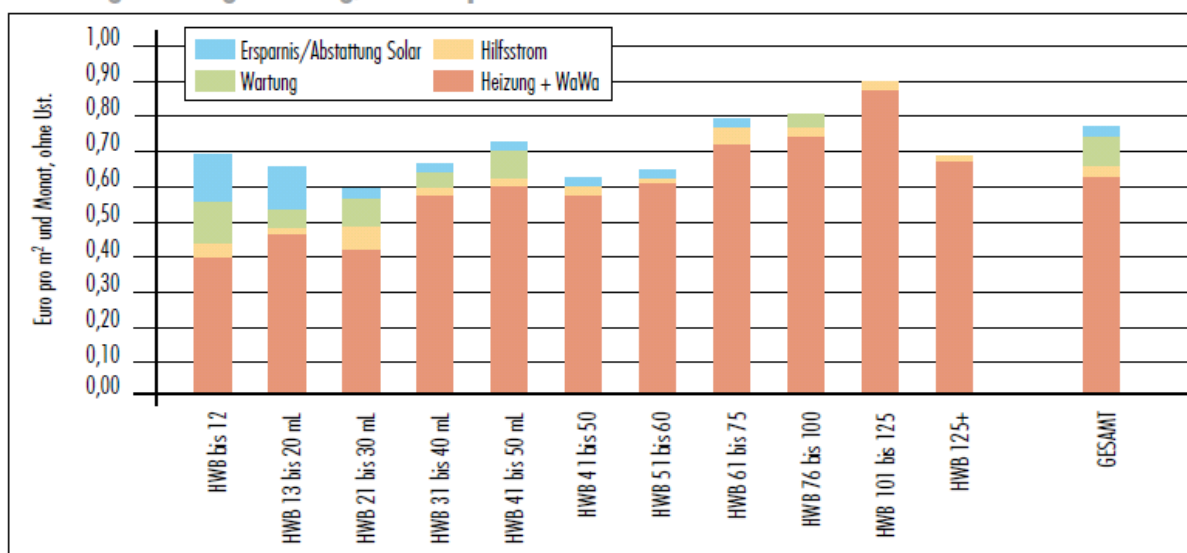


Abbildung 21: Summe der Energie- und Wartungskosten pro m<sup>2</sup> NF, Quelle: gbv

## Ergebnisse für die Errichtungskosten

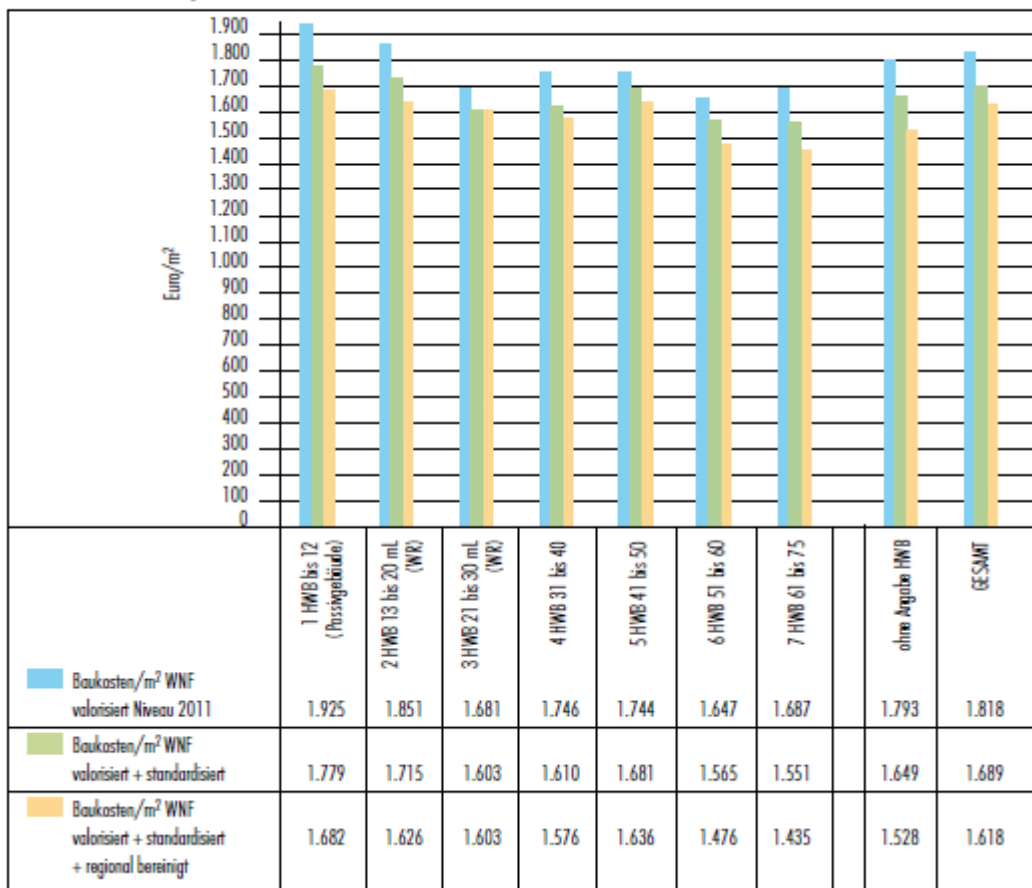
Die durchschnittlichen Baukosten (reine Baukosten + Nebenkosten) der 55 nach 2005 errichteten Objekte ergeben nach Valorisierung mit dem Baupreisindex auf das Niveau 2011 einen Wert von 1.818 Euro/m<sup>2</sup><sub>WNF</sub>.



Zwischen den Baukosten der Objekte in der Klasse von Heizwärmebedarf 30 – 40 kWh/m<sup>2</sup><sub>BGfA</sub> und der Klasse der Niedrigstenergie- und Passivhäuser mit < 20 kWh/m<sup>2</sup><sub>BGfA</sub> ergibt sich nach regionaler Bereinigung ein Baukostenunterschied von ca. 110 Euro/m<sup>2</sup><sub>WNF</sub> 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/m<sup>2</sup><sub>BGfA</sub>) die kostengünstigste Variante ist. Seine Gesamtkosten über 35 Jahre liegen demnach unter den gesetzten Annahmen um rd. 130 EUR/m<sup>2</sup><sub>WNF</sub> unter jenen des Passiv-/Niedrigstenergiehauses, und auch um 30 EUR/m<sup>2</sup><sub>WNF</sub> 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

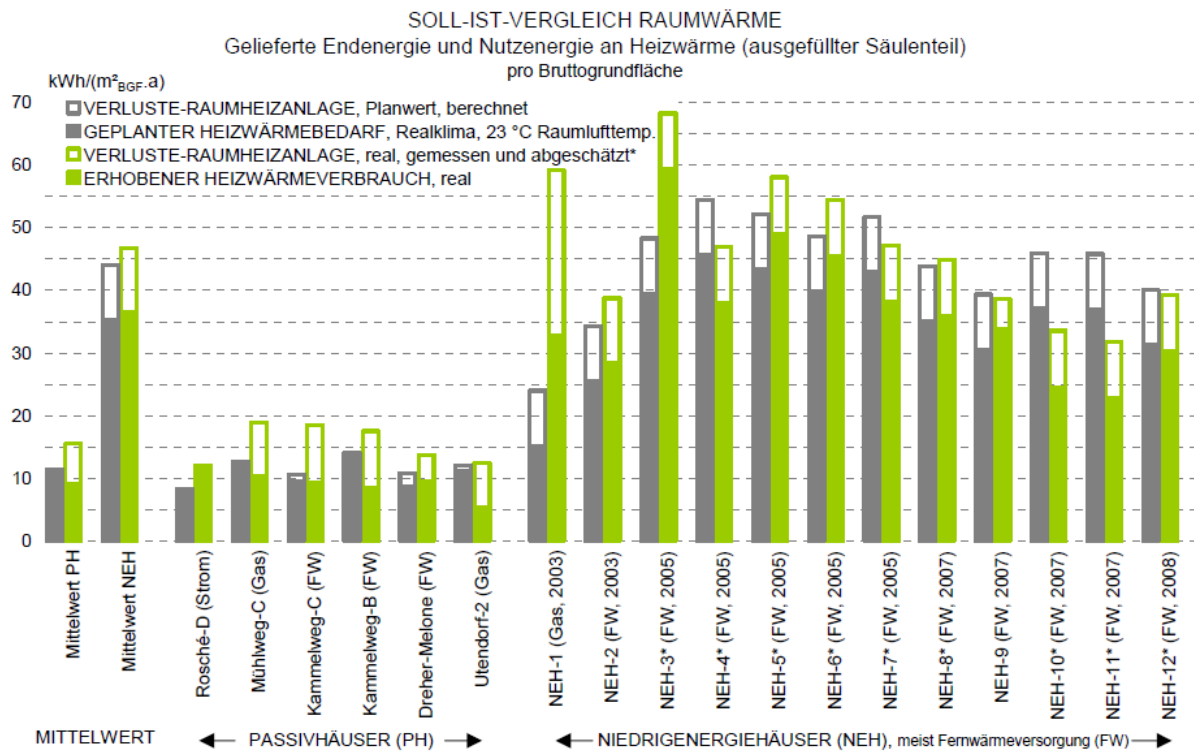
Nachfolgend dargestellt ist das komprimierte Ergebnis des Energiemonitorings:

In vollständig grau gefärbten Säulen der auf 23°C und auf Realklima umgerechnete HWB<sub>real</sub>.

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<sub>real</sub> 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 (Utendorfasse, 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/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>. 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/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>. Erstaunlich gering bildet sich der Entfall der Notkamine mit nur 3,- EUR/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub> 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.

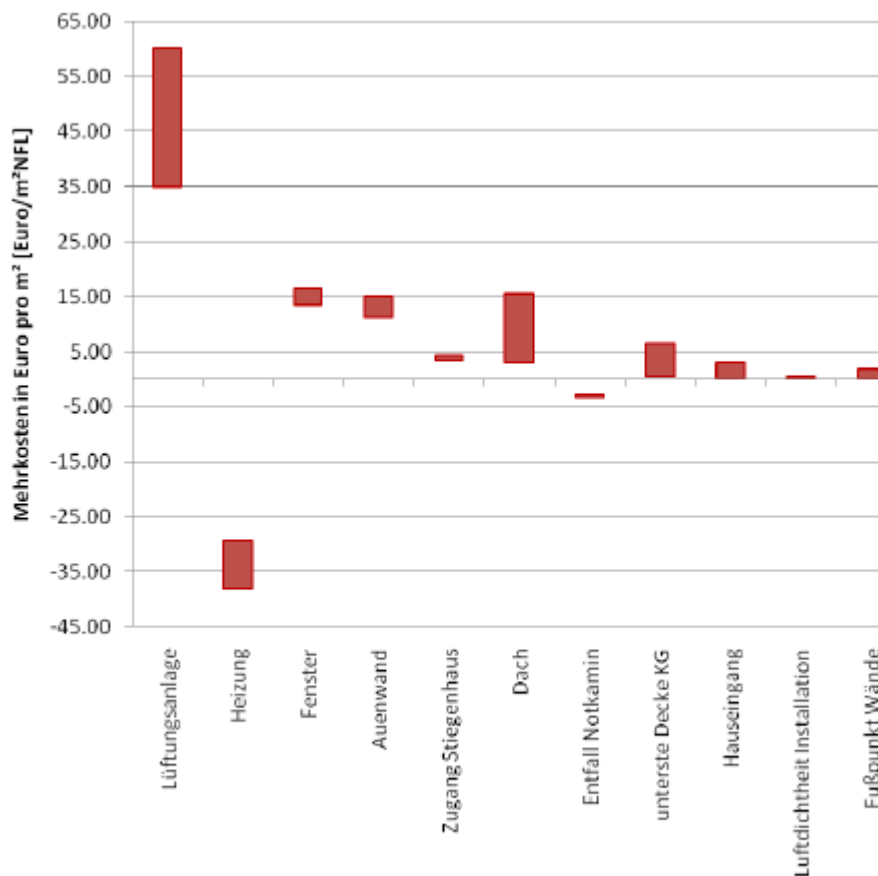


Abbildung 14: Graphische Darstellung der Bandbreite der baulichen Mehrkosten bei der Errichtung der untersuchten Passivhäuser, Euro exkl. USt, Stand 2006 - 2010

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

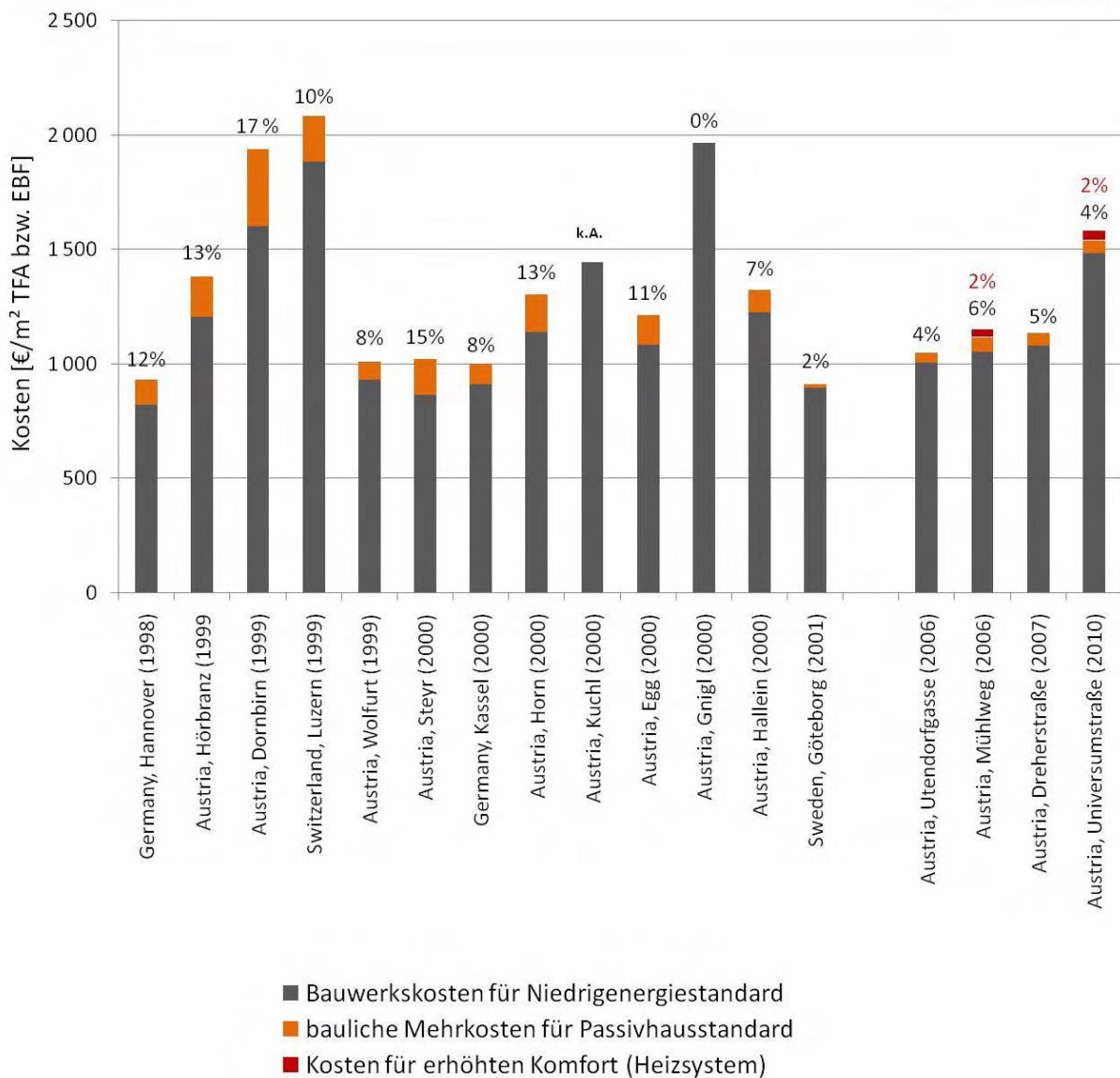


Abbildung 25: Summen der Mehrkosten für Passivhausbauweise auf Bauwerkskostenebene, Quelle: Schöberl

## 6.2.5 03\_16 Betriebskosten- und Wartungskostenvergleich, Schöberl 2012

### Inhalt und Umfang

Auf Basis eines Energiemonitorings über zwei Heizsaisons 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 Allgemeinstrom.

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 Wärmeerzeugung, -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  $45 \text{ kWh/m}^2_{\text{EBFa}}$  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  $0,50 \text{ EUR/m}^2_{\text{NFa}}$  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  $0,40 \text{ Euro/m}^2_{\text{NGFa}}$  zzgl. Wartung der Brandschutzklappen von  $0,10$  bis  $0,15 \text{ Euro/m}^2_{\text{NGFa}}$  angesetzt. Für die Abluftanlagen der Niedrigenergiehäuser wird auf diese Weise ein Wert von  $0,25 \text{ Euro/m}^2_{\text{NGFa}}$  zzgl. Wartung der Brandschutzklappen von  $0,05$  bis  $0,08 \text{ Euro/m}^2_{\text{NGFa}}$  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  $6 \text{ kWh/m}^2_{\text{NGFa}}$  und von  $0,80 \text{ EUR/m}^2_{\text{NGFa}}$ . Für die

Niedrigenergiehäuser wurde der Stromverbrauch für die Abluftanlagen auf Basis von eigenen Berechnungen und Fachliteratur mit 3,4 kWh/m<sup>2</sup><sub>NGFa</sub> und von 0,45 EUR/m<sup>2</sup><sub>NGFa</sub> angesetzt.

Rauchfangkehrung: Die Kosten für Rauchfangkehrung wurden nicht aus realen Kosten der zehn Objekte, sondern aus Referenzzahlen und eigenen Berechnungen zu 0,10 EUR/m<sup>2</sup><sub>NGFa</sub> ermittelt.

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

Haushaltsstrom und Allgemeinstrom 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/m<sup>2</sup><sub>NGFa</sub>, 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 <sup>2</sup> .a                   | Euro/m <sup>2</sup> .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                                     | -                      |
| <b>Summe</b>                                              | <b>4,20</b><br>100 %                     | <b>2,10</b><br>50 %    |
| <b>Einsparung Passivhaus gegenüber Niedrigenergiehaus</b> | <b>2,10 Euro/m<sup>2</sup>.a</b><br>50 % |                        |

Tabelle 7: Mehrfamilienhäuser - Gegenüberstellung der Betriebskosten von Passiv- und Niedrigenergiehäusern. Kostenangaben pro m<sup>2</sup> 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, e7:

Analyse des kostenoptimalen Anforderungsniveaus für Wohnungsneubauten

02\_02, Austrian Energy Agency:

Kostenoptimale Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz gem. EPBD Art.5

02\_03, TU-Wien:

Studie zur Analyse der österr. Anforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden bez. auf Kostenoptimalität

02\_06, OIB:

Nachweis der Kostenoptimalität der Anforderungen der OIB-RL6 und des Nationalen Plans gem. EPBD 2010 Art.5

02\_08, Energieinstitut Vorarlberg und e7:

Analyse des kostenoptimalen Anforderungsniveaus für Wohnbauten in Vorarlberg

03\_01, DUK:

Bauen 2020 – Gebäudesystemvergleich

03\_04, Rhomberg:

Wohnkomfort und Heizwärmeverbrauch im PH und NEH

03\_12, Treberspurg, Smutny et al.: Nachhaltigkeits-Monitoring ausgewählter Passivhaus-Wohnanlagen in Wien

03\_06, gbv:

Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit

03\_07, ACR:

Innovative Gebäudekonzepte im Vergleich

03\_09, bm:vit:

Nachhaltig Wirtschaften – Gebäude maximaler Energieeffizienz mit integrierter erneuerbarer Energieerschließung

03\_10, Ascona GbR:

Sensitivitätsanalyse von Gebäudeökobilanzen

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:vlt: 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 Jahre. 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, e7: Analyse des kostenoptimalen Anforderungsniveaus für Wohnungsneubauten

02\_02, Austrian Energy Agency: Kostenoptimale Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz gem. EPBD Art.5

02\_06, OIB: Nachweis der Kostenoptimalität der Anforderungen der OIB-RL6 und des Nationalen Plans gem. EPBD 2010 Art.5

02\_08, Energieinstitut Vorarlberg und e7: Analyse des kostenoptimalen Anforderungsniveaus für Wohnbauten in Vorarlberg

03\_01, DUK: Bauen 2020 – Gebäudesystemvergleich

30 Jahre kalkulatorische Nutzungsdauer ohne Angabe konkreter normativer Grundlagen:

02\_03, TU-Wien: Studie zur Analyse der österr. Anforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden bez. auf Kostenoptimalität

35 Jahre kalkulatorische Nutzungsdauer ohne Angabe konkreter normativer Grundlagen:

03\_06, gbv: Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit

Betrachtungszeitraum bis 2050 ohne Angabe konkreter normativer Grundlagen:

03\_09, bm: vit: Nachhaltig Wirtschaften – Gebäude maximaler Energieeffizienz mit integrierter erneuerbarer Energieerschließung

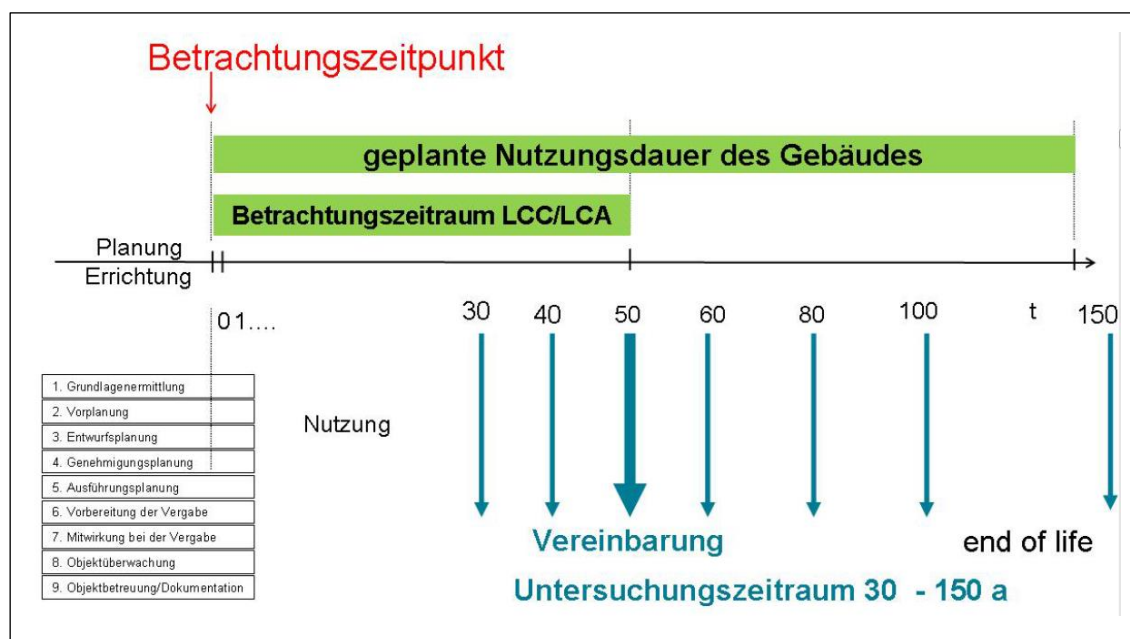
100 Jahre kalkulatorische Nutzungsdauer ohne Angaben konkreter normativer Grundlagen:

03\_07, ACR: Innovative Gebäudekonzepte im Vergleich

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

03\_10, Ascona GbR: Sensitivitätsanalyse von Gebäudeökobilanzen

Die Überlagerung unterschiedlicher Betrachtungszeiträume lässt sich graphisch eindrücklich darstellen.<sup>1</sup>



**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

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

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
- 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.

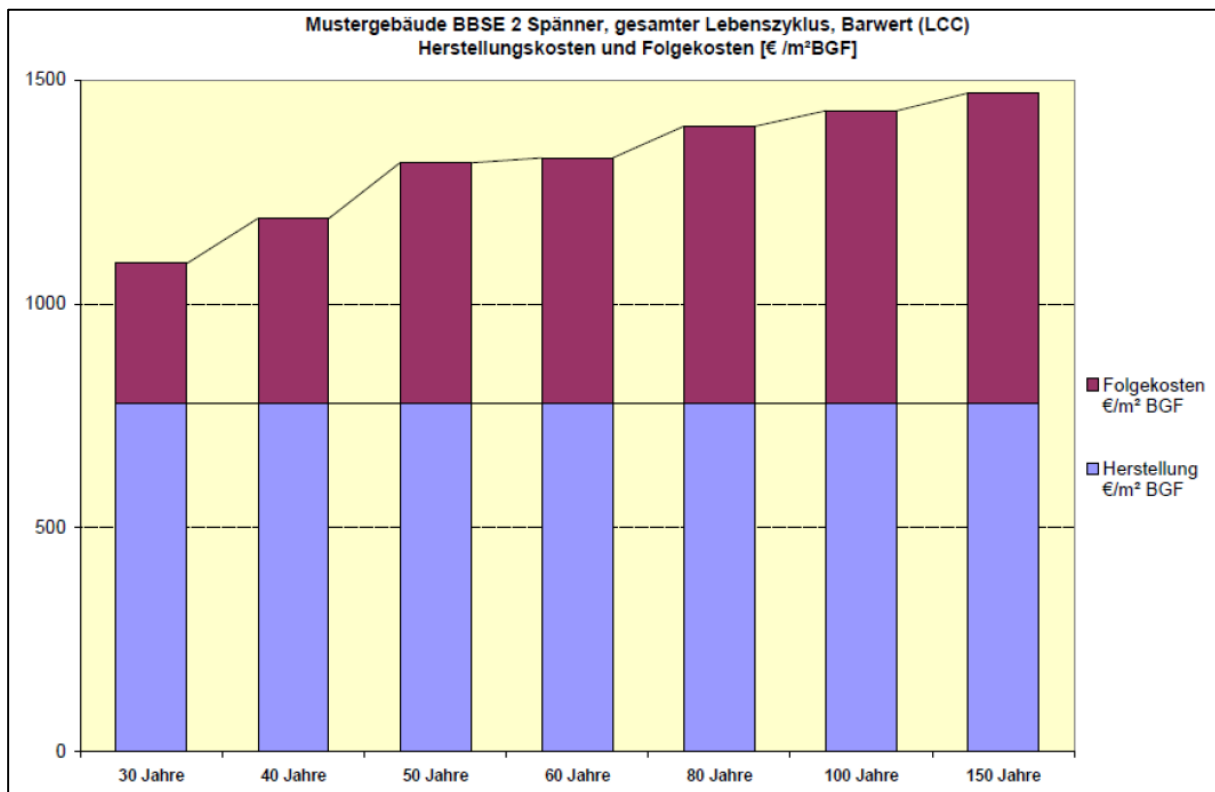
Die wesentlichen Daten für die Nachhaltigkeitsbewertung des Gebäudes werden wie folgt ermittelt:

- 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.<sup>2</sup>



**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:

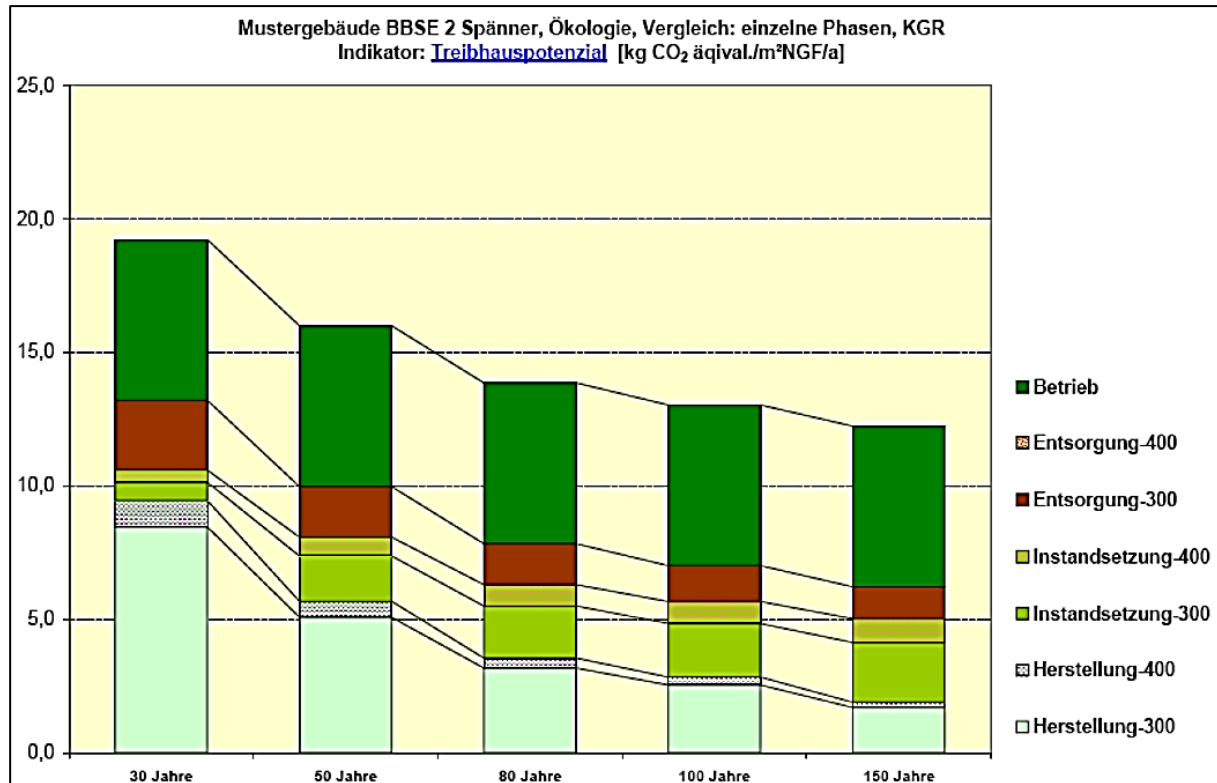
Informationen werden der Ökobau.dat Datenbank entnommen, welche die Sach- und Wirkungsbilanzdaten für Bauprozesse, Bauprodukte sowie für Prozesse der Energiebereitstellung und der Entsorgung in der entsprechenden Modularisierung enthält. Bilanziert wird der Energiebedarf, differenziert in Primärenergiebedarf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

Die Wirkungsbilanz umfasst die Indikatoren Treibhauspotenzial (CO<sub>2</sub>-Äquivalent), Versauerung (SO<sub>2</sub>-Äquivalent), Ozonschichtabbaupotenzial (CFC<sub>11</sub>-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

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

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.<sup>3</sup>

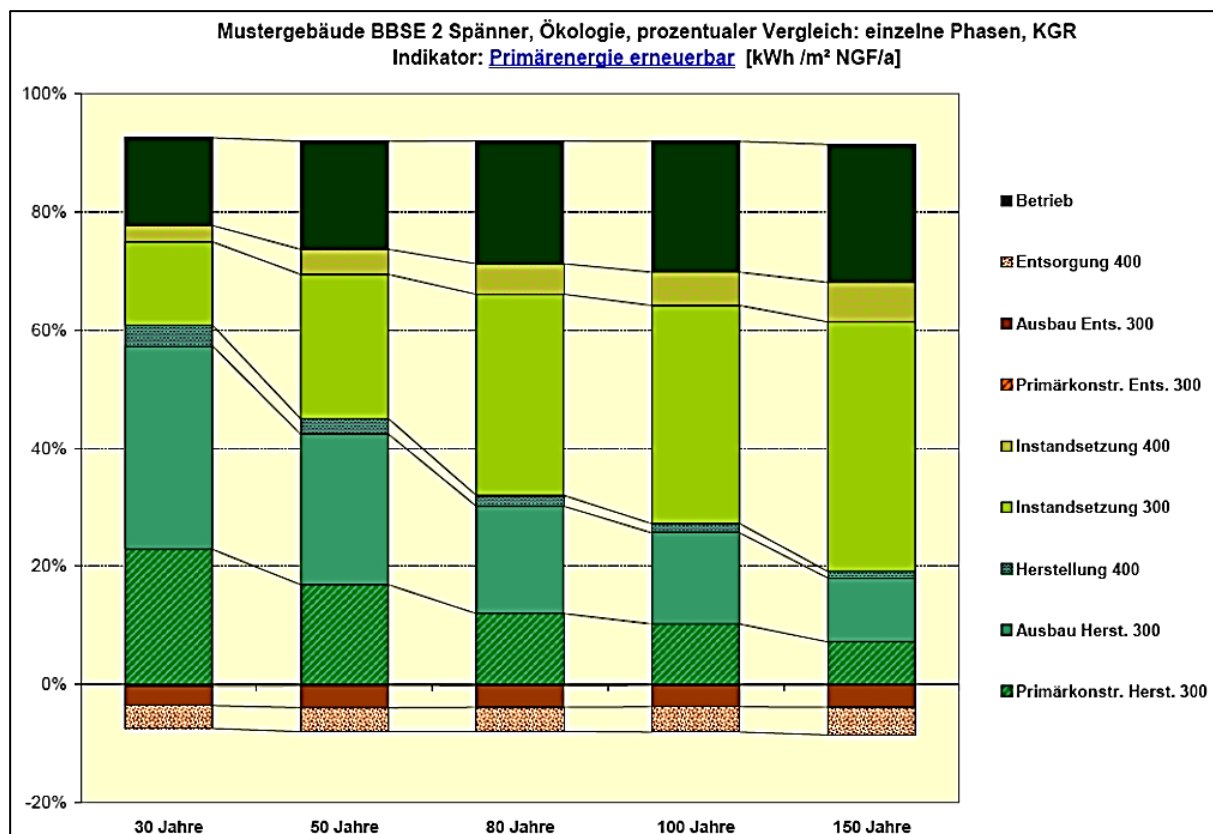


**Abbildung 28: Gesamtübersicht Treibhauspotenzial Gebäude nach den Kostengruppen: 300 Baukonstruktion und 400 Technische Anlagen**

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.<sup>4</sup>

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

<sup>4</sup> 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 02\_01, e7: Analyse des kostenoptimalen Anforderungsniveaus für Wohnungsneubauten, 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 03\_09, bm:vit: Nachhaltig Wirtschaften – Gebäude maximaler Energieeffizienz mit integrierter erneuerbarer Energieerschließung und 03\_04, Rhomberg: Wohnkomfort und Heizwärmeverbrauch im PH und NEH sowie 03\_12, Treberspurg, Smutny et al.: Nachhaltigkeits-Monitoring ausgewählter Passivhaus-Wohnanlagen in Wien, werden explizit Behaglichkeitskriterien und das Nutzerverhalten in Bezug zum Energiestandard der Gebäude gestellt.

Als zu implementierende Kriterien für thermische Behaglichkeit werden in der Studie 03\_09, bm:vit: Nachhaltig Wirtschaften – 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.<sup>5</sup>

Die Studie 03\_04, Rhomberg: Wohnkomfort und Heizwärmeverbrauch im PH und NEH, 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 CO<sub>2</sub>-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 Badewanne, etc.

---

<sup>5</sup> 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



Helligkeit der Räume und Sonnenlicht.<sup>6</sup> 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:<sup>7</sup>

| 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 Raumluftheuchtigkeit           | 70         | 86                 | % der Befr. | 0,310 |
| Sauberkeit der Raumluf                   | 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 Innenraumbehaglichkeit, Zufriedenheit, Quelle: Rhomberg**

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

<sup>6</sup> 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.

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

der Bodenoberfläche wurde im Passivhaus in 97 % aller Befragungen als angenehm empfunden und im Niedrigenergiehaus in 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 o3\_12, Treberspurg, Smutny et al.: Nachhaltigkeits-Monitoring ausgewählter Passivhaus-Wohnanlagen in Wien, 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.

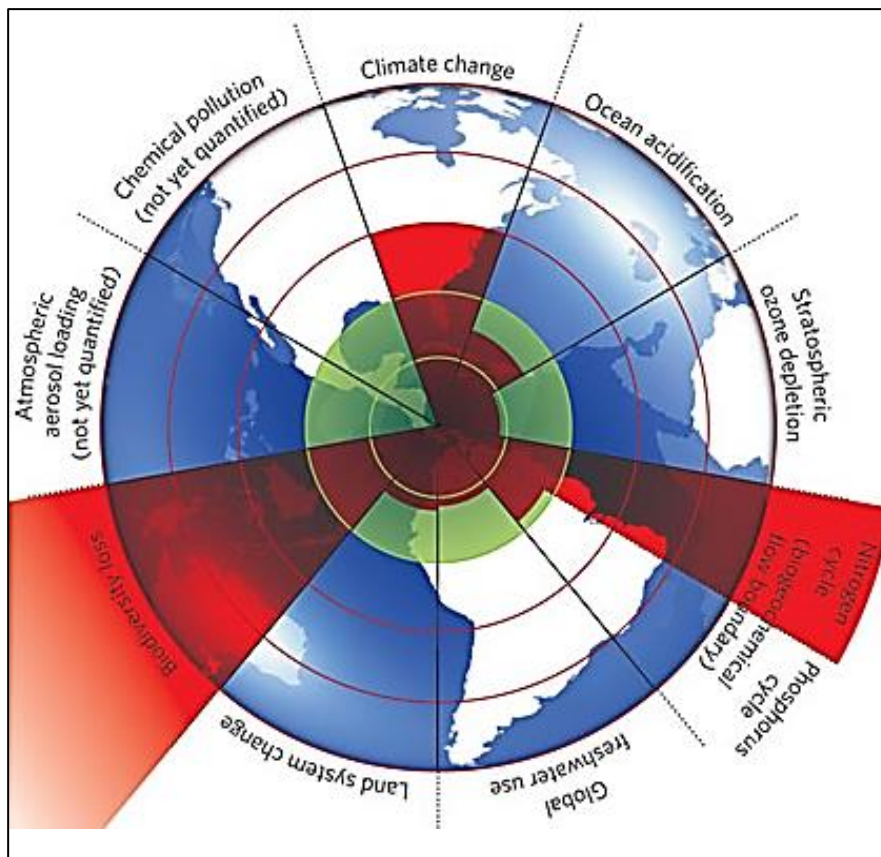
## 7.4 Normenexzerpt zu Wechselwirkungen von Ökologie und Sozialem

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.<sup>8,9</sup>

---

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

<sup>9</sup> [http://www.nature.com/news/specials/planetaryboundaries/images/main\\_bg5.jpg](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 15978:2012-10

Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden - Berechnungsmethode

05\_04 ISO 14044:2006-10

Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen

05\_05 ISO 14025:2010-7

Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Typ III Umweltdeklarationen - Grundsätze und Verfahren

05\_07 ISO 21931-1:2010

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*

ISO 14025, 7.2

*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*

*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*

ISO 21931-1, A.3

*relevant:*

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

*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 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*

ISO 15392,I

*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,I

*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,I

*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*

ISO 15392,5.1

*built environment and its elements support and contribute to sustainable development.*



## 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 VWS, das EFH wird als Ziegel mit VWS 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 Wohnung-Neubau 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:

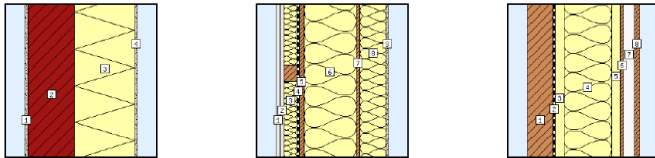


Abbildung 31: Ziegelmassivbauweise, Holzleichtbauweise, Holzmassivbauweise

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 wird, 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/m<sup>2</sup>BGF angegeben.

Im Vergleich zwischen monolithischer Ziegelbauweise und Holzmassivbauweise werden Mehrkosten der Ziegelbauweise von nur mehr ca. 30,- EUR/m<sup>2</sup>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/m<sup>2</sup>BGFA TQ 25 mit HWB = 25 kWh/m<sup>2</sup>BGFA, TQ 45 mit HWB = 45 kWh/m<sup>2</sup>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/m<sup>2</sup><sub>BGF</sub> oder 2% der Bauwerkskosten.

Im Vergleich zwischen Ziegel Massiv und Holz+Zellulose werden nennenswerte Mehrkosten der Holzbauweise von bis zu 141,- EUR/m<sup>2</sup><sub>BGF</sub> oder 9% der Bauwerkskosten dokumentiert. Siehe folgende Abbildung 32 und Abbildung 33.

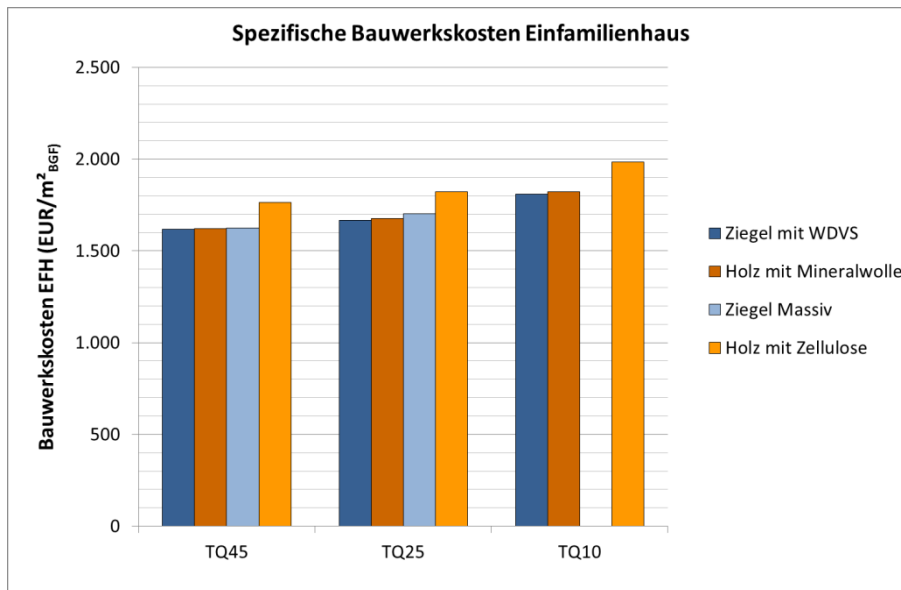


Abbildung 32: Bauwerkskosten EFH nach Thermischer Qualität und Bauweise (Quelle: DUK)

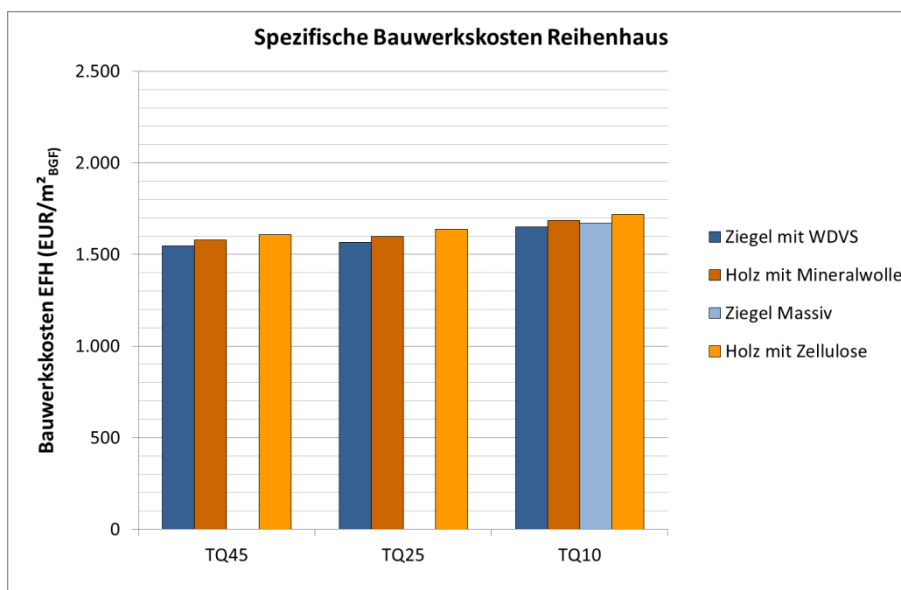


Abbildung 33: Bauwerkskosten RH nach Thermischer Qualität und Bauweise (Quelle: DUK)

### 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/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub> 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/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub> 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.

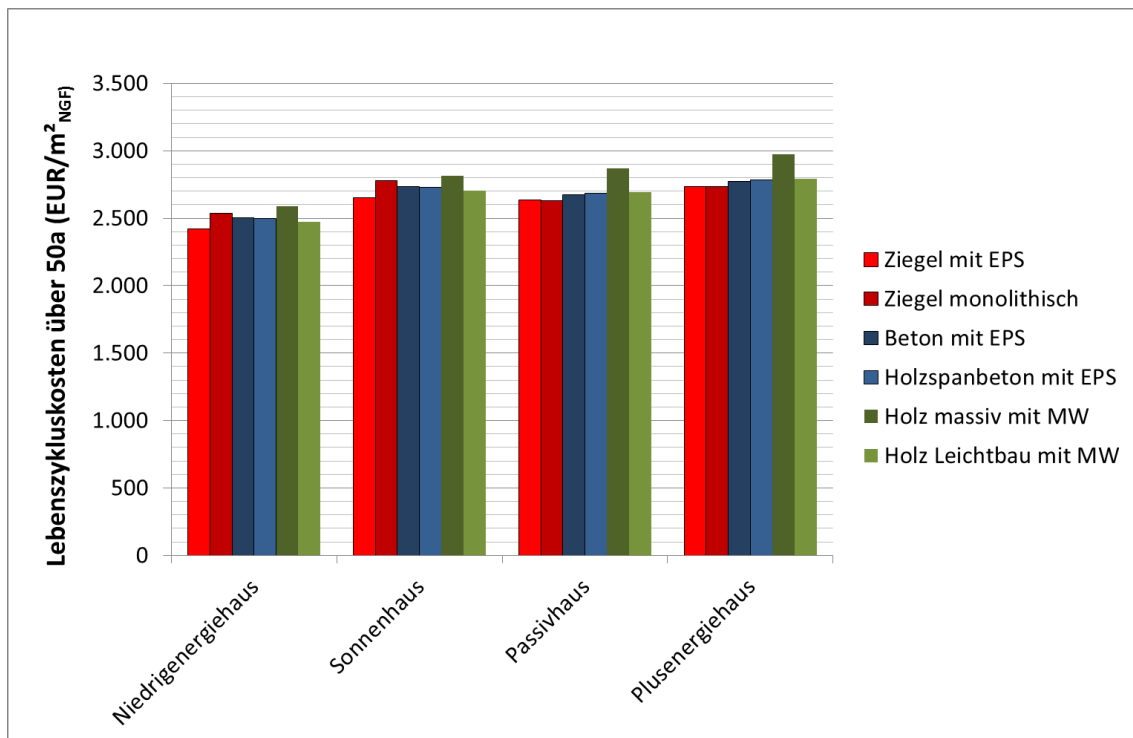


Abbildung 34: Gesamtbarwerte nach 50a nach Energiestandard und Bauweisen

## 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



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <i>Fehlerabschätzung - systematisches Verfahren zur Quantifizierung der Unsicherheit in 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.</i>              | ISO 14040, 3.33 |
| <i>Vollständigkeitsprüfung - Verfahren zur Überprüfung, ob die Informationen aus den Phasen einer Ökobilanz für die Ableitung von Schlussfolgerungen ausreichen</i>                                                                                                                                                                                                                        | ISO 14040, 3.41 |
| <i>Konsistenzprüfung - vor der Ableitung von Schlussfolgerungen durchgeführtes Verfahren zur Überprüfung, ob die Annahmen, Methoden und Daten in der Studie einheitlich angewendet wurden</i>                                                                                                                                                                                              | ISO 14040, 3.42 |
| <i>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.</i>                                                                                                                          | ISO 14040, 4.1  |
| <i>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.</i>                                                                                                                                             | ISO 14040, 5.2  |
| <i>Die Einbeziehung von Werthaltungen (Wertvorstellungen und subjektiven Einschätzungen) können innerhalb eines jeden Bestandteils für die Kritische Prüfung und den Bericht transparent gemacht werden.</i>                                                                                                                                                                               | ISO 14040, 5.4  |
| <i>Die Auswertung dient zur Ableitung von Schlussfolgerungen, Erläuterung von Einschränkungen und zum Aussprechen von Empfehlungen.</i>                                                                                                                                                                                                                                                    | ISO 14040, 5.5  |
| <i>Die Kritische Prüfung ist ein Prozess zur Klärung, ob eine Ökobilanz die Anforderungen an die Methodik, Daten, Auswertung und Berichterstattung erfüllt.</i>                                                                                                                                                                                                                            | ISO 14040, 7.1  |
| <i>Die Anwendung von Ergebnissen der Ökobilanz für vergleichende Aussagen wirft besondere Fragen auf und erfordert eine Kritische Prüfung durch interne oder externe Sachverständige.</i>                                                                                                                                                                                                  | ISO 14040, 7.2  |
| <i>Die Datenqualität beschreibt die Eigenschaften von Daten in Bezug auf ihre Eignung, festgelegte Anforderungen zu erfüllen.</i>                                                                                                                                                                                                                                                          | ISO 14044, 3.19 |
| <i>Die Festlegung des Ziels einer Ökobilanz muss bestimmen:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>• die beabsichtigte Anwendung</i></li> <li><i>• die Gründe für die Durchführung</i></li> <li><i>• die angesprochene Zielgruppe</i></li> <li><i>• ob die Ergebnisse für die Verwendung in zur Veröffentlichung vorgesehenen vergleichenden Aussagen bestimmt sind.</i></li> </ul> | ISO 14044, 4.2  |

*Der Untersuchungsrahmen einer Ökobilanz muss festlegen:*

- *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*

ISO 14044, 4.2

*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*

ISO 14044, 4.2

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

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 <sup>2</sup> )                                                                                                                                                                                                   |
| Charakterisierungsfaktor | Treibhauspotential (GWP <sub>100</sub> ) für jedes Treibhausgas (kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente/kg Gas)                                                                                                                                                |
| Wirkungsindikatorwert    | Kilogramm der CO <sub>2</sub> -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

ISO 14044, 4.4

der Ökobilanz verwendet werden:

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

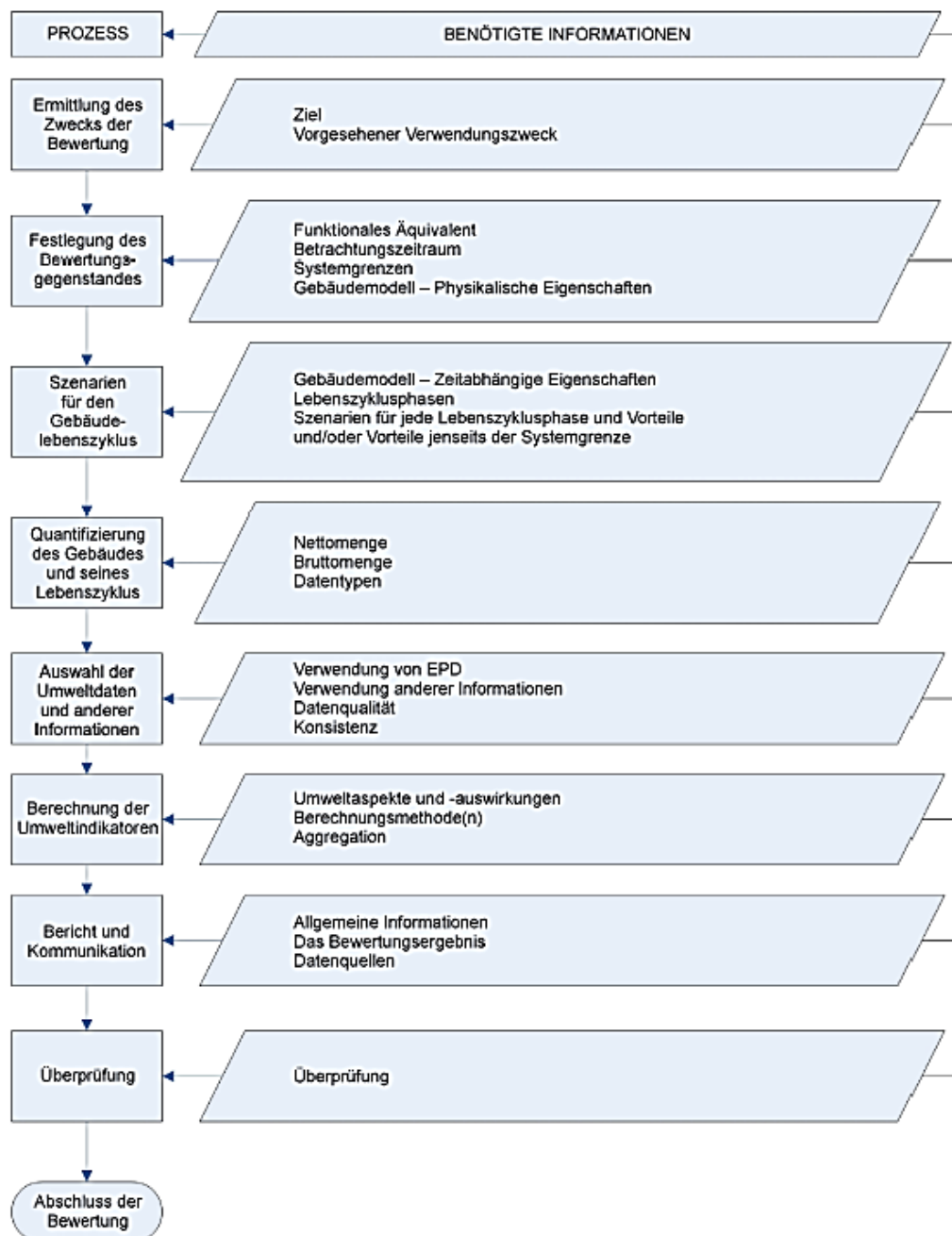
EN 15978, 1

*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

EN 15978, 7.2

Eigenschaften des Gebäudes rationell in Form einer Mindestbeschreibung des 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:

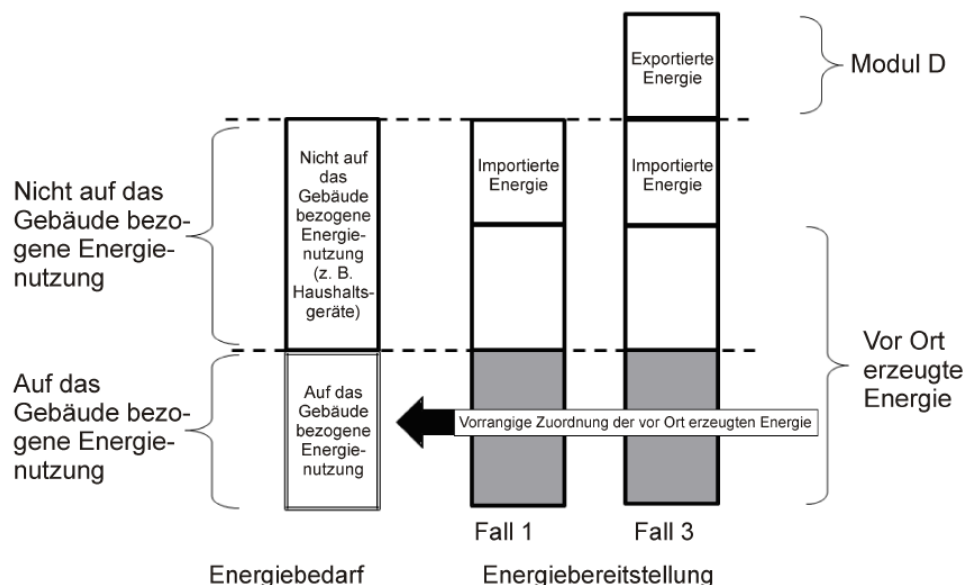
- Typ des Gebäudes (Büro, Fabrik,...)
- Technische und funktionale Anforderungen
- Art der Nutzung (Belegung,...)
- Geforderte Nutzungsdauer

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

EN 15978, 8.2

dokumentiert werden, wobei die ihr zugrunde gelegten Annahmen, die Anforderungen an 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/<br>Konzept-<br>entwurf | Detaillierter<br>Entwurf | Bau | Nutzungs-<br>phase | Entsorgung<br>des<br>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

EN 15978, 10.3



*mindestens 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

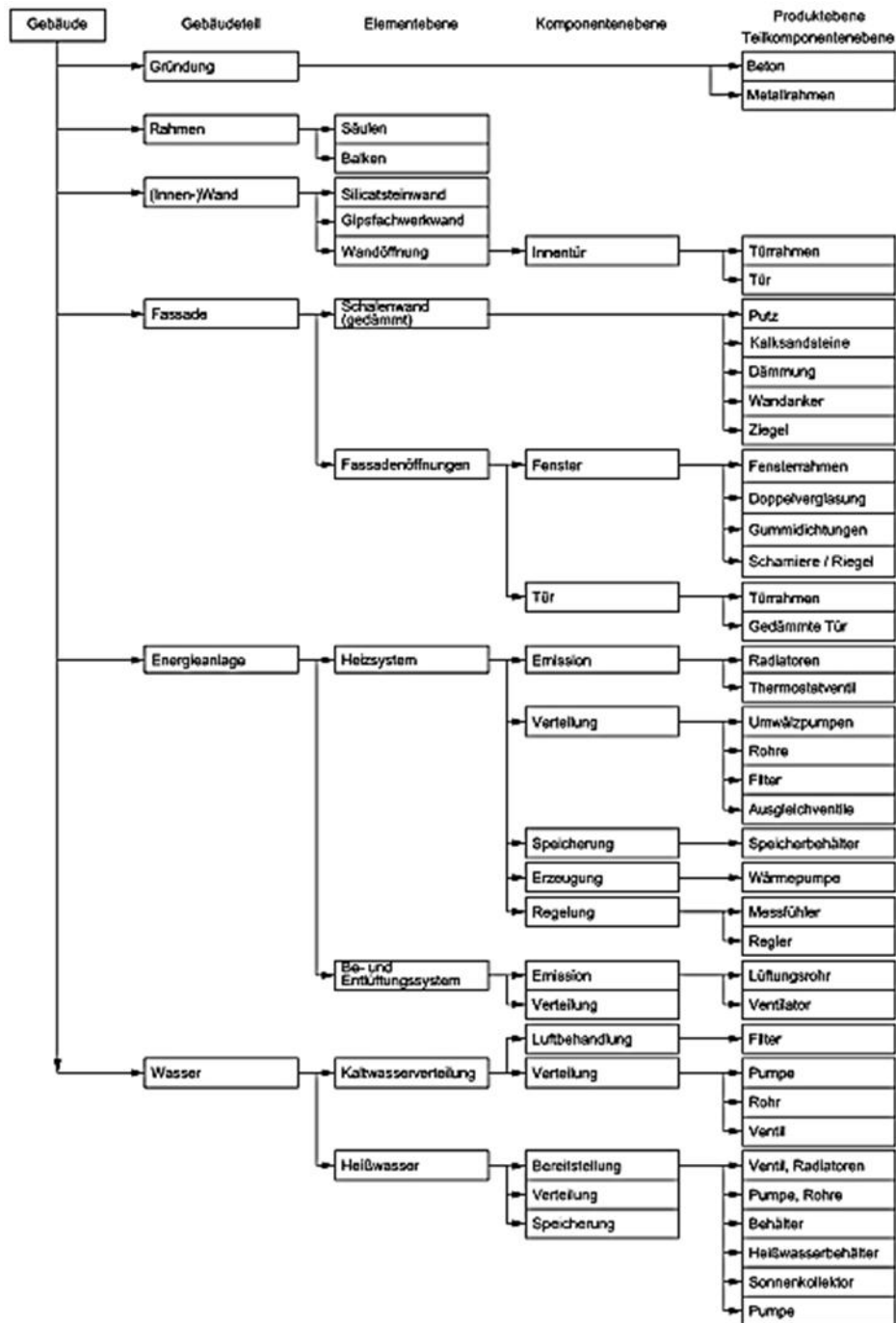
*Die Nachprüfung muss umfassen:*

- *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*

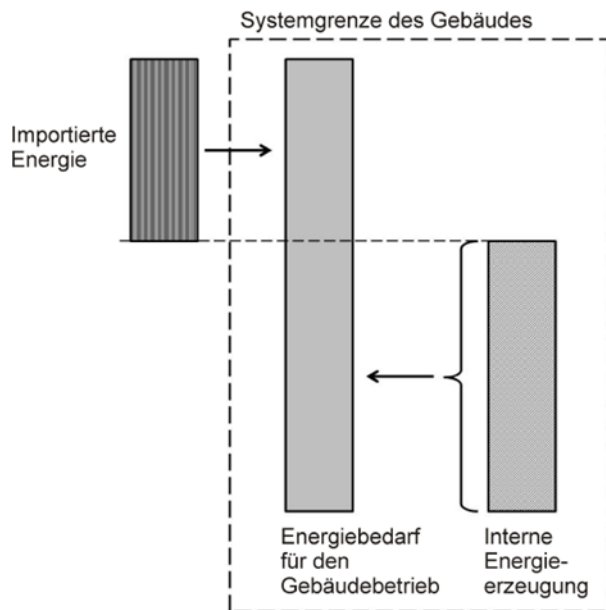
EN 15978, 13

*Strukturierung der Gebäudeinformation mit verschiedenen Akkumulationsgraden:*

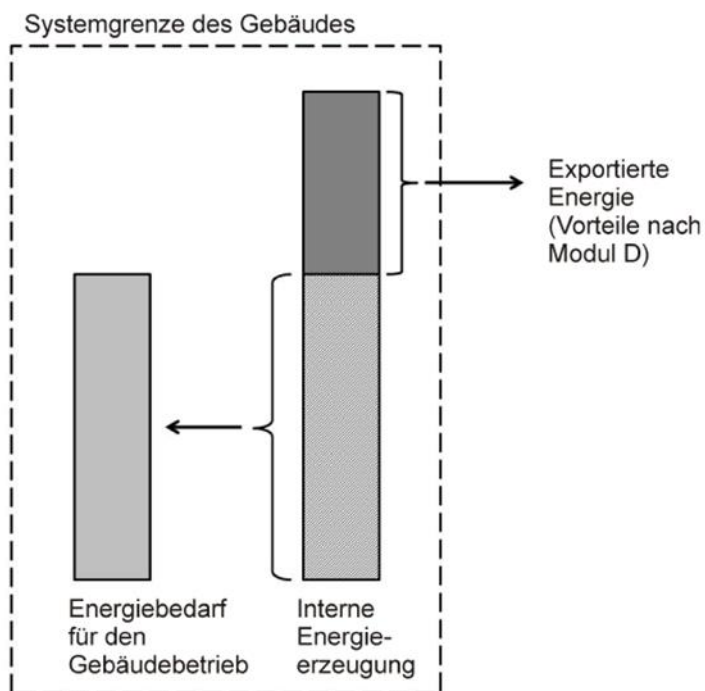
EN 15978, A



EN 15978, B2



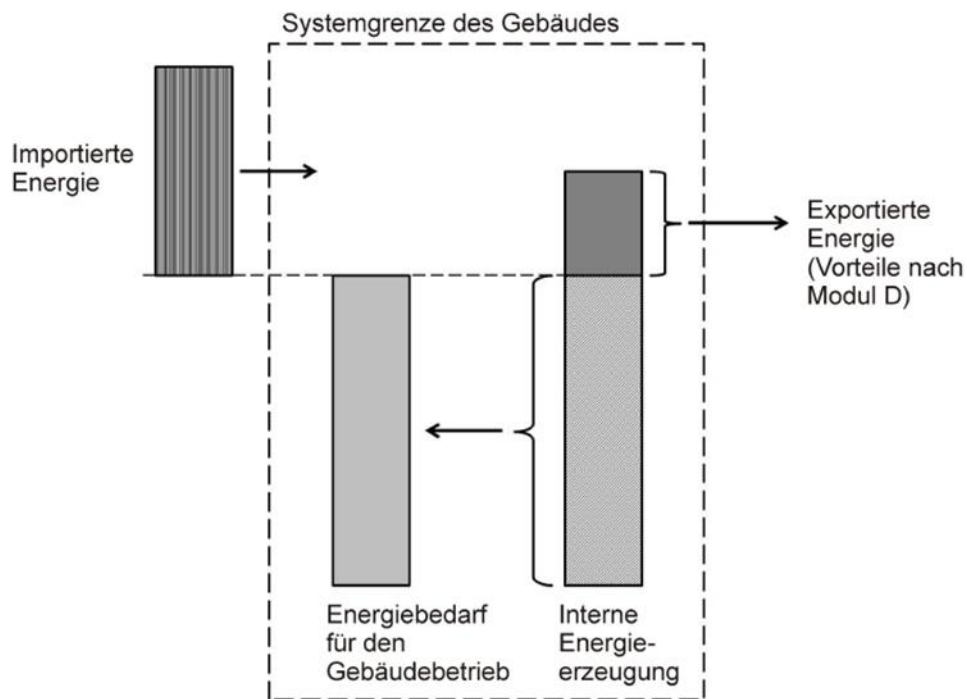
*Dies ist der Fall beispielsweise für eine brennstoffbasierte Heizungsanlage, die den Energiebedarf des Gebäudes erfüllen soll, oder für einen Stromgenerator, der Strom an ein Gebäude liefert, das nicht ans Stromnetz angeschlossen ist.*



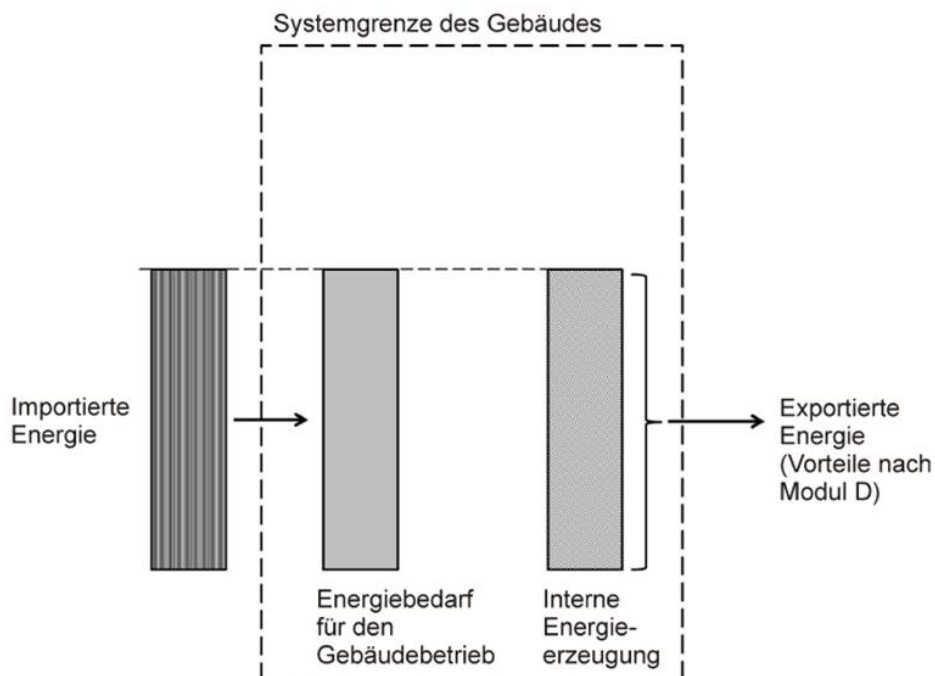
*Dies ist der Fall beispielsweise für eine Zentralheizungsanlage, die den Wärmeenergiebedarf des Gebäudes erfüllen soll und die ebenfalls Wärmeenergie an Einrichtungen in der Umgebung, die außerhalb der Systemgrenze liegen, abgeben kann.*

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.*

*Typ III Umweltdeklarationen stellen quantifizierte umweltbezogene Informationen aus 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

Das Verifizierungsverfahren muss transparent sein.

ISO 14025, 8.1

*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

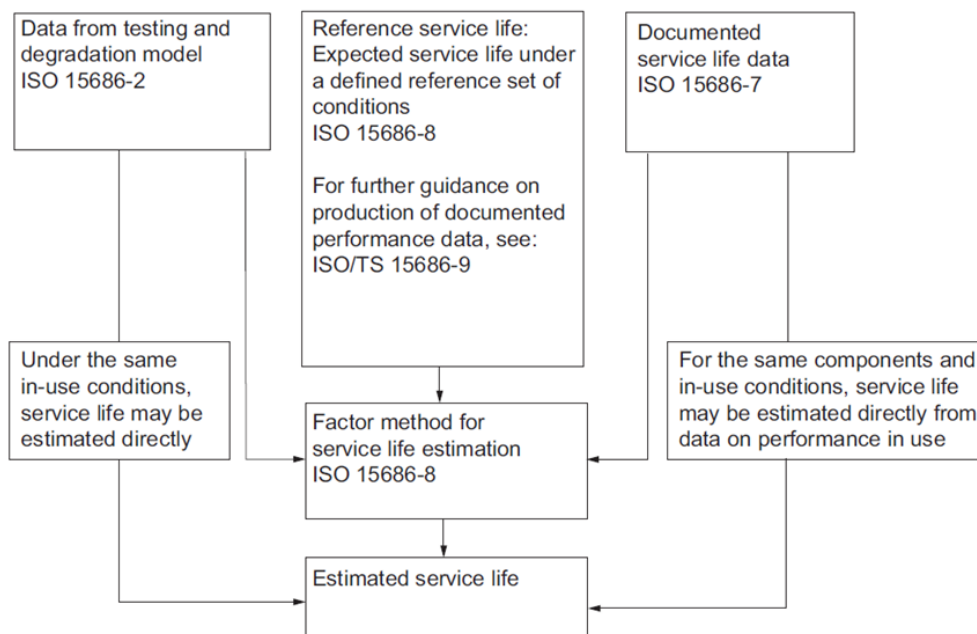
*Reference service life data can rarely be used satisfactorily as found, because the in-use conditions specific to the design object differ from the in-use conditions used to determine the reference service life. Therefore a procedure, known as the factor method, which provides a simple framework for 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,

ISO 21931-1, 1

*contractors and suppliers can formulate effective strategies in building design 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*

ISO 21931-1, 5.4

*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.*

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

ISO 21931-1, 5.10

## **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 <u>G</u> renzwert können Sie noch akzeptieren?     | 5 %   |
| 5% ist ein typischer Wert                                  |       |
| Welches <u>V</u> ertrauensintervall wünschen Sie?          | 95 %  |
| Üblich sind 90%, 95% oder 99%                              |       |
| Wie groß ist die <u>G</u> rundgesamtheit?                  | 21000 |
| Wenn Sie es nicht wissen, tragen Sie hier bitte 20000 ein. |       |
| Wie sind die <u>A</u> ntworten verteilt?                   | 50 %  |
| Die konservativste Annahme liegt bei 50%                   |       |
| Ihre empfohlene Stichprobengröße liegt bei                 | 378   |

Alternativ könnten andere Vertrauensintervalle angenommen werden:

| Mit einem Vertrauensniveau von            | 90  | 95  | 99  |
|-------------------------------------------|-----|-----|-----|
| liegt die Grenze der Stichprobengröße bei | 268 | 378 | 644 |

Bei kleineren Stichprobengrößen muss mit folgenden Stichprobenfehlern gerechnet werden:

| Mit einer Stichprobengröße von         | 100   | 200   | 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/m<sup>2</sup><sub>BGfA</sub> geplant wurde und das andere als Niedrigenergiehaus (NEH) mit HWB lt. OIB RL6 = 33,23 kWh/m<sup>2</sup><sub>BGfA</sub>. 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.<sup>10</sup>

*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!<sup>11</sup>*

<sup>10</sup> Siehe dazu das Normenexzerpt: Wissenschaftliche Qualität im vorangestellten Unterkapitel

<sup>11</sup> 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:<sup>12</sup>

*„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:<sup>13</sup>

---

<sup>12</sup> 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.

<sup>13</sup> 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:<sup>14</sup>

„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:<sup>15</sup>

*„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 Heizsaisons 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.

---

<sup>14</sup> 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.

<sup>15</sup> 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  $6 \text{ kWh/m}^2_{\text{NGFa}}$  und von  $0,80 \text{ EUR/m}^2_{\text{NGFa}}$ . 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  $3,4 \text{ kWh/m}^2_{\text{NGFa}}$  und von  $0,45 \text{ EUR/m}^2_{\text{NGFa}}$  angesetzt. Anschließend wurden beide Werte mit den Stromkosten von netto  $13,17 \text{ EUR/kWh}$  multipliziert und vergleichend betrachtet.

#### 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 06\_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:<sup>16</sup>

„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:<sup>17</sup>

---

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

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

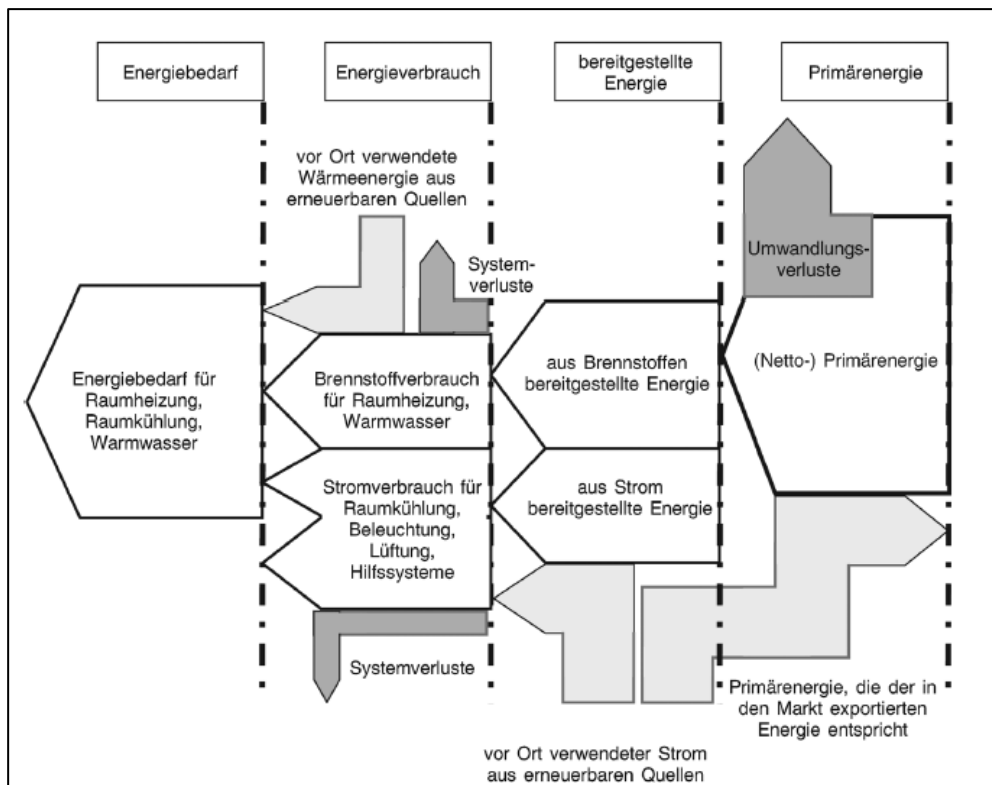
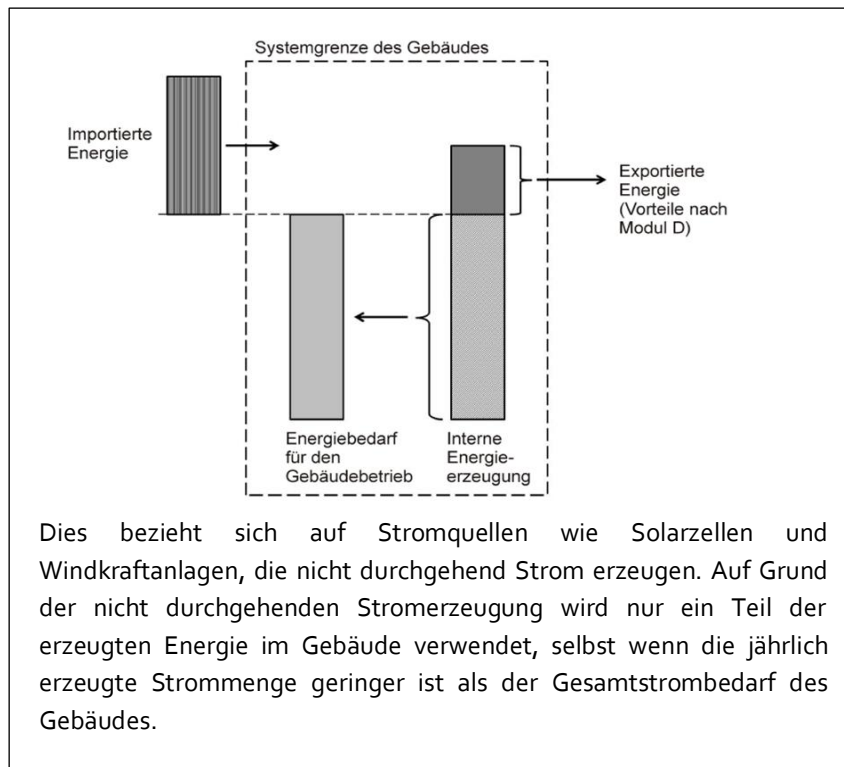


Abbildung 35: Schematische Darstellung d. Berechnung des Primärenergiebedarfs (Quelle: EUC)

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:<sup>18</sup>

<sup>18</sup> 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 vorgeschlagene 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 02\_02 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 Ziegelmassivbau, ein Holzleichtbau und ein Holzmassivbau. Als Referenzobjekte herangezogen werden, ein mehrgeschossiger Wohnbau und ein Einfamilienhaus. Als Berechnungszeitraum werden 30 Jahre 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 Restewerte 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 CO<sub>2</sub>-Gutschrift von Bauholz**

Ebenfalls auf ihre methodische Begründbarkeit und Zulässigkeit untersucht werden soll eine sogar mehrfache CO<sub>2</sub> 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, e7:

Analyse des kostenoptimalen Anforderungsniveaus für Wohnungsneubauten

02\_02, Austrian Energy Agency:

Kostenoptimale Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz gem. EPBD Art.5

02\_06, OIB:

Nachweis der Kostenoptimalität der Anforderungen der OIB-RL6 und des Nationalen Plans gem. EPBD 2010 Art.5

02\_08, Energieinstitut Vorarlberg und e7:

Analyse des kostenoptimalen Anforderungsniveaus für Wohnbauten in Vorarlberg

03\_01, DUK:

Bauen 2020 – Gebäudesystemvergleich

02\_03, TU-Wien:

Studie zur Analyse der österr. Anforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden bez. auf Kostenoptimalität

03\_06, gbv:

Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit

03\_07, ACR:

Innovative Gebäudekonzepte im Vergleich

03\_09, bm:vit:

Nachhaltig Wirtschaften – Gebäude maximaler Energieeffizienz mit integrierter erneuerbarer Energieerschließung

03\_10, Ascona GbR:

Sensitivitätsanalyse von Gebäudeökobilanzen

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 CO<sub>2</sub> Gutschrift von Bauholz ist nicht möglich.

Die Gefahr, eine mehrfache CO<sub>2</sub> 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.<sup>19</sup> 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 15978:2012-10  
Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden -  
Berechnungsmethode  
05\_04 ISO 14044:2006-10  
Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen  
05\_05 ISO 14025:2010-7  
Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Typ III Umweltdeklarationen - Grundsätze und  
Verfahren  
05\_06 ISO 15686-1 und 9:2011-05  
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

---

<sup>19</sup> 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.

05\_07 ISO 21931-1:2010

Sustainability in building construction - Framework for methods of assessment of the environmental performance of construction works - Part 1: Buildings

05\_08 ISO 15392: 2008

Sustainability in building construction - General principles

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

*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.<sup>20</sup> Das macht die folgende Abbildung zur geschätzten weltweiten Entwaldung nach Waldtypen und Zeitperioden in Millionen Hektar deutlich.

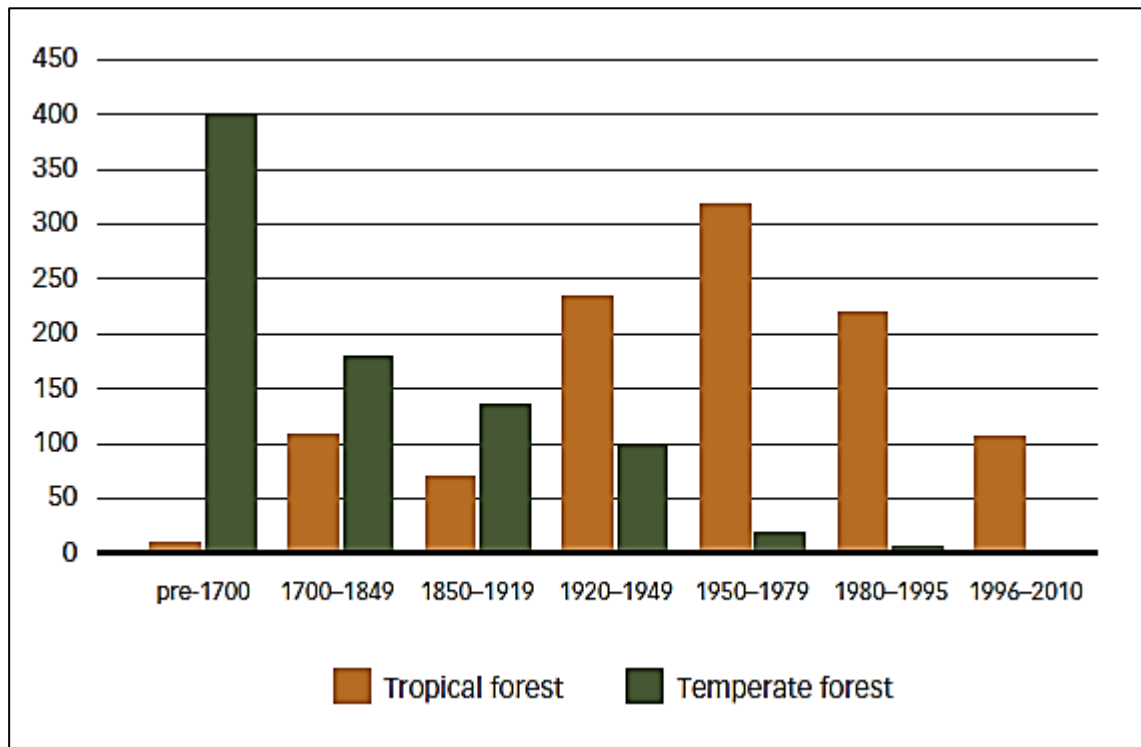


Abbildung 37: Estimated deforestation, by type of forest and time period [million hectares]<sup>21</sup>

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*

ISO 21931-1, 3.12

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

<sup>21</sup> 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.



with proper stewardship.

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

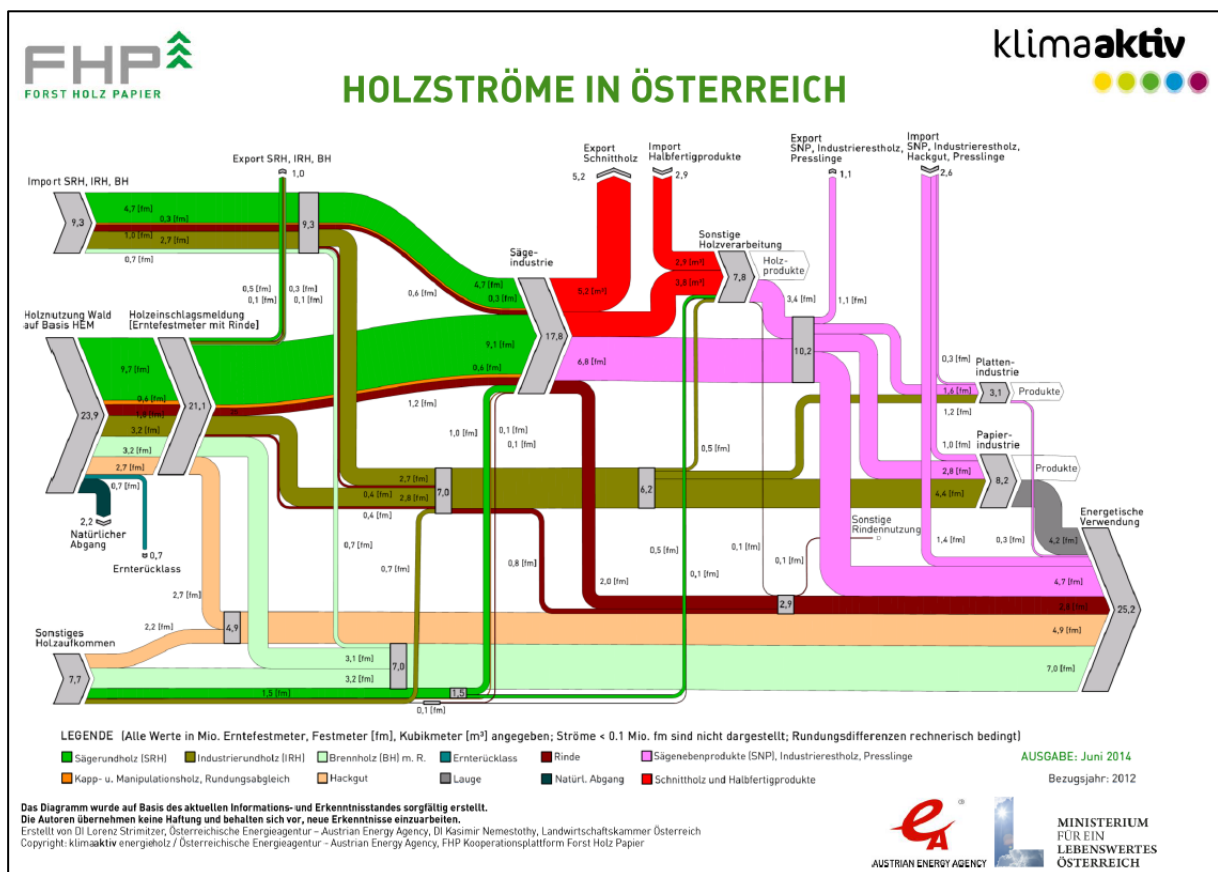
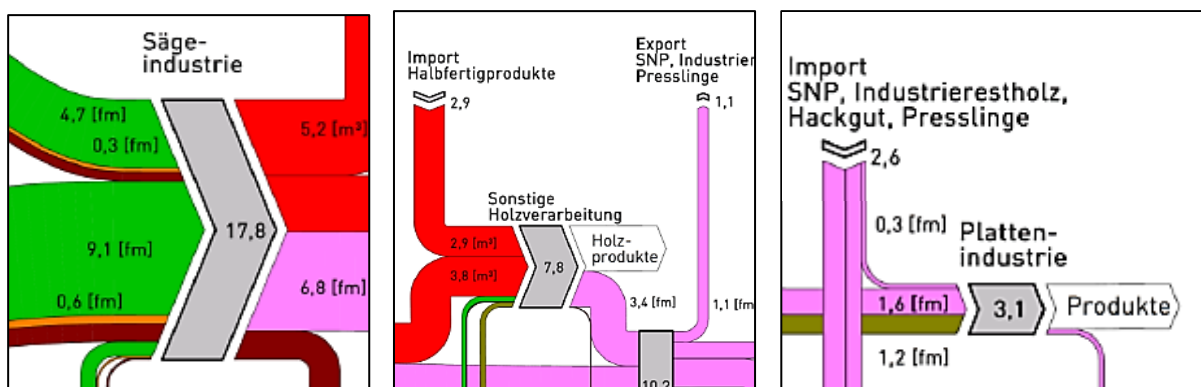


Abbildung 38: Holzströme in Österreich, Bezugsjahr 2012

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.

<sup>22</sup> Strimitzer L., Österreichische Energieagentur; Nemestothy K., Landwirtschaftskammer Österreich; © klimaaktiv energieholz / Österreichische Energieagentur; FHP Kooperationsplattform Forst Holz Papier; 2014



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

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 CO<sub>2äqui</sub> Emissionen im Zeitraum von 1990 bis 2012 um 61,1% zurückgegangen.<sup>23</sup>

| GHG           | 1990                             | 2012   | Trend<br>1990–2012 | 1990      | 2012   |
|---------------|----------------------------------|--------|--------------------|-----------|--------|
|               | Emissions [Gg CO <sub>2</sub> 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 CO<sub>2äqui</sub> Emissionssenke sondern eine Quelle von CO<sub>2äqui</sub> Emissionen im Umfang von 138 Gigagramm (138.000 t) dar.<sup>24</sup>

<sup>23</sup> 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

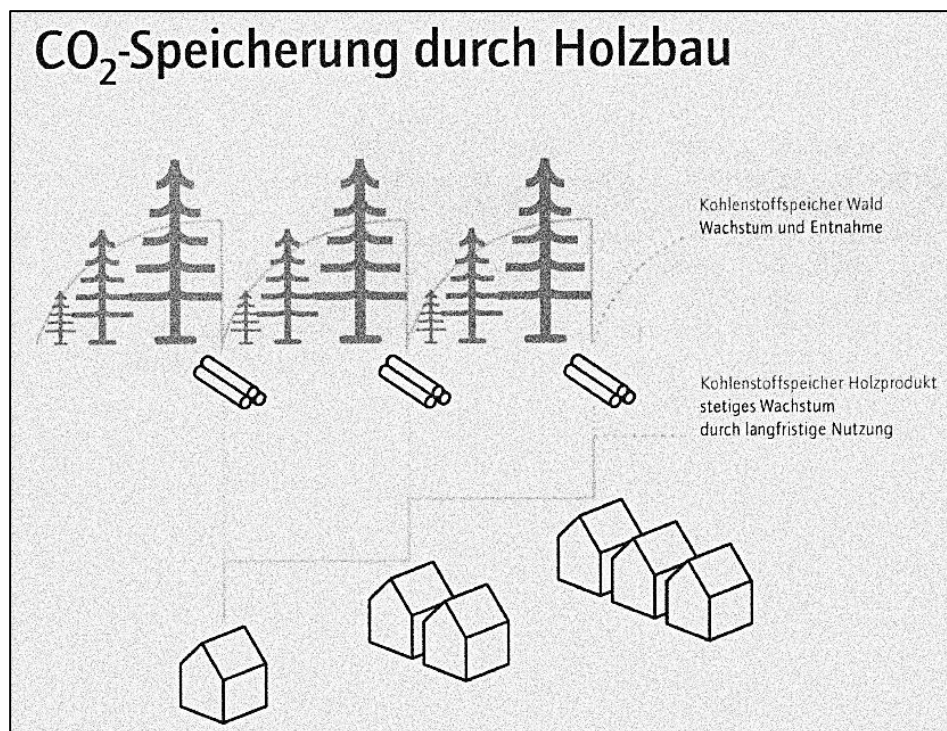
<sup>24</sup> Umweltbundesamt (Hrsg.), Austria's Annual Greenhouse Gas Inventory 1990-2012, Submission under Regulation 525/2013/EC, Submission under Regulation 525/2013/EC, 2014, S. 17

| GHG source and sink categories | 1. Energy                        | 2. Industry | 3. Solvent | 4. Agriculture | 5. LULUCF* | 6. Waste | 7. Other |
|--------------------------------|----------------------------------|-------------|------------|----------------|------------|----------|----------|
|                                | CO <sub>2</sub> 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       |

**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<sub>2äqui</sub> Emissionssenke durch die Leistungsfähigkeit dieses Ökosystems vollumfänglich und in menschlich absehbaren Zeithorizonten kompensiert wird, ist daher auch als Annahme auszuweisen.<sup>25</sup>

<sup>25</sup> 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.



**Abbildung 40: Exemplarische Darstellung eines Studienergebnisses zur CO<sub>2</sub>-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 Lebenszyklus des Gebäudes widerspiegeln. Die Szenarien müssen realistisch und repräsentativ sein.*

EN 15643-1, 5.4

*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*

EN 15978, 7.4

*sämtliche Phasen der noch verbleibenden Nutzungsdauer und die Entsorgungsphase umfassen.*

*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 versiegendernde CO<sub>2äqui</sub> Emissionssenke darstellt, ist die Basisvoraussetzung für jegliche CO<sub>2</sub> Gutschrift von Bauholz.

### 11.3 Lebenszyklische Betrachtung von CO<sub>2</sub> Gutschriften

Die folgende Abbildung zeigt Ergebnisse einer auf einen Hektar bezogenen CO<sub>2</sub> - Bilanz.<sup>26</sup>

---

<sup>26</sup> 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.

## CO<sub>2</sub>-Bilanz für 1 Hektar



1 ha Wald  
ca. 325 m<sup>3</sup> Holz  
ca. 137 t Holzmasse  
ca. 126 t CO<sub>2</sub>-Senke



1 ha Bauland  
12 Einfamilienhäuser  
(12 WE)  
in Holzbauweise:  
300 t CO<sub>2</sub>-Speicherung  
in Ziegelbauweise:  
-54 t CO<sub>2</sub> Emission



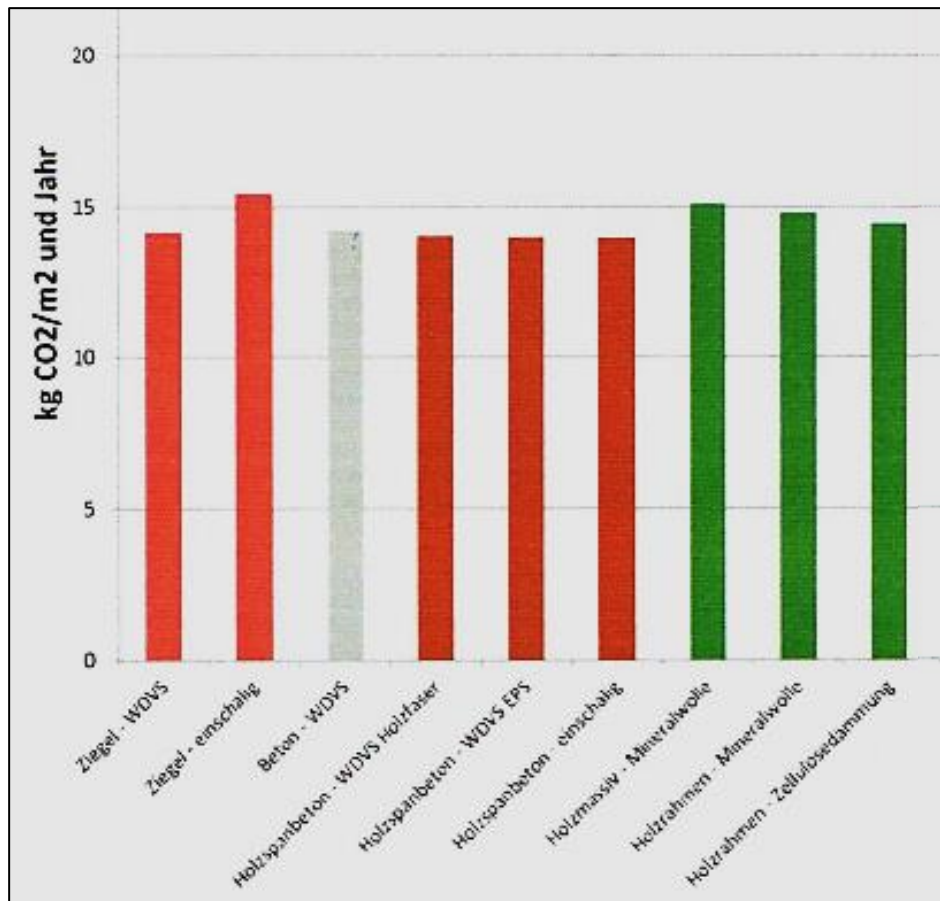
1 ha Bauland  
3 mehrgeschossige  
Wohnbauten (42 WE)  
in Holzbauweise:  
1.250 t CO<sub>2</sub>-Speicherung  
in Massivbauweise\*:  
-385 t CO<sub>2</sub> Emission

\* Ziegel/Beton

**Abbildung 41: Exemplarische Darstellung eines Studienergebnisses einer vergleichenden CO<sub>2</sub>-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<sub>2äqui</sub> Emissionen werden daher nicht ausgewiesen. Bei Einbeziehung sämtlicher Phasen des Lebenszyklus zeigt der Vergleich unterschiedlicher Bauweisen in Hinsicht auf die CO<sub>2äqui</sub> Emissionen in kg/m<sup>2</sup> und Jahr für eine 100jährige Lebensdauer nur geringe Differenzen auf.<sup>27</sup>

<sup>27</sup> 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<sub>2äqui</sub> Emissionen in kg/m<sup>2</sup> und Jahr bei lebenszyklischer Betrachtung**

Die Holzmassivbauweise mit Mineralwollendämmung weist in diesem Lebenszyklus bezogenen Vergleich beispielsweise geringfügig höhere CO<sub>2äqui</sub> 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 Lebenszyklusbasiert 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.*

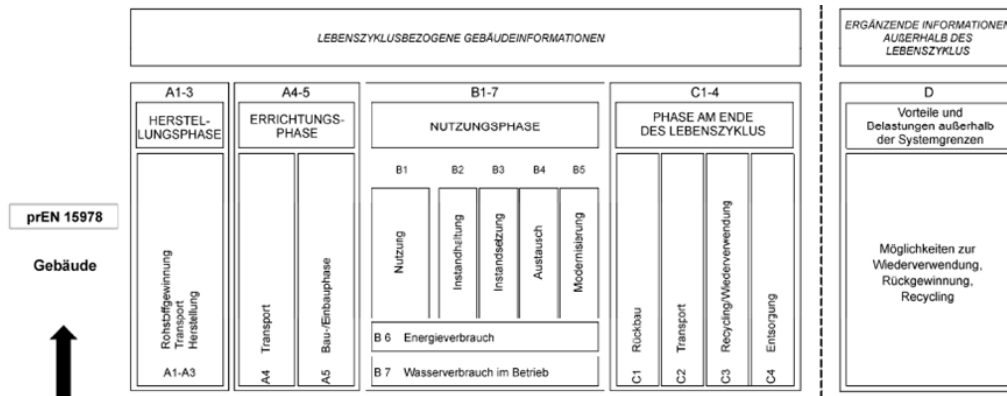
EN 15643-1, 1

*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



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

EN 15978, 7.1

*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.*

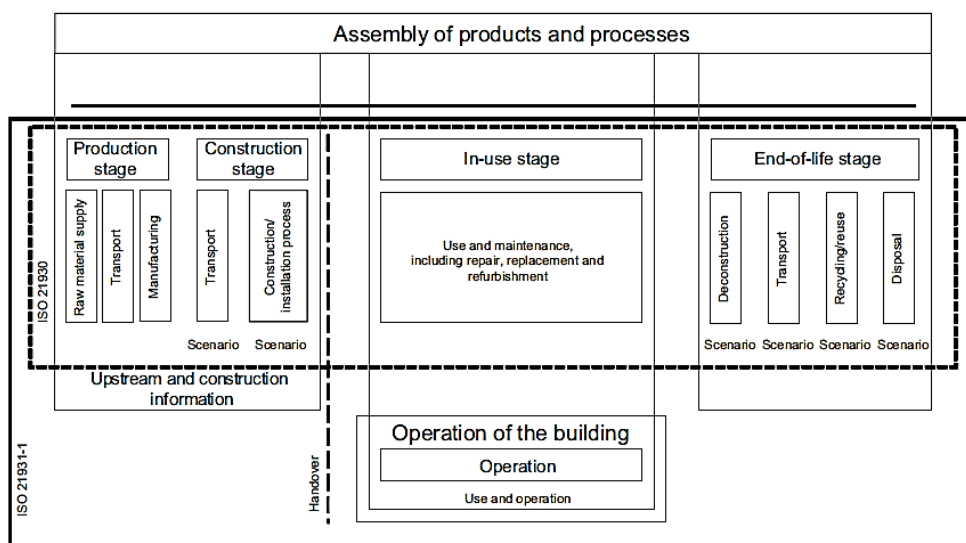
ISO 14025, 5.3

*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*

ISO 21931-1, 5.7

*considered or are excluded from the assessment, the reasons for such omission or exclusion shall be clearly explained in the methodology documentation. The 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*

ISO 14044, 4.2

*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.*

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

ISO 14044, 4.4

*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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2äqui</sub> Emissionen ausgehen. Die daraus entstehenden umweltbezogenen Nettovorteile dürfen jedoch nicht rückwirkend in die CO<sub>2</sub> Bilanzierung des Gebäudes einbezogen werden. Sobald ein Stoff entsorgt wurde, hat er die Systemgrenze des Gebäudes verlassen. Die CO<sub>2</sub> –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*

EN 15643-2, 5.4

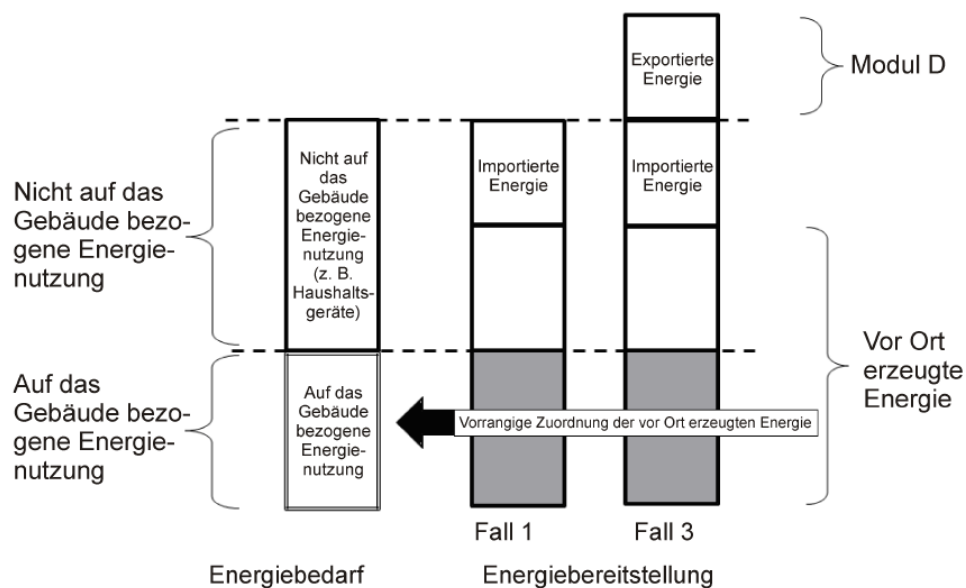
sind.

*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 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 14044, 3.14



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*

EN 15978, 7.4

*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.*

*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 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.*

EN 15978, 8.8

*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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> - 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, e7:

Analyse des kostenoptimalen Anforderungsniveaus für Wohnungsneubauten

02\_02, Austrian Energy Agency:

Kostenoptimale Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz gem. EPBD Art.5

02\_03, TU-Wien:

Studie zur Analyse der österr. Anforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden bez. auf Kostenoptimalität

02\_06, OIB:

Nachweis der Kostenoptimalität der Anforderungen der OIB-RL6 und des Nationalen Plans gem. EPBD 2010 Art.5

02\_08, Energieinstitut Vorarlberg und e7:

Analyse des kostenoptimalen Anforderungsniveaus für Wohnbauten in Vorarlberg

03\_01, DUK:

Bauen 2020 – Gebäudesystemvergleich

03\_04, Rhomberg:

Wohnkomfort und Heizwärmeverbrauch im PH und NEH

03\_06, gbv:

Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit

03\_07, ACR:

Innovative Gebäudekonzepte im Vergleich

03\_09, bm:vit:

Nachhaltig Wirtschaften – Gebäude maximaler Energieeffizienz mit integrierter erneuerbarer Energieerschließung

03\_10, Ascona GbR:

Sensitivitätsanalyse von Gebäudeökobilanzen



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 03\_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 CO<sub>2</sub><sub>aqui</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Emissionen und Primärenergiebedarf**

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 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.<sup>28</sup>

---

<sup>28</sup> 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.<sup>29</sup>

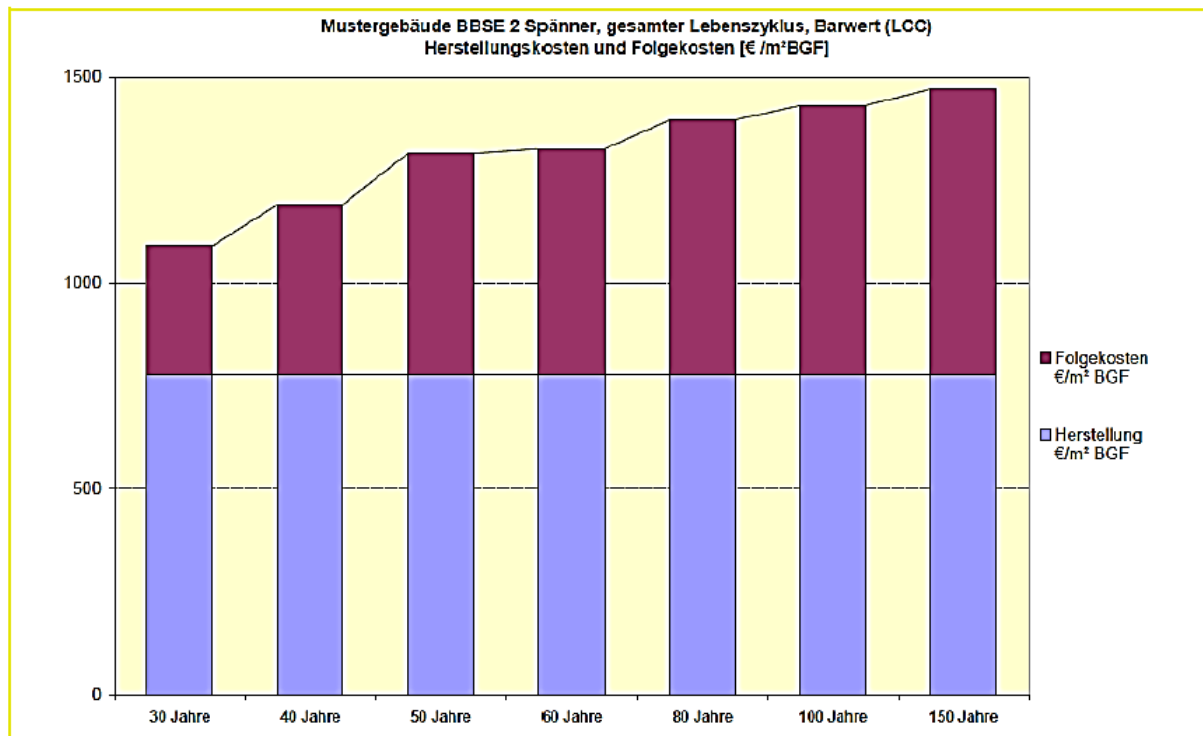


Abbildung 43 Gesamtübersicht Barwert Herstellung und Nutzungskosten

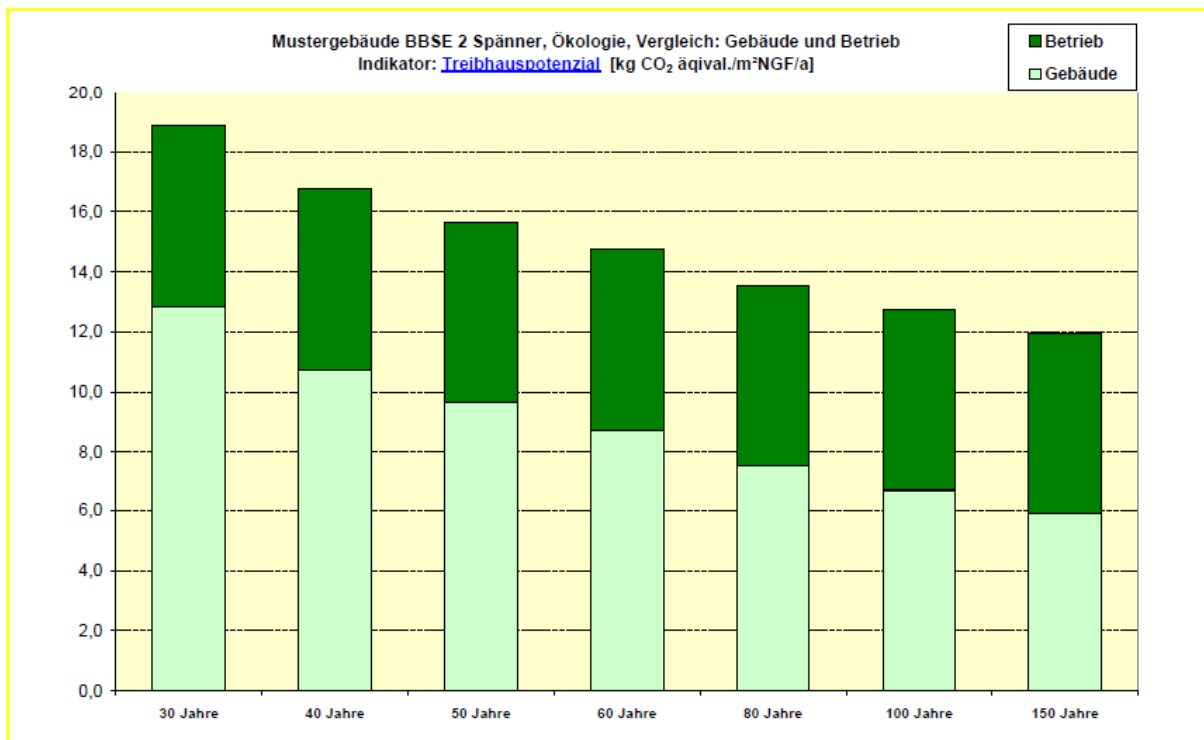
Die Höhe der Lebenszykluskosten verschiedener Betrachtungszeiträume entwickelt sich nicht gleichmäßig, da sie einerseits durch die zeitlichen Abstände von 10, 20 und 50 Jahren, andererseits durch die fälligen Instandsetzungsmaßnahmen beeinflusst werden. Jedenfalls wird bei gleich bleibenden Herstellungskosten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

### 12.1.2 CO<sub>2</sub>-Emissionen

Betreffend die CO<sub>2</sub><sub>äqui</sub>-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.<sup>30</sup>

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

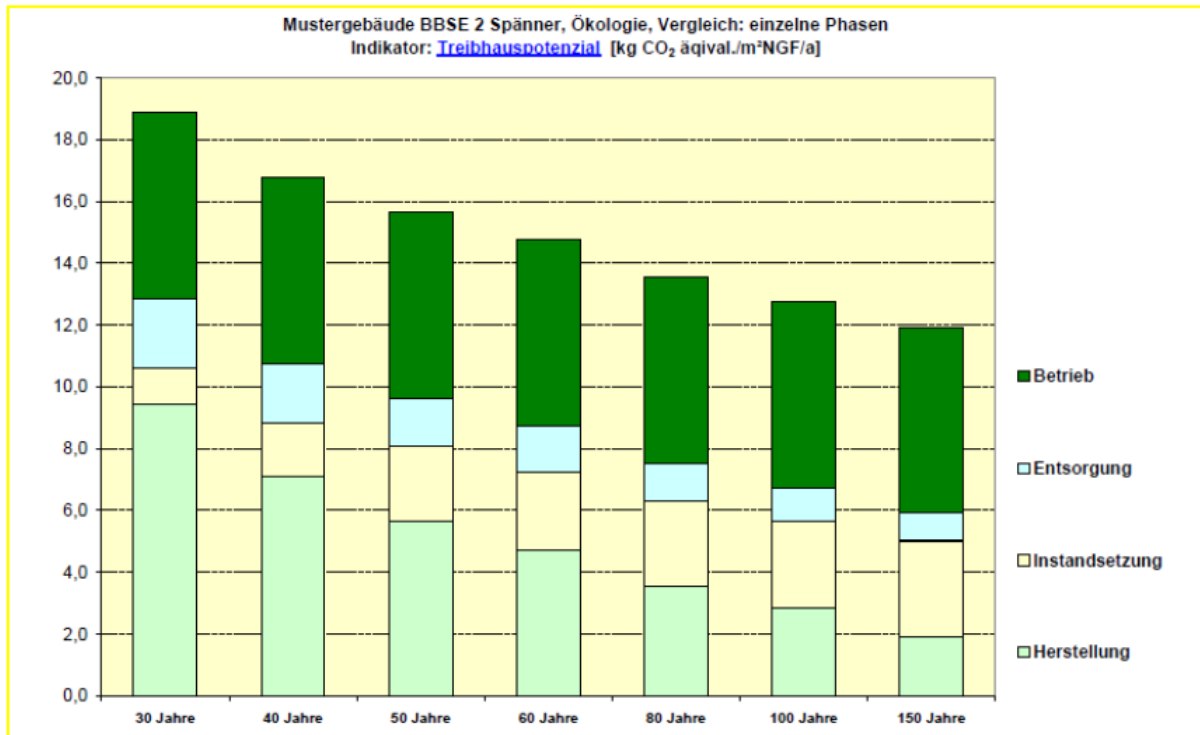
<sup>30</sup> Vgl. auszugsweise.: König H. und De Cristofaro L., Sensitivitätsanalyse von Gebäudeökobilanzen bezogen auf den Einzelaspekt Betrachtungszeitraum, 2012, S. 23 -24



**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.<sup>31</sup>

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

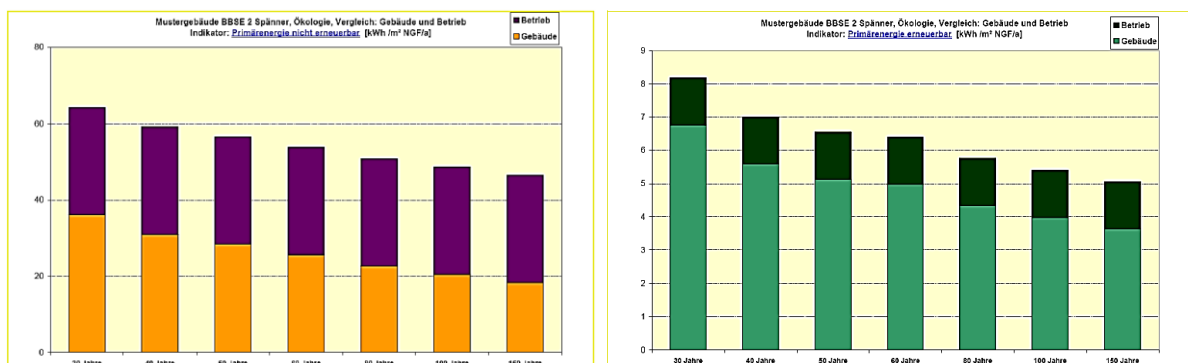


**Abbildung 45: Gesamtübersicht Treibhauspotenzial Gebäude aufgeteilt**

### 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.<sup>32</sup> Bei der nachfolgenden Gegenüberstellung ist die unterschiedliche Skalierung der Ordinate [kWh/m<sup>2</sup><sub>NGFa</sub>] zu beachten.

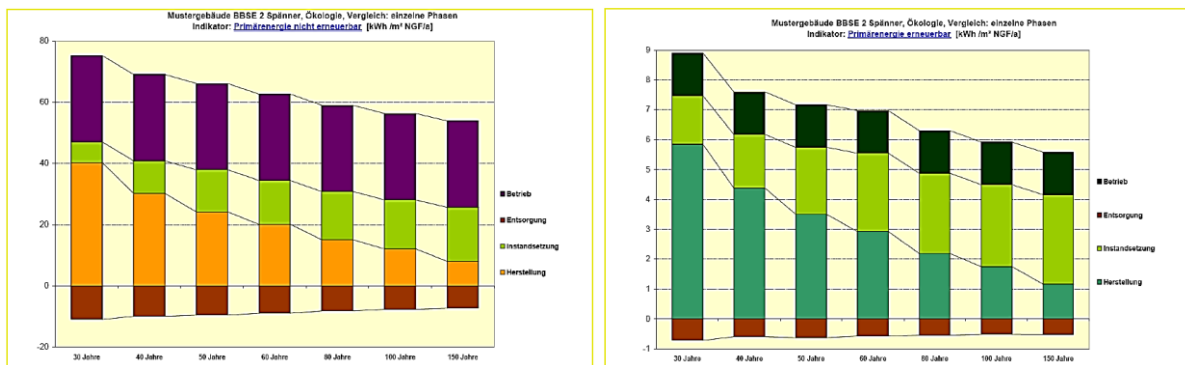


<sup>32</sup>Vgl. auszugsweise.: König H. und De Cristofaro L., Sensitivitätsanalyse von Gebäudeökobilanzen bezogen auf den Einzelaspekt Betrachtungszeitraum, 2012, S. 49 und 54

#### 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 [ $\text{kWh}/\text{m}^2_{\text{NGF}}\text{a}$ ] zu beachten.<sup>33</sup>



#### 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.

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

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

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 03\_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, Dissertation: Technische Hochschule Aachen:

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

h\_02, Diplomarbeit: BOKU und TU-Wien:

Toleikyte A., Perspektiven zur Reduktion des Energiebedarfes und der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Wohngebäudesektor durch die Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie in Irland und Malta, Institut für Energiesysteme und elektrische Antriebe TU-Wien, 2012

h\_03, Nunen, Mooiman:

Nunen van H., Mooiman A., Improved service life predictions for better life cycle assessments, 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 unterschiedliche 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.<sup>34</sup>

|                     | Referenzhaus                                                                            | Haus A                                                                                                                                    | Haus B                                                                                                 | Haus C                                                                            | Haus D <sup>1</sup>                                                                                                                                                           | Haus E                                                                               |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Energiebezugsfläche | 177 m <sup>2</sup>                                                                      | 176 m <sup>2</sup>                                                                                                                        | 178 m <sup>2</sup>                                                                                     | 200 m <sup>2</sup>                                                                | 183 m <sup>2</sup>                                                                                                                                                            | 185 m <sup>2</sup>                                                                   |
| Heizwärmebedarf     | 98 kWh/m <sup>2</sup> a                                                                 | 34 kWh/m <sup>2</sup> a                                                                                                                   | 43 kWh/m <sup>2</sup> a                                                                                | 47 kWh/m <sup>2</sup> a                                                           | DI: 52 kWh/m <sup>2</sup> a<br>DII: 43 kWh/m <sup>2</sup> a                                                                                                                   | 51 kWh/m <sup>2</sup> 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 Mineralwollendämmung; 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<br>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-Wärmeschutz-glas, Holzrahmen k-Wert: 1,4                                                                                                                         | Zweischeiben-Wärmeschutzglas, Holzrahmen k-Wert: 1,4                                 |
| Dach                | Holzkonstruktion, Zwischensparrendämmung <sup>2</sup> d: 14 cm k-Wert: 0,29             | Holzkonstruktion, Zwischensparren- und Untersparrendämmung <sup>2</sup> d: 18 bzw. 3 cm k-Wert: 0,2                                       | Holzkonstruktion, Über-sparren- und Zwischen-sparrendämmung <sup>2</sup> d: 14 bzw. 8 cm; k-Wert: 0,16 | Porenbetonkonstruktion d: 20 cm, Außendämmung <sup>2</sup> d: 12 cm; k-Wert: 0,22 | Holzkonstruktion, Zwischen-sparrendämmung <sup>2</sup> d: 20 cm; k-Wert: 0,24                                                                                                 | Porenbetonkonstruktion d: 14,5 cm, Außen-dämmung <sup>2</sup> d: 18 cm; k-Wert: 0,18 |
| Decken              | Stahlbetondecke (KG, EG) d: 18 cm, Kehlbalendecke (OG), Mineralwollendämmung d: 11,5 cm | Stahlbetondecke (KG, EG) d: 20 cm, Kehlbalendecke (OG), Mineralwollendämmung d: 11,5 cm                                                   | Stahlbetondecke (KG, EG) d: 18 cm, Kehlbalendecke (OG), Mineralwollendämmung d: 11,5 cm                | Porenbetondecke (keine Decke im OG); d: 24 cm                                     | Holzbalkendecke, Mineralwollendämmung 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                                                                                                                    | Gasrennwertkessel                                                                                      | CI: Gaskessel atm. Brenner<br>CII: Gasrennwertkessel                              | DI: Gasgebläsebrenner<br>DII: Elektroöfen                                                                                                                                     | Gaskessel atm. Brenner                                                               |

<sup>1</sup> Bei Haus DI wurde die Außenwand weniger gut gedämmt als bei Haus DII (siehe Elementdaten). <sup>2</sup> 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 43kwh/m<sup>2</sup>a 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<sub>2äqui</sub>-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 annähernd gleichen Niveaus mit länger werdendem Betrachtungszeitraum zunehmend unterschiedlichen Bedarf an nicht erneuerbarer Primärenergie entwickeln.<sup>35</sup>

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

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

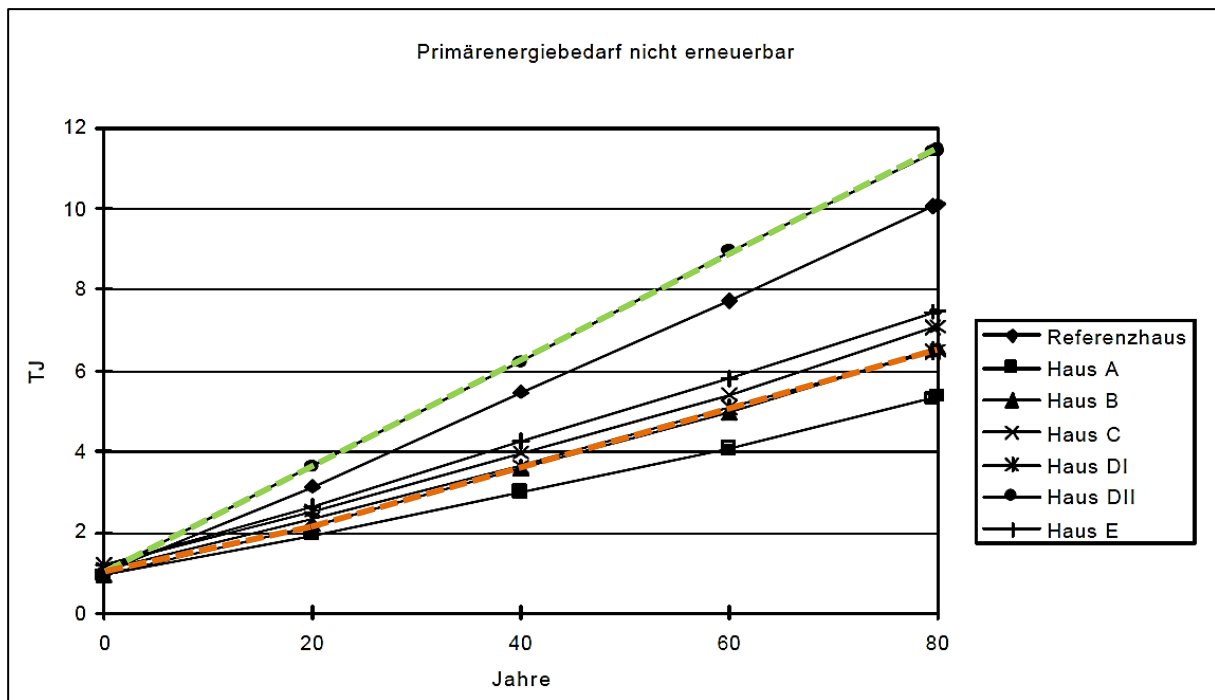


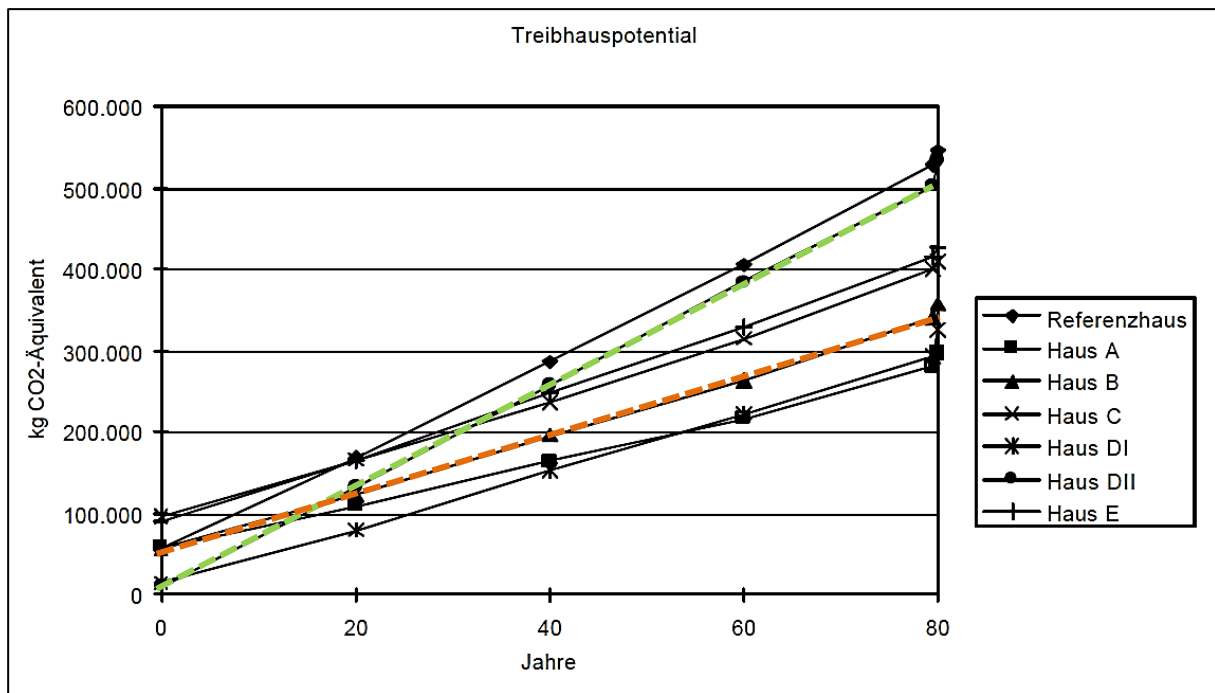
Abbildung 48: Zeitlicher Verlauf Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, hervorgehoben Haus B (orange) und Haus DII (grün)

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  $\text{CO}_{2\text{äqui}}$ -Emissionen wird festgestellt, dass erst ab einem Betrachtungszeitraum von 60 Jahren die Effekte des Neubaus durch jene des Betriebs ausgeglichen werden.<sup>36</sup>

<sup>36</sup> 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 CO<sub>2</sub>-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:<sup>37</sup>

<sup>37</sup> Toleikyte A., Perspektiven zur Reduktion des Energiebedarfes und der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Wohngebäudesektor durch die Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie in Irland und Malta, Institut für Energiesysteme und elektrische Antriebe TU-Wien, 2012, S. 53

| 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.<sup>38</sup>

---

<sup>38</sup> Toleikyte A., Perspektiven zur Reduktion des Energiebedarfes und der CO<sub>2</sub>-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

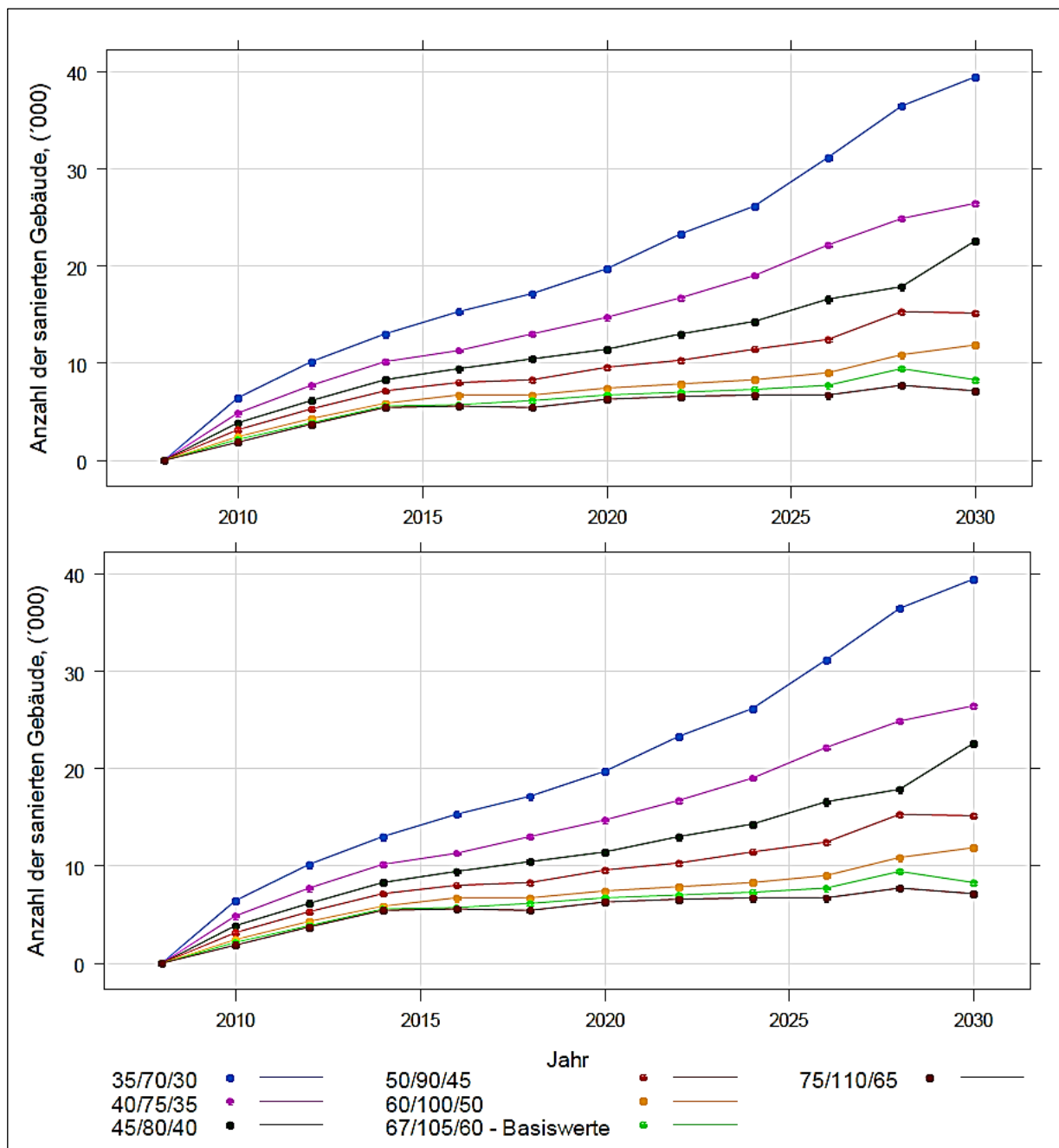
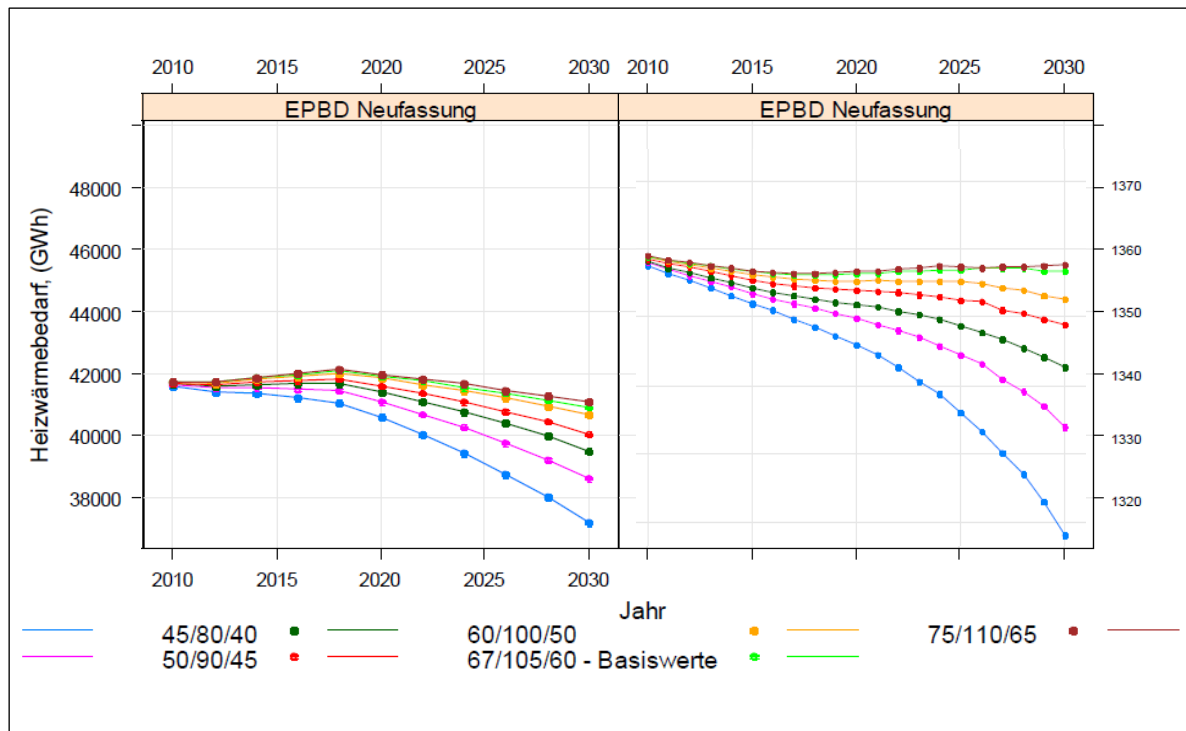


Abbildung 50: Anzahl der sanierten Gebäude, Sensitivitätsanalyse der Lebensdauer von Fenster und Fassade, 2011 - 2030 in Irland oben, in Malta unten

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

<sup>39</sup> Toleikyte A., Perspektiven zur Reduktion des Energiebedarfes und der CO<sub>2</sub>-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**

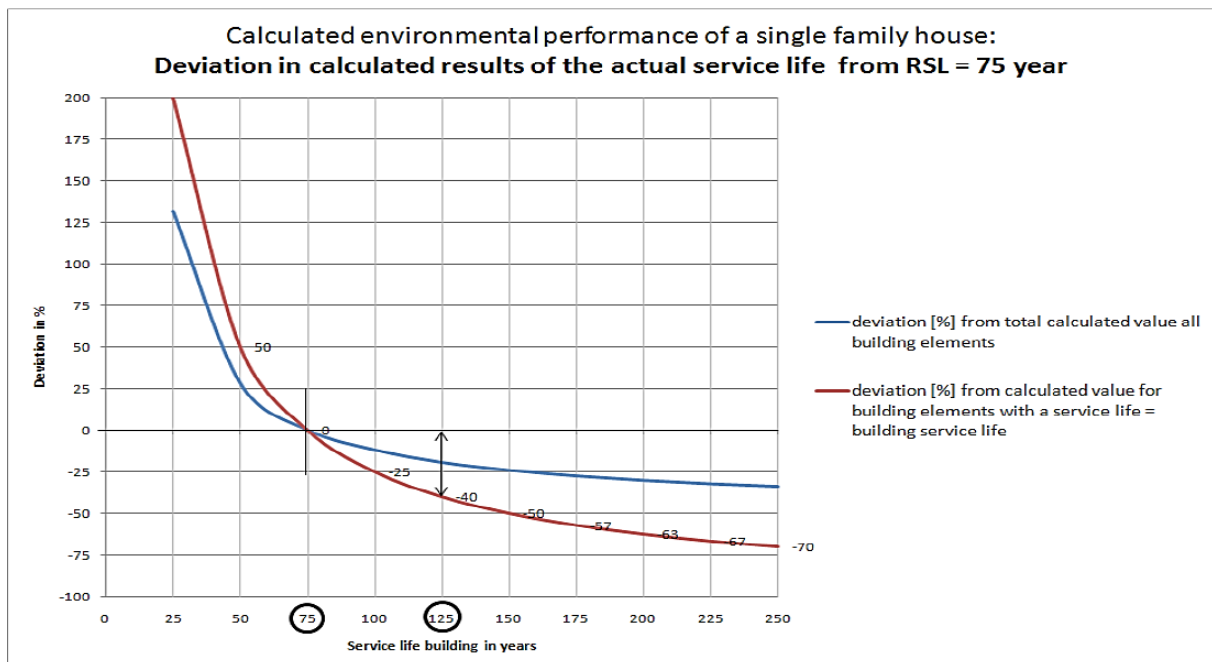
Das Ergebnis der Studie legt nahe, dass im Rahmen einer übergeordneten Betrachtung, eine besondere Langlebigkeit von Komponenten, deren Qualität von spezieller Relevanz für die Energieeffizienz des Gebäudes ist, zu einer schlechteren Performance des Gesamtbestandes über die Zeit bedingt durch eine niedrige 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 %.<sup>40</sup>



**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.

05\_01 ÖNORM EN 15643-1 bis -4

Nachhaltigkeit von Bauwerken, 2010 bis 2012

<sup>40</sup> 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

Erweiterung:

05\_02 ÖNORM EN ISO 14040: 11\_2009

Umweltmanagement - Ökobilanz

05\_03 EN 15978:2012-10

Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden - Berechnungsmethode

05\_04 ISO 14044:2006-10

Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen

05\_06 ISO 15686-1 und -9:

Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 1: General principles and framework; Service-life planning. – Part 9: Guidance on assessment of service-life data

05\_07 ISO 21931-1:2010

Sustainability in building construction - Framework for methods of assessment of the environmental performance of construction works - Part 1: Buildings

05\_08 ISO 15392: 2008

Sustainability in building construction - General principles

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*

ISO 14044, 4.4

#### *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*

*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.*

EN 15978, 3.2

*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.*

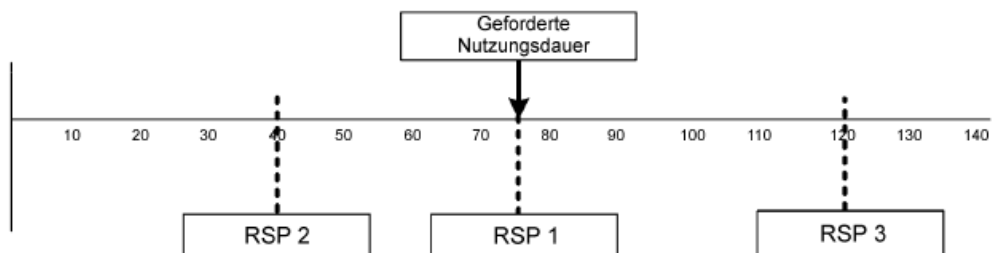
EN 15978, 7.2

*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*

EN 15978, 7.3



*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 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*

EN 15978, 7.5



*Fundament, Rahmen, Träger, Säulen und Platten, nichttragende Elemente,...*

*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 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.*

EN 15978, 9.3

*Auf der Gebäudeebene müssen 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*

ISO 15686-1, 0.3

*circumstances, and to take account of locality and microclimate.*

*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 perform its required functions.*

ISO 15686-1, 3.13

*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:*

ISO 15686-1, 4.3

- *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*

*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.*

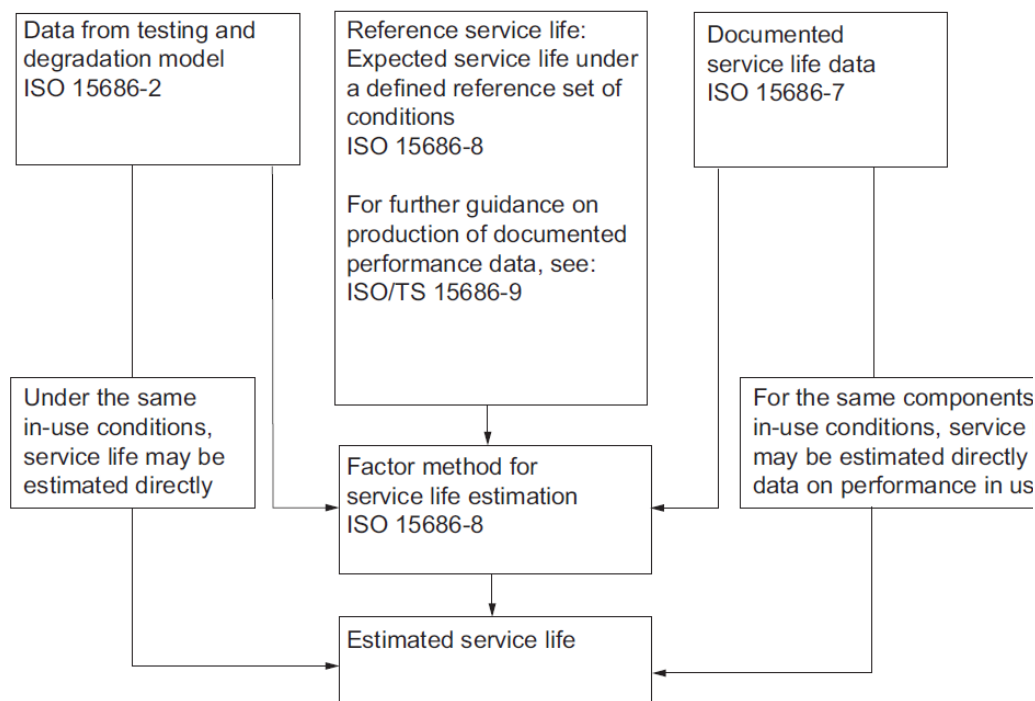
ISO 15686-1, 5.7

*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*

ISO 15686-1, 5.8

building or its components precisely.

#### 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<br>— Unnecessary facility office partitioning remove remodelling                                                                                 |
| Technological        | — Better performance available from modern alternatives<br>— Changing pattern of building use | — Change from vitreous clay to stainless-steel sink<br>— Change to open-plan layout in factories installation of new plant<br>— New insulation for enhanced thermal performanc |
| Economic             | — Fully functional but less efficient<br>— More expensive than alternatives                   | — Replacement of sectional boilers with condensin                                                                                                                              |

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.

ISO 15686-1, 7.3

*This can be particularly relevant to offices and particular consideration should be given to the building frame or structure.*

#### *Agents affecting the service life of building components*

| Nature                 | Class                                                                                                                | Examples                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mechanical agents      | Gravity<br>Forces and imposed or restrained deformations<br>Kinetic energy<br>Vibrations and noises                  | Snow loads, rainwater loads<br>Ice formation, expansion and contraction, land slip, creep<br>Impacts, sand storm, water hammer<br>Tunnelling, vibration from traffic or domestic appliances                                                  |
| Electromagnetic agents | Radiation<br>Electricity<br>Magnetism                                                                                | Solar or ultraviolet radiation, radioactive radiation<br>Electrolytic reactions, lightning<br>Magnetic fields                                                                                                                                |
| Thermal agents         | Extreme levels or fast alterations of temperature                                                                    | Heat, frost, thermal shock, fire                                                                                                                                                                                                             |
| Chemical agents        | Water and solvents<br>Oxidizing agents<br>Reducing agents<br>Acids<br>Alkalis (bases)<br>Salts<br>Chemically neutral | Air humidity, ground water, alcohol<br>Oxygen, disinfectant, bleach<br>Sulphides, ammonia, agents of combustion<br>Carbonic acid, bird droppings, vinegar<br>Lime, hydroxides<br>Nitrates, phosphates, chlorides<br>Limestone, fat, oil, ink |
| Biological agents      | Vegetable and microbial<br>Animal                                                                                    | Bacteria, moulds, fungi, roots<br>Rodents, termites, worms, birds.                                                                                                                                                                           |

ISO 15686-1, A

#### *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*

ISO 15686-1, B.5

- *usage*

*In service life planning, a particular margin of error should be allowed to account for the occurrence of less than-perfect conditions on the work site.*

ISO 15686-1, B.6

*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 <sup>a</sup> | 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*

ISO 15686-1, B.8

*trigger replacement of the building.*

*To reduce the risk of failure occurring within the design life of the building when the 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.*

ISO 15686-1, B.8

*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*

ISO 15686-9, 4.1

- *design level of the works*
- *standards of workmanship*
- *indoor environment*
- *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<br>- ageing<br>- maintenance<br>- operation<br>- usage | End of life |
| Procurement of a building                                           |                        |                                 |                                          |              |                                                            |             |
| Design and construction of a new building                           |                        |                                 |                                          |              |                                                            |             |
| Improving operation of an existing building                         |                        |                                 |                                          |              |                                                            |             |
| Designing for retrofit and refurbishment during the operating phase |                        |                                 |                                          |              |                                                            |             |
| Deconstruction and disposal at the end of the operating phase       |                        |                                 |                                          |              |                                                            |             |
| Assessment of the environmental performance of an existing building |                        |                                 |                                          |              |                                                            |             |

#### 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.*

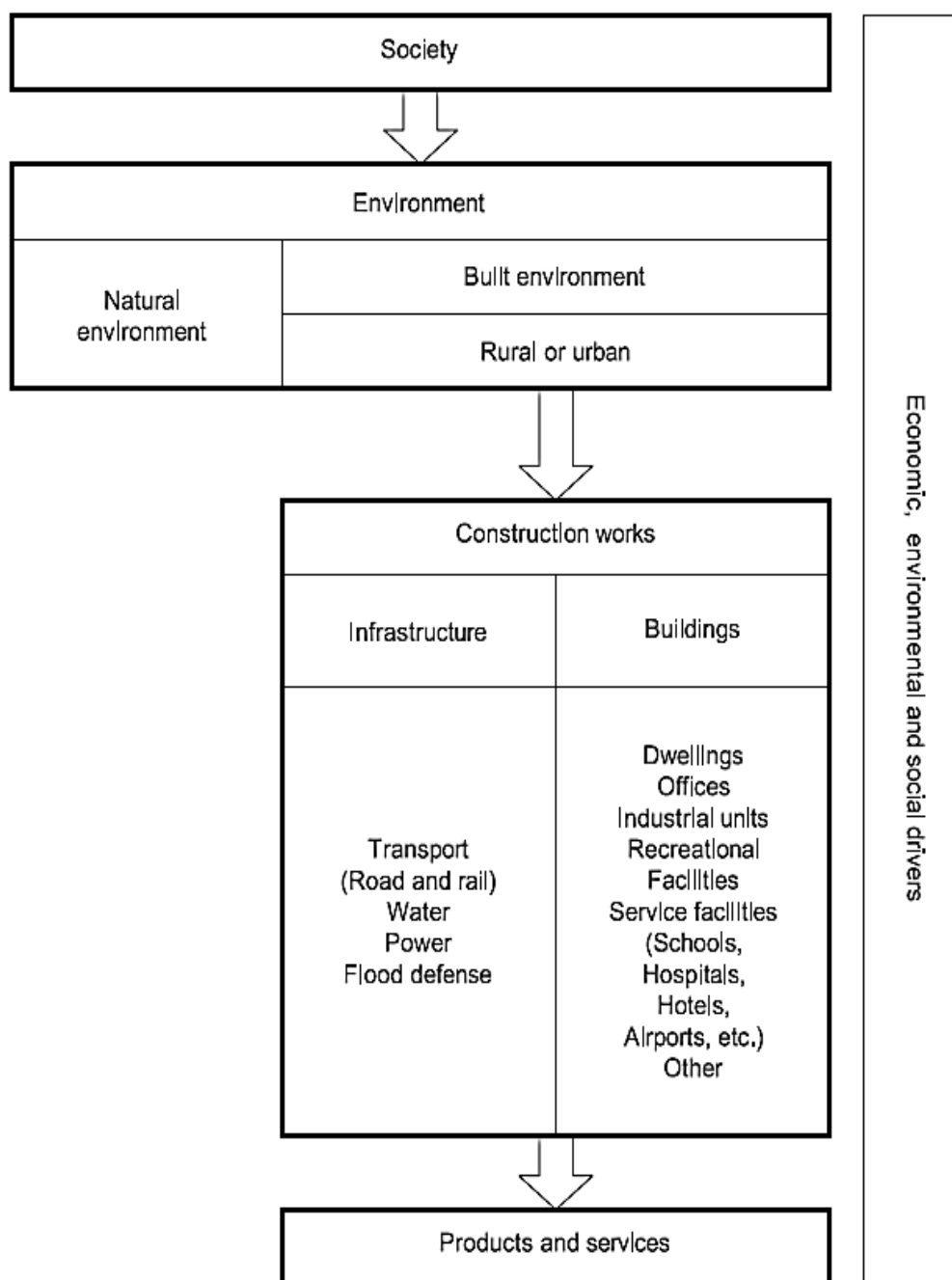
ISO 15392,3.16

*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 .....                                                                                                                                                                 | 23  |
| 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 <sub>2</sub> -Emissionen, Quelle: OIB.....                                                                                                                                         | 25  |
| Abbildung 12: Lebenszykluskosten für Wohnen Neubau für Wien über dem f <sub>GEE</sub> , 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 <sup>2</sup> EBF] ..... | 28  |
| Abbildung 14: Kostenoptimum bezüglich des HWB für die Massivbauvariante des Einfamilienhauses mit WP .....                                                                                                                                                 | 29  |
| Abbildung 15: Berechnungsergebnisse für die Massivbauvarianten des EFH Massivbauweise mit Wärmepumpenheizung .....                                                                                                                                         | 29  |
| Abbildung 16: Vergleich der Treibhausgasemissionen der Errichtung .....                                                                                                                                                                                    | 32  |
| Abbildung 17: Jahreskosten des gebäudetechnischen Systems Sole WP mit solarer WWB .....                                                                                                                                                                    | 33  |
| Abbildung 18: CO <sub>2</sub> -Emissionen Gebäudebetriebs des Systems Sole WP mit solarer WWB .....                                                                                                                                                        | 33  |
| Abbildung 19: Vergleich des Treibhauspotentials aller Gesamtgebäudevarianten, Bilanzierungszeitraum 100 Jahre, Quelle: ACR .....                                                                                                                           | 37  |
| Abbildung 20: Gegenüberstellung der Gesamtbarwerte in Euro pro m <sup>2</sup> Nettogeschoßfläche, Bilanzierungszeitraum 50 Jahre, Quelle: ACR .....                                                                                                        | 38  |
| Abbildung 21: Summe der Energie- und Wartungskosten, Quelle: gbv .....                                                                                                                                                                                     | 48  |
| Abbildung 22: Baukosten, Quelle: gbv .....                                                                                                                                                                                                                 | 49  |
| Abbildung 23: Soll-Ist-Vergleich Raumwärme, Quelle: Treberspurg, Smutny.....                                                                                                                                                                               | 51  |
| Abbildung 24: Bandbreite der baulichen Mehr- und Minderkosten für Passivhausbauweise, Quelle: Schöberl.....                                                                                                                                                | 53  |
| Abbildung 25: Summen der Mehrkosten für Passivhausbauweise auf Bauwerkskostenebene, Quelle: Schöberl .....                                                                                                                                                 | 54  |
| Abbildung 26: Diskrepanz von Betrachtungszeitraum und geplanter Nutzungsdauer eines Gebäudes .....                                                                                                                                                         | 59  |
| Abbildung 27: Gesamtübersicht Barwert Herstellung und Nutzungskosten .....                                                                                                                                                                                 | 61  |
| Abbildung 28: Gesamtübersicht Treibhauspotenzial Gebäude nach den Kostengruppen: 300 Baukonstruktion und 400 Technische Anlagen .....                                                                                                                      | 62  |
| Abbildung 29: Gesamtübersicht Primärenergie erneuerbar. Gebäude aufgeteilt, Rohbau-Ausbau prozentual und nach den Kostengruppen: 300 Baukonstruktion und 400 Technische Anlagen.....                                                                       | 63  |
| Abbildung 30: Überschreitung biophysikalischer Belastungsgrenzen der Erde nach dem Planet boundaries Modell, Quelle: Rockström .....                                                                                                                       | 68  |
| 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.....                                                      | 114 |
| Abbildung 40: Exemplarische Darstellung eines Studienergebnisses zur CO <sub>2</sub> -Speicherung durch Holzbau .....                                                                                                                                      | 116 |
| Abbildung 41: Exemplarische Darstellung eines Studienergebnisses einer vergleichenden CO <sub>2</sub> -Bilanz .....                                                                                                                                        | 118 |
| Abbildung 42: Vergleich unterschiedlicher Bauweisen in Hinsicht auf die CO <sub>2</sub> eq Emissionen in kg/m <sup>2</sup> und Jahr bei lebenszyklischer Betrachtung .....                                                                                 | 119 |
| Abbildung 43 Gesamtübersicht Barwert Herstellung und Nutzungskosten .....                                                                                                                                                                                  | 130 |
| Abbildung 44: Gesamtübersicht Treibhauspotenzial Gebäude zu energetischem Betrieb .....                                                                                                                                                                    | 131 |
| Abbildung 45: Gesamtübersicht Treibhauspotenzial Gebäude aufgeteilt.....                                                                                                                                                                                   | 132 |

|                                                                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abbildung 46: Gesamtübersicht Primärenergie nicht erneuerbar, Gebäude zu energetischem Betrieb, links .....                                                | 133 |
| Abbildung 47: Gesamtübersicht Primärenergie nicht erneuerbar, Gebäude differenziert zu energetischem Betrieb, links .....                                  | 133 |
| Abbildung 48: Zeitlicher Verlauf Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, hervorgehoben Haus B (orange) und Haus DII (grün) .....                             | 136 |
| Abbildung 49: Zeitlicher Verlauf Treibhauspotential, hervorgehoben Haus B (orange) und Haus DII (grün) .....                                               | 137 |
| Abbildung 50: Anzahl der sanierten Gebäude, Sensitivitätsanalyse der Lebensdauer von Fenster und Fassade, 2011 - 2030 in Irland oben, in Malta unten ..... | 139 |
| Abbildung 51: Heizwärmebedarf bei EPBD Neufassung und bei unterschiedlichen Lebensdauern von Gebäudekomponenten, Irland links, Malta rechts .....          | 140 |
| Abbildung 52: Abweichungen der berechneten belastenden Umweltwirkungen in Abhängigkeit vom Betrachtungszeitraum .....                                      | 141 |

## 14.2 Tabellenverzeichnis

|                                                                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabelle 1: Übersicht über die untersuchten Varianten, Quelle: ACR .....                                                                           | 36  |
| Tabelle 2: Endenergiebedarf Raumheizung über Kategorien der therm. Qualität (HWB), Quelle: gbv .....                                              | 46  |
| Tabelle 3: Betriebskosten von Passiv- und Niedrigenergiehäusern, Quelle: Schöberl .....                                                           | 56  |
| Tabelle 4: Befragungsergebnisse Innenraumbehaglichkeit, Zufriedenheit, Quelle: Rhomberg .....                                                     | 65  |
| 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 .....                                                     | 135 |
| Tabelle 9: Lebensdauerfaktor für Gebäude für die Sensitivitätsanalyse für Irland und Malta .....                                                  | 138 |