

Weiterentwicklung der Lebenszykluskosten-Methodik

Endbericht

03.08.2015

Forschungsprogramm

Zukunft Bau, ein Forschungsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)

Projektlaufzeit

November 2014 bis Juli 2015

Aktenzeichen

10.08.17.7-14.37

im Auftrag

des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)

bearbeitet von

Dr. Andreas Enseling, Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU), Darmstadt

Martin Vaché, Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU), Darmstadt

Eberhard Hinz, Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU), Darmstadt



mit Unterstützung durch

Prof. Dr. Thomas Lützkendorf, Lehrstuhl Ökonomie und Ökologie des Wohnungsbaus (ÖÖW) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Matthias Unholzer, Lehrstuhl Ökonomie und Ökologie des Wohnungsbaus (ÖÖW) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)



Inhalt

Kurzfassung	5
Summary	7
1 Problem- und Aufgabenstellung.....	9
1.1 Problem- und Aufgabenverständnis.....	9
1.2 Forschungsleitfragen	10
1.3 Arbeitspakete und methodisches Vorgehen	10
1.3.1 Arbeitspaket 1: Grundlagen	11
1.3.2 Arbeitspaket 2: Systematisches Rechenmodell.....	11
2 Grundlagen zur Festlegung wesentlicher Variablen	12
2.1 Stand der Forschung/Normung im Bereich der Lebenszykluskostenrechnung	12
2.1.1 Überblick über die nationale und internationale Situation.....	12
2.1.2 Zusammenfassung.....	19
2.2 Stand der Forschung und Praxis der Wirtschaftlichkeitsrechnung in der Wohnungswirtschaft	21
2.2.1 Grundlagen	21
2.2.2 Ergebnisse der Literaturrecherche	22
2.2.3 Empirische Studien	24
2.3 Einfluss der Diskontrate und der Preissteigerungsrate für Energie	25
2.3.1 Diskontrate	25
2.3.2 Preissteigerungsraten für Energie	25
2.3.3 Auswirkungen von Änderungen	26
2.3.4 Übliche Ansätze von Diskontraten und Preissteigerungsraten in Lebenszykluskostenrechnungen und wohnungswirtschaftlichen Verfahren	26
2.3.5 Exkurs: „soziale Diskontrate“/externe Effekte	28
2.4 Weiterentwicklungsbedarf der Lebenszykluskostenrechnung vor dem Hintergrund der wohnungswirtschaftlichen Praxis.....	29
3 Entwicklung eines systematischen Rechenmodells	32
3.1 Methodikvergleich Lebenszykluskostenrechnung und wohnungswirtschaftliche Rechenverfahren	32
3.1.1 Festlegung von Rahmenbedingungen	32
3.1.2 Ermittlung der Auszahlungen	33
3.1.3 Ermittlung der Einzahlungen	35
3.1.4 Zusammenfassung.....	36
3.2 Sensitivitätsanalyse Neubau.....	38
3.2.1 Annahmen	38
3.2.2 Der Einfluss von Preissteigerungsraten	40
3.2.3 Wie verändert sich die wohnungswirtschaftliche Rendite in Abhängigkeit von Preissteigerungsfaktoren?.....	41
3.2.4 Welchen Einfluss auf die Höhe von Lebenszykluskosten besitzen Preissteigerungsfaktoren?	45
3.2.5 Der Einfluss des Diskontsatzes	50
3.2.6 Wie verändern sich die Lebenszykluskosten in Abhängigkeit vom Diskontsatz?	51
3.2.7 Welchen Einfluss hat der Diskontzinssatz auf die relative Lebenszykluskostenposition verschiedener Umsetzungsvarianten im gleichen energetischen Standard?.....	52

3.3	Vorschläge für zukünftige Festlegungen	54
3.3.1	Einheitliche Diskont- und Preissteigerungsraten	54
3.3.2	Diskussion von Möglichkeiten und Konsequenzen einer Verwendung variabler statt mittlerer Raten	55
3.3.3	Einfluss von Bauteilen auf die Höhe der Folgekosten (Wartung, Inspektion, Instandsetzung).....	57
3.4	Vorschläge zum Umgang mit Rückbau und Entsorgung.....	57
3.5	Möglichkeiten und Konsequenzen einer Integration externer Kosten	58
4	Ergebnisse und Empfehlungen	60
4.1	Zusammenfassung der Ergebnisse	60
4.2	Fazit der Untersuchung	63
	Literaturverzeichnis	65
Anhang A -	Sensitivitätsanalyse Bestand (Berechnung der global cost)	69
Anhang B -	Zahlungsflüsse Lebenszykluskostenrechnung	78
Anhang C -	Einflussnahme von Bauteilen auf ausgewählte Nutzungskosten	85

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: LEBENSZYKLUSKOSTEN (HIER BEZEICHNET ALS „LEBENSZYKLUSWIRTSCHAFTLICHKEIT“) AUS SCHWEIZERISCHER SICHT	15
ABBILDUNG 2: GLIEDERUNGSSYSTEM DER ÖNORM B 1801-1:2009	17
ABBILDUNG 3: LEBENSZYKLUSKOSTEN MIT ABSCHREIBUNG UND FINANZIERUNG.....	18
ABBILDUNG 4: SYSTEMATIK DER ISO 15686-5	19
ABBILDUNG 5: METHODIKVERGLEICH - ZUSAMMENFASSUNG	37
ABBILDUNG 6: HÄUFIGKEITSVERTEILUNG DER RENDITEKENNZAHLEN UNTERSCHIEDLICHER ENERGETISCHER STANDARDS BEI VARIABLEN PREISSTEIGERUNGSRATEN	43
ABBILDUNG 7: ZUSAMMENHANG ZWISCHEN RENDITEKENNZAHLE UND PREISSTEIGERUNGSRATEN	44
ABBILDUNG 8: SENSITIVITÄTSANALYSE DER RENDITEKENNZAHLEN GEGENÜBER EINER VERÄNDERUNG DER PREISSTEIGERUNGSRATE	45
ABBILDUNG 9: PERZENTILE DER LEBENSZYKLUSKOSTEN UNTERSCHIEDLICHER ENERGETISCHER STANDARDS BEI VARIABLEN PREISSTEIGERUNGSRATEN	46
ABBILDUNG 10: RANGORDNUNG DER LEBENSZYKLUSKOSTEN UNTERSCHIEDLICHER ENERGETISCHER STANDARDS BEI VARIABLEN PREISSTEIGERUNGSRATEN	47
ABBILDUNG 11: ZUSAMMENHANG ZWISCHEN LEBENSZYKLUSKOSTEN UND PREISSTEIGERUNGSRATEN	48
ABBILDUNG 12: SENSITIVITÄTSANALYSE DER LEBENSZYKLUSKOSTEN GEGENÜBER EINER VERÄNDERUNG DER PREISSTEIGERUNGSRATE.....	49
ABBILDUNG 13: LEBENSZYKLUSKOSTEN UNTERSCHIEDLICHER UMSETZUNGSVARIANTEN IN ABHÄNGIGKEIT VOM DISKONTZINSSATZ	52
ABBILDUNG 14: VOFI-RENDITEVERGLEICH UNTERSCHIEDLICHER UMSETZUNGSVARIANTEN (KfW-70 STANDARD).....	52
ABBILDUNG 15: RANGORDNUNG DER LEBENSZYKLUSKOSTEN UNTERSCHIEDLICHER UMSETZUNGSVARIANTEN IN ABHÄNGIGKEIT VOM DISKONTZINS	53
ABBILDUNG 16: BARWERT DER GESAMTKOSTEN FÜR DIE MAßNAHME WÄRMEDÄMMVERBUNDSYSTEM IM UNSANIERTEN MFH-ALTBAU: UNTER DEN GEWÄHLTEN STANDARDBEDINGUNGEN SIND 11,5 CM DÄMMUNG OPTIMAL.....	73
ABBILDUNG 17: EINFLUSS VERSCHIEDENER PARAMETER AUF DEN BARWERT (VOLLKOSTENANSATZ NACH EU-METHODE), MAßNAHME: 14 CM WÄRMEDÄMMVERBUNDSYSTEM IM UNSANIERTEN ALTBAU.....	75
ABBILDUNG 18: EINFLUSS VERSCHIEDENER PARAMETER AUF DIE OPTIMALEN DÄMMDICKE (VOLLKOSTENANSATZ NACH EU-METHODE), MAßNAHME: WÄRMEDÄMMVERBUNDSYSTEM IM UNSANIERTEN ALTBAU.....	77

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: LITERATURRECHERCHE ZUR WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG AUS WOHNUNGSWIRTSCHAFTLICHER PERSPEKTIVE.....	22
TABELLE 2: ÜBLICHE ANSÄTZE ZUR DISKONTRATE BEI NOMINALER BETRACHTUNG.....	27
TABELLE 3: ÜBLICHE ANSÄTZE ZUR ENERGIEPREISSTEIGERUNGSRATE (HAUPTENERGIETRÄGER)	27
TABELLE 4: BEISPIELE FÜR ENERGIEPREISZUSCHLÄGE.....	28
TABELLE 5: VERGLEICH ZWISCHEN LZK I.E.S. UND WOHNUNGSWIRTSCHAFTLICHEN VERFAHREN.....	30
TABELLE 6: METHODIKVERGLEICH – RAHMENBEDINGUNGEN	32
TABELLE 7: METHODIKVERGLEICH – AUSZAHLUNGEN	33
TABELLE 8: METHODIKVERGLEICH – EINZAHLUNGEN	35
TABELLE 9: MODELLGEBÄUDE: VERSCHIEDENE ENERGETISCHE STANDARDS	40
TABELLE 10: ANNAHMEN ZU PREISSTEIGERUNGSRATEN	41
TABELLE 11: RENDITEKENNZAHLEN UNTERSCHIEDLICHER ENERGETISCHER STANDARDS BEI VARIABLEN PREISSTEIGERUNGSRATEN	42
TABELLE 12: LEBENSZYKLUSKOSTEN UNTERSCHIEDLICHER ENERGETISCHER STANDARDS BEI VARIABLEN PREISSTEIGERUNGSRATEN	46
TABELLE 13: MODELLGEBÄUDE: GLEICHER ENERGETISCHER STANDARD (KfW-70), ABER VERSCHIEDENE UMSETZUNGSVARIANTEN	50
TABELLE 14: MODELLANNAHMEN.....	51
TABELLE 15: MODELLGEBÄUDE MEHRFAMILIENHAUS MIT 12 WOHNHEITEN – MFH	69
TABELLE 16: RAHMENBEDINGUNGEN UND ANNAHMEN EPBD-METHODE (WOHNGEBÄUDE)	71
TABELLE 17: ZAHLUNGSFLÜSSE IM LEBENSZYKLUS EINES BAUWERKS.....	79
TABELLE 18: EINFLUSSNAHME VON BAUTEILEN AUF AUSGEWÄHLTE NUTZUNGSKOSTEN	86

Kurzfassung

Problemstellung

Vorschläge zur Reduzierung von Baukosten müssen unter anderem auch hinsichtlich ihrer Konsequenzen für die Lebenszykluskosten und die Wirtschaftlichkeit aus Sicht der jeweils betroffenen Akteure untersucht werden. Dies erfordert transparente und nachvollziehbare methodische Grundlagen, die sich an die spezifischen Bedürfnisse der jeweiligen Entscheider anpassen lassen.

Im Immobilienbereich existieren verschiedene Methoden der Wirtschaftlichkeitsrechnung. Allen gemein ist in der Regel die methodische Basis eines dynamischen Rechenmodells mit periodengenaue Berücksichtigung von Zahlungsströmen und die Verwendung von Kriterien (z.B. Barwert, Annuität) zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit.

Je nach Fokus der Entscheidung kann zwischen zwei Methoden unterschieden werden:

- Bei einer Lebenszykluskostenrechnung im engeren Sinne (LCC) werden allein negative Zahlungsströme (Auszahlungen i.S.v. Kosten) als Folge investiver Entscheidungen über den Lebenszyklus der Immobilie berücksichtigt (z.T. unter der Annahme gleicher Erträge).
- In der wohnungswirtschaftlichen Investitionsrechnung wie z.B. dem Vollständigen Finanzplan werden neben investiven Kosten schwerpunktmäßig Erträge (Einzahlungen) berücksichtigt, häufig unter der Annahme, dass die Betriebskosten unabhängig von der gewählten Investitionsvariante sind.

Die Problematik beider Methoden liegt in der unvollständigen Berücksichtigung der Kostenseite in ertragsorientierten Modellen bzw. in der unvollständigen Berücksichtigung der Ertragsseite in kostenorientierten Modellen. Aufgrund des dynamischen Rechenansatzes kann bei ertragsorientierten Modellen daraus eine Untergewichtung laufender Lebenszykluskosten entstehen, welche die Investitionsentscheidung zugunsten geringerer investiver Kosten beeinflussen kann. Daneben besteht bei allen dynamischen Modellen die grundsätzliche Problematik einer angemessenen Gewichtung der Faktoren Zeit und Risiko, was dazu führen kann, dass zukünftige Zahlungen zugunsten gegenwärtiger untergewichtet werden.

Bei der Lebenszykluskostenberechnung stellt sich in diesem Kontext die Frage nach einem geeigneten Verfahren zur Bewertung der Investitionsalternativen, nach den zu berücksichtigenden Kostenkategorien, nach der Länge des Betrachtungszeitraums sowie der Festlegung wesentlicher Rechenparameter (Diskontsatz, Preissteigerungsraten für Energie etc.). Im Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen des Bundes (BNB) hat die öffentliche Hand eine solche Methodik bereits festgelegt (Vgl. Leitfaden Nachhaltiges Bauen). Erfasst und bewertet werden ausgewählte Kosten im Lebenszyklus. Das Bewertungssystem Nachhaltiger Wohnungsbau (NaWoh) verwendet einen vergleichbaren Ansatz, wobei auch zusätzliche Indikatoren zur Beurteilung der Werthaltigkeit der Investition (u.a. Ermittlung des Verkehrswertes zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme und Vergleich mit der Investition) verwendet werden.

In der vorliegenden Untersuchung wurden Vorschläge für die künftige Weiterentwicklung und Anwendung der Lebenszykluskostenrechnung im wohnungswirtschaftlichen Kontext sowie für eine mögliche Arbeitsteilung zwischen der Lebenszykluskostenrechnung und sonstigen Formen der Wirtschaftlichkeitsrechnung auf einer gegebenenfalls zu vereinheitlichenden Basis erarbeitet.

Konzept

Gegenstand des Forschungsprojektes war die Sichtung und wissenschaftliche Auswertung vorhandener Aussagen und Ergebnisse zu dem oben skizzierten Forschungsgegenstand. Es sollte keine neue Grundlagenforschung betrieben werden.

Das Projekt gliederte sich in zwei Arbeitspakete:

- Das erste Arbeitspaket umfasste die Konkretisierung des Projektablaufs sowie die Entwicklung einer Grundlage für die Ermittlung und Festlegung wesentlicher Variablen der Lebenszykluskostenrechnung vor dem Hintergrund der besonderen Rahmenbedingungen in der Wohnungswirtschaft.

- Das zweite Arbeitspaket umfasste die Entwicklung eines Vorschlags für eine systematische Lebenszykluskostenberechnung für neu zu errichtende Wohnbauten

Ergebnisse

Die Ergebnisse und Empfehlungen der Untersuchung können zu folgendem Fazit gebündelt werden:

- Unabhängig davon, ob es sich um eine Konstruktionsoptimierung, Wirtschaftlichkeitsbetrachtung oder Lebenszykluskostenrechnung handelt können derartige Betrachtungen auf eine einheitliche Grundlage zurückgeführt werden – die Prognose bzw. Erfassung und Analyse der Aus- und Einzahlungen im Lebenszyklus einer Immobilie (Analyse der Zahlungsflüsse).
- Eine Analyse der Zahlungsflüsse im Lebenszyklus einer Immobilie soll zunächst sämtliche Aus- und Einzahlungen umfassen. Soweit möglich sollen Eingangsgrößen zunächst in nicht monetären Größen erfasst werden – Endenergieaufwand, Wasserbedarf, Abwasseraufkommen, Reinigungsstunden usw.
- Je nach Bedarf und Arbeitsaufgabe lassen sich aus den Ausgangsinformationen durch Verknüpfung mit durchschnittlichen, auf Konventionen beruhenden oder spezifischen, standort- und situationskonkreten Angaben Kosten ermitteln.
- Für die Darstellung der Ergebnisse einer Analyse der Zahlungsflüsse kann zunächst eine disaggregierte Form in Anlehnung an einen vollständigen Finanzplan gewählt werden.
- Je nach Bedarf und Arbeitsaufgabe lassen sich ausgewählte Aus- und Einzahlungen bestimmten Fragestellungen oder Akteuren zuordnen und ggf. ins Verhältnis zueinander setzen. Folgende Anwendungsfälle können unterschieden werden
 - **Konstruktionsoptimierung** im Sinne eines trade-off aus Investitions- und Folgekosten mit dem Ziel der Minimierung der Lebenszykluskosten häufig unter Nutzung einer Lebenszykluskostenrechnung im engeren Sinne mit einer Konzentration auf gebäudebedingte Kosten (ausgewählte Kosten im Lebenszyklus). Möglich sind hier eine betriebswirtschaftliche Betrachtung eines konkreten Falls unter standort- und situationsspezifischen Bedingungen bzw. eine im Interesse der Vergleichbarkeit von Ergebnissen erfolgende Betrachtung unter Annahme durchschnittlicher / vorgegebener Bedingungen (Konventionen), wie dies z.B. bei einer Bewertung der ökonomischen Dimension der Nachhaltigkeit bei BNB/DGNB der Fall ist.
 - **Wirtschaftlichkeitsrechnung / Analyse der ökonomischen Vorteilhaftigkeit** im Sinne von Betrachtungen aus Sicht spezifischer Akteursgruppen. Möglich sind derartige Betrachtungen u.a. aus der Sicht von selbstnutzenden Eigentümern, Projektentwicklern, Bestandshaltern als Vermieter, Mietern sowie aus Sicht der Gesellschaft (volkswirtschaftliche Perspektive). Die jeweilige Perspektive und Arbeitsaufgabe wirkt sich auf Art und Umfang berücksichtigter Kostenarten, auf die Grundlagen der Kostenermittlung und die Wahl der Randbedingungen (u.a. Diskontierungszinssatz, Preissteigerungsraten) aus.
- Rahmenbedingungen können in Abhängigkeit von Perspektive (betriebswirtschaftliche versus volkswirtschaftliche) und von der Aufgabe (individuelle Konstruktionsoptimierung, Nachhaltigkeitsbewertung, Wirtschaftlichkeitsbetrachtung) gewählt werden und beeinflussen das Ergebnis. Die Wahl der Randbedingungen kann Einfluss auf die Rang- und Reihenfolge von Varianten haben. Sensitivitätsanalysen sowie die Analyse von Auswirkungen für andere Akteure bzw. Akteursgruppen werden empfohlen.
- Eine einseitige Betrachtung von Baukosten kann zu Fehlentscheidungen führen. Sowohl Folgekosten als auch sonstige Folgewirkungen sind in die Entscheidungsvorbereitung einzubeziehen. Dabei wirken sich die Auswahl von Bauprodukten und Systemen in unterschiedlicher Weise auf die Folgen aus – u.a. je nach Bauwerksteil.

Summary

Objective

Proposals to reduce construction costs also need to be examined with regard to their consequences on life-cycle costs and the profitability from the point of view of the involved stakeholders. This requires transparent and comprehensible methodological principles that can be adapted to the specific needs of the decision makers. In real estate, there are different methods of profitability calculation. The common element is usually the methodological basis of a dynamic calculation model with consideration of cash flows and the use of profitability criteria (e.g. net present value, annuity).

Depending on the focus of the decision two methods can be distinguished:

- In a life cycle costing in a narrow sense only negative payments (payments in terms of costs) regarding to the life-cycle of the property are taken into account (some under the assumption of the same income).
- In the housing sector investment calculation methods, such as the complete financial plan are taken into account mainly income payments plus investment costs, often under the assumption that the operating costs are independent of the chosen investment option.

The problem of both methods is the incomplete consideration of costs in profit-oriented models respectively the incomplete consideration of earnings in cost-orientated models. Due to the dynamic approach, in profit-oriented models an underweight of ongoing lifecycle costs incurred, which may be influence the investment decision in favor of lower investment cost. With all dynamic models, the fundamental problem of an appropriate weighting of the factors time and risk may lead to the fact that future payments will be underweight compared to present payments.

In life-cycle costing, the question of a suitable method for the evaluation of investment alternatives arises as well as the questions of the relevant cost categories, the length of the calculation period and the definition of essential boundary conditions (discount rate, inflation rates for energy, etc.). With the rating system 'Nachhaltiges Bauen des Bundes' (BNB) the public authorities have already defined such a methodology. Recorded and evaluated are selected costs in the life cycle. The rating system 'Nachhaltiger Wohnungsbau' (NaWoh) uses a similar approach, with additional indicators to assess the value of the investment (including determination of the market value).

In the present study proposals for the future development of life cycle costing in the housing industry and for a possible division of work between the life-cycle costing and other forms of economic calculation have been developed.

Concept

Subject of this research project was a review and a scientific evaluation of existing studies and results regarding to the above mentioned project aim. New fundamental research should be not operated.

The project was divided into two work packages:

- The first work package includes the specification of the project and the development of a basis for the identification and definition of essential variables of the life-cycle costing in the light of the specific context in the housing industry.
- The second work package included the development of a proposal for a systematic life cycle costing for newly constructed dwellings.

Results

The findings and recommendations of the study can be bundled to the following conclusions:

- Whether it is a design optimization, profitability analysis or lifecycle costing such considerations can be traced back to a consistent basis - the prognosis and detection and analysis of cash inflows and outflows in the life cycle of a property (analysis of cash flows).
- An analysis of the cash flows in the life cycle of a building initially intended to include all payments and receipts. Wherever possible, the input variables are initially recognized in non-monetary terms - final energy, water supplies, wastewater production, purification hours etc.
- Depending on needs and tasks costs can be determined from the basic information by linking with average information based on conventions or specific information based on location and situation.
- For the presentation of the results an analysis of cash flows can be initially selected on the basis of a complete financial plan in a disaggregated form.
- Depending on the needs and tasks selected payments and receipts can be assigned to specific questions or actors and possibly put into relation to each other. The following cases can be distinguished
 - **design optimization** in terms of a trade-off of investment and follow-up costs with the objective of minimizing the life-cycle cost (often using a life-cycle costing in the narrower sense with a focus on building related costs (selected costs in the life cycle)). Possible are economic ratings of concrete cases by using specific information based on location and situation or taken into account the comparability of results by using of average / predetermined information (conventions), as is the case for example in an assessment of the economic dimension of sustainability at BNB / DGNB.
 - **profitability calculation / analysis of the economic benefits** from the perspectives of specific groups of actors e.g. owner-occupiers, developers, portfolio holders as a landlord, tenants as well as from the perspective of society (macro-economic perspective). The particular perspective and work task influences the nature and extent of cost categories, the basics of cost estimation and the choice of boundary conditions (including the discount rate, inflation rates).
- Boundary conditions can be selected depending on the perspective (micro- versus macro-economic) and on the task (individual design optimization, sustainability assessment, profitability calculation) and are influencing the outcome. The choice of boundary conditions can affect the rank and order of variants. Sensitivity analysis and the analysis of effects on other actors or groups of actors are recommended.
- A one-sided focus on construction costs can lead to wrong decisions. Both follow-up costs and other consequences are to be included in the decision making process. Here, the selection of construction products and systems has a different impact - among others depending on the particular building element.

1 Problem- und Aufgabenstellung

1.1 Problem- und Aufgabenverständnis

Eine wesentliche Aufgabe der Baukostensenkungskommission im „Bündnis für bezahlbares Wohnen und Bauen“ ist das Identifizieren, Diskutieren und Weiterverfolgen von Möglichkeiten zur Reduzierung des finanziellen Aufwandes bei der Planung und Errichtung neuer Wohnbauten. Dies wird insbesondere aus der Perspektive von Wohnungsunternehmen analysiert, kann aber auch auf die Perspektive individueller Bauherren übertragen werden.

Die Realisierung von Baumaßnahmen zu angemessenen Baukosten ist jedoch nur ein Teilziel dieser Akteursgruppen. Sie beziehen i.d.R. weitere Aspekte in ihre Entscheidungen ein. Dies sind u.a. der realisierte Wohnwert, die Wirtschaftlichkeit, die Lebenszykluskosten, die Wertstabilität und Wertentwicklung und/oder die Wahrnehmung von Verantwortung gegenüber Umwelt und Gesellschaft. Alle Vorschläge zur Reduzierung von Baukosten müssen daher unter anderem auch hinsichtlich ihrer Konsequenzen für die Lebenszykluskosten und die Wirtschaftlichkeit aus Sicht der jeweils betroffenen Akteure untersucht werden. Dies erfordert jedoch transparente und nachvollziehbare methodische Grundlagen, die sich an die spezifischen Bedürfnisse der jeweiligen Entscheider anpassen lassen. Die Analyse dieser Grundlagen sowie die Erarbeitung von Vorschlägen für ihre Weiterentwicklung und Verbreitung ist Aufgabe dieses Teilprojektes.

Im Immobilienbereich existieren verschiedene Methoden der Wirtschaftlichkeitsrechnung. Allen gemein ist in der Regel die methodische Basis eines dynamischen Rechenmodells mit periodengenaue Berücksichtigung von Zahlungsströmen und die Verwendung von Kriterien (z.B. Barwert, Annuität) zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit.

Je nach Fokus der Entscheidung kann zwischen zwei Methoden unterschieden werden:

- Bei einer Lebenszykluskostenrechnung im engeren Sinne (auch Life Cycle Costing) werden allein negative Zahlungsströme (Auszahlungen i.S.v. Kosten) als Folge investiver Entscheidungen über den Lebenszyklus der Immobilie berücksichtigt (z.T. unter der Annahme gleicher Erträge).
- In der wohnungswirtschaftlichen Investitionsrechnung wie z.B. dem Vollständigen Finanzplan werden neben investiven Kosten insbesondere Erträge (Einzahlungen) berücksichtigt, häufig unter der Annahme, dass die Betriebskosten unabhängig von der gewählten Investitionsvariante sind oder prinzipiell von anderen Akteuren z.B. den Mietern getragen werden.

Die Problematik beider Methoden liegt in der unvollständigen Berücksichtigung der Kostenseite in ertragsorientierten Modellen bzw. in der unvollständigen Berücksichtigung der Ertragsseite in kostenorientierten Modellen. Aufgrund des dynamischen Rechenansatzes kann bei ertragsorientierten Modellen daraus eine Untergewichtung laufender Lebenszykluskosten entstehen, welche die Investitionsentscheidung zugunsten geringerer investiver Kosten beeinflussen kann. Daneben besteht bei allen dynamischen Modellen die grundsätzliche Problematik einer angemessenen Gewichtung der Faktoren Zeit und Risiko, was dazu führen kann, dass ggf. zukünftige Zahlungen zugunsten gegenwärtiger untergewichtet werden.

Bei der Lebenszykluskostenberechnung stellt sich in diesem Kontext die Frage nach einem geeigneten Verfahren zur Bewertung der Investitionsalternativen, nach den zu berücksichtigenden Kostenkategorien, nach der Länge des Betrachtungszeitraums sowie der Festlegung wesentlicher Rechenparameter (Diskontrate oder Diskontsatz bzw. Diskontierungszinssatz, Preissteigerungsraten für Energie und Bauleistungen etc.).

Im Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen des Bundes (BNB) hat die öffentliche Hand eine solche Methodik bereits festgelegt. Erfasst und bewertet werden ausgewählte Kosten im Lebenszyklus. Das Bewertungssystem Nachhaltiger Wohnungsbau (NaWoh) verwendet einen vergleichbaren Ansatz, wobei auch zusätzliche Indikatoren zur Beurteilung der Werthaltigkeit der Investition (u.a. Ermittlung des Verkehrswertes zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme und Vergleich mit der Investition) verwendet werden.

Im Rahmen der Baukostensenkungskommission im „Bündnis für bezahlbares Wohnen und Bauen“ soll diese Methodik überprüft und gegebenenfalls angepasst werden. Dies betrifft bei den Datengrundlagen insbe-

sondere die Höhe des Diskontsatzes und die Höhe der anzusetzenden Preissteigerungsraten für Energie aber auch Fragen der Prognose des Aufwandes für Instandhaltung und Ersatzinvestitionen bei Bauteilen. Darüber hinaus soll untersucht werden, ob eine bessere Kompatibilität zwischen der Lebenszykluskostenberechnung und –bewertung nach BNB/NaWoh und gängigen Wirtschaftlichkeitsberechnungen für konkrete wohnungswirtschaftliche Bauvorhaben hergestellt werden kann. Bisher zeichnen sich wohnungswirtschaftliche Modelle in der Regel durch eine abweichende Methodik (z.B. Vollständige Finanzpläne), spezifische Darstellungsformen und abweichende Rechenparameter/Datengrundlagen (regional unterschiedliche Energiepreise, höherer Diskontsatz, kürzerer Betrachtungszeitraum etc.) aus.

1.2 Forschungsleitfragen

Für das hier zu bearbeitende Forschungsprojekt stellen sich die folgenden Forschungsleitfragen, die mit den im Anschluss beschriebenen Arbeitsschritten beantwortet werden sollen:

- Welche Unterschiede und Gemeinsamkeiten bestehen zwischen der Lebenszykluskostenrechnung (LZK) bzw. einer Beschreibung und Bewertung ausgewählter Kosten im Lebenszyklus nach BNB/NaWoh und den im Wohnungsbau in der Regel verwendeten Wirtschaftlichkeitsrechnungen?
- Was sind die gemeinsamen Datengrundlagen und wie können diese zeit- und kostensparend zur Verfügung gestellt werden? Gibt es unterschiedliche Sichten auf und Zuordnungsregeln für derartige Daten? Insbesondere bei welchen Daten existieren Lücken, Unsicherheiten oder erhebliche Bandbreiten?
- Welchen Einfluss haben Annahmen und Rahmenbedingungen wie insbesondere der Diskontsatz und die Preissteigerungsrate für Energie auf die Höhe der Lebenszykluskosten und damit auf das Bewertungsergebnis?
- Welche Auswirkungen hat eine Variation des Diskontsatzes - insbesondere die Verwendung sehr niedriger Diskontsätze gemäß einer Empfehlung des UBA?
- Wie ist die Realitätstauglichkeit der im BNB/NaWoh-System festgesetzten Parameter vor dem Hintergrund der Rahmenbedingungen in der Wohnungswirtschaft zu beurteilen?
- Können anstelle der Festlegung von z.B. mittleren Preissteigerungsraten variable Datengrundlagen in Abhängigkeit vom konkreten Einzelprojekt verwendet werden?
- Welche alternativen Darstellungsformen sind für die Ergebnisse einer Lebenszykluskostenrechnung denkbar?
- Wie sollte sich der Umgang mit Rückbau und Entsorgung im Rahmen der Lebenszykluskostenrechnung gestalten?
- Wie könnten externe Kosten im Rahmen der Lebenszykluskostenrechnung berücksichtigt werden?

1.3 Arbeitspakete und methodisches Vorgehen

Gegenstand des Forschungsprojektes ist die Sichtung und wissenschaftliche Auswertung vorhandener Aussagen und Ergebnisse zu dem unter 1.1. skizzierten Forschungsgegenstand. Es soll keine neue Grundlagenforschung betrieben werden. Erarbeitet werden Vorschläge für die künftige Weiterentwicklung und Anwendung der Lebenszykluskostenrechnung im wohnungswirtschaftlichen Kontext sowie für eine mögliche Arbeitsteilung zwischen der Lebenszykluskostenrechnung und sonstigen Formen der Wirtschaftlichkeitsrechnung auf einer ggf. zu vereinheitlichenden Basis. Insbesondere soll die Notwendigkeit und Sinnhaftigkeit der Anwendung der Lebenszykluskostenrechnung bei der Beurteilung von Planungs-, Investitions- oder Handlungsalternativen dargestellt und ihre Vorteile gegenüber einer alleinigen Analyse von Baukosten aufgezeigt werden. Die Risiken von alleinigen auf der Baukostenanalyse basierenden Entscheidungen werden erläutert.

Das Projekt gliedert sich in zwei Arbeitspakete.

1.3.1 Arbeitspaket 1: Grundlagen

Das erste Arbeitspaket umfasst die Konkretisierung des Projektablaufs sowie die Entwicklung einer Grundlage für die Ermittlung und Festlegung wesentlicher Variablen der Lebenszykluskostenrechnung vor dem Hintergrund der besonderen Rahmenbedingungen in der Wohnungswirtschaft. Dazu wurden folgende Arbeitsschritte durchgeführt:

1. Analyse des Standes der Normung und der Forschung zur Lebenszykluskostenrechnung inkl. ihrer Anwendung im Gebäudebereich sowie des Standes der Forschung bzw. der Praxis der Wirtschaftlichkeitsrechnung in der Wohnungswirtschaft. Die Analyse erfolgt auf der Basis einer Literaturlauswertung sowie einer Recherche zu einschlägigen Forschungsergebnissen (einschließlich des Standes der europäischen und internationalen Normung zur Lebenszykluskostenrechnung). Falls verfügbar werden bestehende empirische Untersuchungen zur Praxis der Wirtschaftlichkeitsrechnung bei Wohnungsunternehmen herangezogen.
2. Beurteilung der Auswirkungen einer Festsetzung der maßgeblichen Parameter Diskontsatz und zukünftige Energiepreissteigerung in Lebenszykluskostenrechnungen und in wohnungswirtschaftlichen Verfahren zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit. Dazu wird zunächst die Bedeutung des Diskontsatzes und der Preissteigerungsrate für Energie beschrieben. Im weiteren Kontext erfolgt eine kritische Bewertung der unterschiedlichen Ansätze und Festlegungen zur Höhe des Diskontsatzes und der Preissteigerungsrate für Energie. In einem abschließenden Exkurs werden die Möglichkeiten einer Verwendung einer niedrigen „soziale Diskontrate“ für langfristige Investitionen zur Unterstützung der Ressourcenschonung sowie des Klima- und Umweltschutzes und einer Internalisierung externer Effekte dargestellt und diskutiert.
3. Basierend auf den Erkenntnissen der vorangegangenen Arbeitsschritte wird der Weiterentwicklungsbedarf von Lebenszykluskostenrechnungen vor dem Hintergrund der wohnungswirtschaftlichen Praxis beschrieben. Zusätzlich werden die Notwendigkeit und die Möglichkeiten eines verstärkten Einsatzes der Lebenszykluskostenrechnung herausgearbeitet und begründet – sowohl zur Verbesserung von Datengrundlagen für eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung als auch als eigenständiges Hilfsmittel zur Unterstützung von Planungs- und Investitionsentscheidungen.

1.3.2 Arbeitspaket 2: Systematisches Rechenmodell

Das zweite Arbeitspaket umfasst die Entwicklung eines Vorschlags für eine systematische Lebenszykluskostenrechnung für neu zu errichtende Wohnbauten. Dazu wurden folgende Arbeitsschritte ausgeführt:

1. Analyse von Gemeinsamkeiten und Unterschieden in der Methodik (im Rechenmodell) der Lebenszykluskostenrechnung und der Methodik gängiger Verfahren der Wirtschaftlichkeitsrechnung im Gebäudebereich. Hierzu werden zunächst die Rechenschritte und Datengrundlagen einer systematischen und vollständigen Lebenszykluskostenrechnung für Neubauten (Wohngebäude) dargestellt und mit den Rechenschritten und Datengrundlagen von üblichen wohnungswirtschaftlichen Berechnungsverfahren (z.B. einem Vollständigen Finanzplan) verglichen. Es wird geprüft, ob und welche Ausgangsdaten bzw. Rechenschritte der wohnungswirtschaftlichen Verfahren auch im Rahmen der Lebenszykluskostenrechnung genutzt werden können.
2. Basierend auf den Ergebnissen von Arbeitspaket 1 wird ein Vorschlag für zukünftig zu nutzende Werte der Parameter Diskontsatz und Preissteigerungsraten für wohnungswirtschaftliche Lebenszykluskostenrechnungen für den Fall eines Bedarfes an einheitlichen Konventionen unterbreitet. Alternativ wird aufgezeigt, in welchen Bandbreiten sich derartige Parameter bewegen und welche Überlegungen bei ihrer Festlegung eine Rolle spielen. Dabei wird auch geprüft, ob anstelle der Verwendung mittlerer Raten und Kosten variable bzw. projekt- und/oder regionalspezifische Raten und Kosten verwendet werden können.

nen. Im Rahmen von Sensitivitätsanalysen wird der Ceteris-Paribus-Einfluss einzelner Parameter verdeutlicht.

3. Abschließend erfolgt eine Diskussion zu Möglichkeiten und Konsequenzen einer Einbeziehung externer Kosten (z.B. CO₂-Schadenskosten) und zum Umgang mit den Kosten für Rückbau und Entsorgung im Rahmen der Lebenszykluskostenrechnung.

2 Grundlagen zur Festlegung wesentlicher Variablen

2.1 Stand der Forschung/Normung im Bereich der Lebenszykluskostenrechnung

2.1.1 Überblick über die nationale und internationale Situation

Die Auseinandersetzung mit Fragen der Einbeziehung von Lebenszykluskosten in Planungs- und Investitionsentscheidungen dauert bereits seit Jahrzehnten an. Sie ist geprägt durch die Anerkennung der Notwendigkeit einer Berücksichtigung von Folgekosten sowie durch eine Diskussion zur Art der Festlegung wesentlicher Annahmen und Randbedingungen. Dazu zählen insbesondere der Betrachtungszeitraum, der Diskontsatz und die Preissteigerungsraten. Ebenso diskutiert werden Fragen der Sicherung von Transparenz und Vergleichbarkeit sowie der Form der Darstellung von Ergebnissen. Neben der Weiterentwicklung methodischer Grundlagen und der Veröffentlichung von Kennwerten waren die vergangenen Jahre geprägt durch den Versuch einer Vereinheitlichung des Vorgehens sowie der Abstimmung von Konventionen. Insgesamt erhielt die Thematik der Lebenszykluskostenrechnung durch ihre Einbeziehung in die Bewertung der ökonomischen Qualität im Rahmen einer Nachhaltigkeitsbewertung von Bauwerken einen Schub.

Situation in Deutschland

Im Bereich der Forschung wurden in den vergangenen Jahren Anstrengungen unternommen, die Methode der Lebenszykluskostenrechnung endgültig als Hilfsmittel zur Unterstützung von Planungs- und Investitionsentscheidungen zu etablieren und die Handhabbarkeit durch die Bereitstellung von Grundlagen und Hilfsmitteln zu verbessern. Arbeiten konzentrierten sich auf Fragen der Anwendungsfälle, der Entwicklung einer Norm zu den Nutzungskosten, der Bildung und Interpretation von Benchmarks, der Identifikation „strategischer Bauteile“ mit großem Einfluss auf Bau- und Nutzungskosten, der Auswahl und Einbeziehung zu berücksichtigender Kostenarten, der Auswahl bzw. Festlegung von Randbedingungen wie Diskontsatz und Preissteigerungsraten für Energie, Wasser, Bauleistungen usw., der Einbeziehung externer Effekte sowie der Auswahl geeigneter Darstellungsformen.

Zur Berechnung von Lebenszykluskosten (LZK) existieren in Deutschland keine verbindlichen Standards im Sinne einer unmittelbar die Thematik betreffenden Norm. Zur Ermittlung von Kosten im Lebenszyklus stehen jedoch u.a. die DIN 276-1: 2008 Kosten im Bauwesen – Teil 1: Hochbau sowie die DIN 18960: 2008 Nutzungskosten im Hochbau zur Verfügung. Zusätzlich definiert die DIN 32736 Begriffe und Leistungen des Gebäudemanagements und die DIN 31051 definiert wesentliche Begriffe zur Instandhaltung.

Grundlagen und eine erste Orientierung zur Berechnung von Lebenszykluskosten im Sinne einer Gesamtbeurteilung bieten u.a. die GEFMA Richtlinie 220 (GEFMA 2009) sowie die Kriterien zur Beurteilung der ökonomischen Qualität in den deutschen Nachhaltigkeitszertifizierungssystemen (z.B. BNB/DGNB oder NaWoh, künftig auch Kleinhausbau). Diese Ansätze berücksichtigen ausgewählte Kostenarten in der Bau- und in der Nutzungsphase (gegliedert nach den Normen DIN 276 und DIN 18960). Für die Bauphase sind dies die Kosten für die Baukonstruktionen und die Technischen Anlagen. In der Nutzungsphase werden die Kosten für Endenergie, Wasser, Abwasser, Reinigung, Bedienung, Inspektion und Wartung der Technischen Anlagen sowie die Instandsetzung von Baukonstruktionen und Technischen Anlagen einschließlich der Ersatzinvestitionen berücksichtigt. Die GEFMA Richtlinie 200 (GEFMA 2004) definiert (über den Umfang der beiden oben genannten Normen hinausgehend) weitere Kostenarten, wie z.B. Kosten einer Leerstands- oder Verwertungsphase. Zudem sind dort Kostenarten zu finden, die nicht direkt im Bezug zum Gebäude stehen, wie

z.B. Kosten des Sekretariats oder interne Postdienste („Support“). Die zusätzliche Berücksichtigung von Einzahlungen (LZK im weiteren Sinne) führt in der GEFMA Richtlinie 220 zum Lebenszyklus-Erfolg (LZE).

Da Prognoseunsicherheiten bei größer werdenden Zeiträumen i.d.R. zunehmen, ist für die Berechnung der Lebenszykluskosten ein Betrachtungszeitraum zu wählen, der i.d.R. kleiner ist als die Lebensdauer des gesamten Gebäudes. Gleichzeitig sollten jedoch die erwarteten Lebensdauern der Bauteile erfasst werden können. In den deutschen Zertifizierungssystemen wird ein Betrachtungszeitraum von 50 Jahren definiert. Die GEFMA Richtlinie 220 gibt keine konkrete Vorgabe für die Festlegung des Betrachtungszeitraums.

In der GEFMA Richtlinie 220 werden zur Berechnung der Lebenszykluskosten neben „modernen“ Verfahren, wie z.B. dem „Vollständigen Finanzplan“ (VoFi), dynamische Verfahren, wie z.B. die Kapitalwertmethode empfohlen. Diese findet auch Anwendung in den LZK-Kriterien der deutschen Nachhaltigkeitszertifizierungssysteme. Vorteil dieser Methode ist die Möglichkeit der Darstellung von Lebenszykluskosten in einer (Kenn-)Zahl. Bei diesem Verfahren ist jedoch zu berücksichtigen, dass das Ergebnis durch festzulegende Parameter, wie z.B. den oben genannten Betrachtungszeitraum und den Diskontsatz, beeinflusst wird.

Wesentliche Kostenarten in der Nutzungsphase sind die Kosten für Energie sowie die Instandhaltung der Baukonstruktion und der technischen Anlagen. Energiekosten können bei Neubauten u.a. auf Basis der Energiebedarfsberechnung für den öffentlich-rechtlichen Energieausweis nach aktuell gültiger Energieeinsparverordnung (EnEV 2014) zusammen mit Annahmen zu Tarifen prognostiziert werden. Zu beachten ist allerdings, dass sich die Rechenregeln der EnEV nicht für eine verbrauchsnahe Prognose des Energiebedarfs eignen und hinsichtlich der Energiepreise und –tarife in Deutschland große Unterschiede existieren.

Die Prognose von Instandhaltungskosten stellt eine noch größere Herausforderung dar. Nach DIN 31051 umfasst die Instandhaltung die Inspektion, die Wartung und die Instandsetzung (sowie die Verbesserung zur „Steigerung der Zuverlässigkeit [...], ohne ihre ursprüngliche Funktion zu verändern“). Die Instandsetzung wird als physische Maßnahme definiert, die ausgeführt wird, um die Funktion einer fehlerhaften Einheit wiederherzustellen. Für die LZK-Rechnung klärt dies jedoch nicht den Umgang mit dem Unterschied von Instandsetzung im Sinne von Reparaturen oder der kompletten Erneuerung von Bauteilen nach Ablauf der technischen Lebensdauer, der wirtschaftlichen Nutzungsdauer bzw. der durch diverse Aspekte beeinflussten „Verweildauer“ und die Trennung dieser Begriffe im normativen Sinne. Kosten für Inspektion und Wartung werden in der DIN 18960 in der Kostengruppe 350 den Betriebskosten zugeordnet. Die Instandsetzung der Baukonstruktionen und der Technischen Anlagen werden als Instandsetzungskosten den Kostengruppen 410 und 420 zugeordnet. Der DIN 18960 ist jedoch nicht zu entnehmen, welche Instandsetzungsumfänge dort eingeordnet werden sollen. In der DIN 276 werden jedoch Instandsetzungsmaßnahmen bei Bauprojekten im Bestand explizit genannt. Hieraus kann begründet werden, regelmäßige Instandsetzungsmaßnahmen im Sinne von Reparaturen der DIN 18960 zuzuordnen und die komplette Erneuerung von Bauteilen (Ersatzinvestition) als Baukosten nach DIN 276 zu betrachten, die in der Nutzungsphase entstehen – siehe hierzu u.a. auch Anhang B.

Zur Prognose von Instandhaltungskosten sind zwei Ansätze denkbar:

1. die Nutzung hersteller- und anlagenspezifischer Informationen zu Wartungsumfängen und rechnerischen Lebensdauern,
2. die Anwendung von Planungshilfsmitteln und pauschalen Schätzgrößen, die auf Erfahrungswerten basieren.

Zu 1.:

Hersteller- und anlagenspezifische Informationen sind beispielweise aus Wartungsverträgen bzw. erweiterten Produktinformationen bzw. Datenblättern zu entnehmen. Sind diese Informationen nicht verfügbar bzw. werden vom Hersteller nicht angeboten, kann auf die Vorgehensweise nach Punkt 2 ausgewichen werden.

Zu 2.:

Die VDI Richtlinie 2067 bietet für technische Anlagen (Heizung, Raumlufttechnik, Raumkühltechnik, Trinkwassererwärmung, Gebäudeautomation und Aufzüge) Prozentsätze zur Abschätzung der jährlichen Inspek-

tions-, Wartungs- und Instandsetzungskosten - bezogen auf die ursprünglichen Investitionsbeträge. Zudem werden rechnerische Nutzungsdauern genannt. Die Tabellenwerte sind mit dem Hinweis versehen, dass es sich hier um Mittelwerte über die Nutzungsdauer der Anlagenkomponenten handelt, die nicht den tatsächlich anfallenden Jahreskosten entsprechen. Diese können je nach den vorhandenen Einflussgrößen, wie z.B. Alter, Betriebsdauer und Servicelevel der Komponenten deutlich abweichen.

In der DIN EN 15459 werden zur VDI 2067 vergleichbare Tabellenwerte angeboten. Hier werden jedoch die gesamten jährlichen Instandhaltungskosten zu einem Prozentsatz bezogen auf die Anfangsinvestition zusammengefasst. Zu wenigen Komponenten werden zusätzlich Entsorgungskosten in Prozent der Anfangsinvestition genannt. In der Nachhaltigkeitszertifizierung in Deutschland werden, sofern keine detaillierten Kostenangaben vorliegen, u.a. die Anwendung von Prozentsätzen nach VDI 2067 und AMEV gefordert (bezogen auf die Gliederung der dritten Ebene der Technischen Anlagen nach DIN 276). Liegt die dritte Gliederungsebene nicht vor, ist ein einheitlicher, vorgegebener Prozentsatz für die gesamte Kostengruppe der Technischen Anlagen anzuwenden (vereinfachtes Verfahren).¹ Zur Bestimmung der Zeitpunkte von Ersatzinvestitionen werden als angenommene Nutzungsdauern in Jahren die mittleren Lebensdauern des Leitfadens Nachhaltiges Bauen vorgegeben.²

Die LZK-Rechnung im engeren Sinne stellt für sich betrachtet zunächst keine Wirtschaftlichkeitsrechnung dar. Sie liefert vielmehr eine Voraussetzung zur Durchführung von Wirtschaftlichkeitsrechnungen - als lebenszyklusbezogene Datengrundlage. Hinweise und Empfehlungen zur Wirtschaftlichkeitsrechnung finden sich in der VDI 2067 und der DIN EN 15459. Die Anwendung der Annuitätsmethode (dynamisches Verfahren) wird darin jeweils empfohlen und beschrieben. Wenn die Verordnung über wohnungswirtschaftliche Berechnungen nach dem Zweiten Wohnbaugesetz (Zweite Berechnungsverordnung - II. BV) zur Anwendung kommt, sind zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit von Wohnraum die laufenden Aufwendungen zu ermitteln und den Erträgen gegenüberzustellen.

Situation in Europa

Stand der Normung in Europa

Im Rahmen europäischer Normungsaktivitäten zur Erarbeitung einheitlicher Grundlagen für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden entsteht derzeit die künftige EN 16627. Sie wird in Ergänzung der bereits existierenden EN 15643-4: Sustainability of construction works- Assessment of buildings – Part 4: 2012 Framework for the assessment of economic performance Hinweise auf Berechnungsgrundlagen enthalten. Die Grundlagennorm EN 15643-4 liegt bereits als DIN EN 15643-4: Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden – Teil 4: Rahmenbedingungen für die Bewertung der ökonomischen Qualität vor und stützt sich auf die ISO 15686-5: 2008 Buildings and constructed assets - Service-life planning -- Part 5: Life-cycle costing ab.

Den Normungsaktivitäten in Europa gingen umfangreiche Studien voraus. Diese führten zur Veröffentlichung von entsprechenden Berichten (z.B. Langdon 2007 und Caccavelli et al. 2005).

EU-Ansatz der global cost

Bei der Gesamtkostenrechnung nach EPBD handelt es sich – wie bei BNB/NaWoh – um eine Analyse ausgewählter Kosten im Lebenszyklus mittels der Barwertmethode (global cost). Der Betrachtungszeitraum ist dabei auf 30 Jahre festgelegt. Der Kalkulationszinssatz und die zukünftige Energiepreissteigerung können in der einzelwirtschaftlichen Betrachtung frei gewählt werden (European Commission 2012: L 81/26). Neben der einzelwirtschaftlichen Betrachtung muss auch eine gesamtwirtschaftliche Betrachtung durchgeführt werden (inklusive CO₂-Schadenskosten, ohne Steuern und Subventionen).

Situation in der Schweiz

¹ www.nawoh.de/downloads/kriteriensteckbriefe (Kriteriensteckbrief zur ökonomischen Qualität)

² www.nachhaltigesbauen.de

In der Schweiz existieren, vergleichbar zu Deutschland, keine Normen oder Richtlinien zum Umgang mit Lebenszykluskosten. Die Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierungen (CRB) nennt im LCC Leitfaden „Planung der Lebenszykluskosten“ (CRB 2012a) nach der DIN ISO 15 686-5 die wichtigsten Schweizer Normen zur Strukturierung der relevanten Kostenarten:

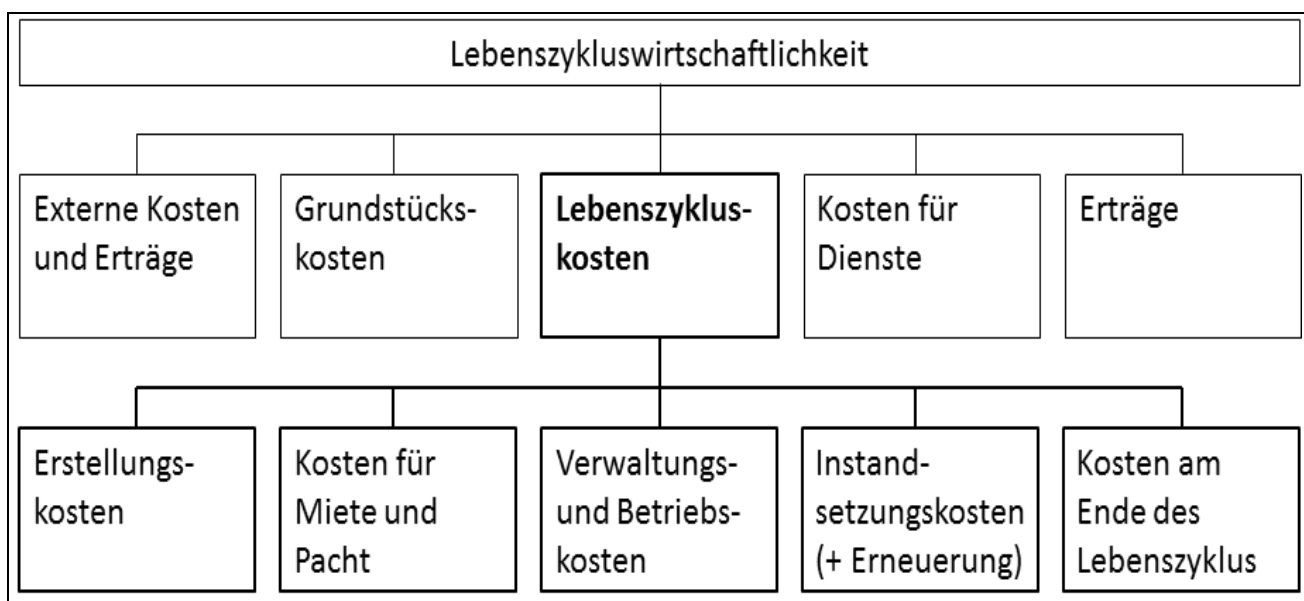
- SN 506 500 Baukostenplan BKP 2001,
- SN 506 501 Liegenschaftskostenplan,
- SN 506 502 Elementkostengliederung 1995,
- SN 506 511 Baukostenplan Hochbau (2012).

Im Kontext zur Wirtschaftlichkeitsrechnung wird die SN 506 480 bzw. die Richtlinie SIA 480 aufgeführt. Weitere Verweise auf die Richtlinie SIA D 0165 „Kennzahlen im Immobilienmanagement“ sowie das LCC Handbuch „Instandhaltung und Instandsetzung von Bauwerken“ sind im Leitfaden enthalten. Gegenüber der ISO 15686-5 werden Lebenszykluskosten in der Schweiz nach oben genanntem Handbuch insbesondere in der Planungs- und Realisierungsphase an schweizerische Besonderheiten angepasst. Wenn neben den Kosten für das Grundstück, den Grundstücksnebenkosten, den Kapitalkosten und der Mehrwertsteuer zusätzlich Erträge, Kosten für „Dienste“ sowie externe Kosten berücksichtigt werden, ist auch von einer „Lebenszykluswirtschaftlichkeit“ (vgl. „whole-life-costs“ nach ISO 15686-5) die Rede. Wie in der ISO 15686-5 werden die Kosten am Ende des Lebenszyklus (end-of-life) einbezogen. Abbildung 1 zeigt deshalb eine gewisse Ähnlichkeit zur Systematik der ISO 15686.

Der Betrachtungszeitraum (hier Betrachtungsperiode genannt) solle sich nach der Art des Objektes und nach den Zielsetzungen des Investors richten. Es wird empfohlen, dass der Betrachtungszeitraum in der Regel 50 Jahre nicht überschreiten soll.

Instandsetzungskosten (z.B. Ersatz der Wärmeerzeugungsanlage) werden als unregelmäßig wiederkehrend zur Wiederherstellung der Sicherheit und der Gebrauchstauglichkeit betrachtet. Von Erneuerung wird gesprochen, wenn Kosten für unregelmäßige Maßnahmen zur Wiederherstellung eines mit dem ursprünglichen Neubau vergleichbaren Zustandes anfallen. Es wird dabei darauf hingewiesen, dass eine Trennung dieser beiden Kostenarten in der Praxis oft nur schwer möglich ist und sie deshalb oft zusammen betrachtet werden.

Abbildung 1: Lebenszykluskosten (hier bezeichnet als „Lebenszykluswirtschaftlichkeit“) aus schweizerischer Sicht



Quelle: CRB 2012a

Im LCC Handbuch "Instandhaltung und Instandsetzung von Bauwerken" (CRB 2012b) werden Instandhaltungskostenkennwerte und Nutzungsdauern von Bauwerken aufgeführt. Es werden zwei Ebenen betrachtet: die Bauwerksebene und die Elementebene. Die Bauwerksebene (Hauptgruppe) enthält:

- Konstruktion Gebäude,
- Technik Gebäude,
- Äussere Wandbekleidung Gebäude,
- Bedachung Gebäude,
- Ausbau Gebäude.

Aus der Hauptgruppe „Technik Gebäude“ sei beispielhaft die Elementgruppe Transportanlagen herausgegriffen. Diese ist unterteilt in:

- Personenaufzug,
- Lastenaufzug,
- Bettenaufzug,
- Fahrtreppe, Fahrsteig,
- Hubtisch, Verladestation, Spezialaufzug,
- Parkieranlage,
- Weitere Transportanlage.

Für Transportanlagen wird eine Nutzungsdauer von 15 bis 40 Jahren genannt (Mittelwert 30 Jahre, bei Personenaufzügen 20 bis 40 Jahre). Diese Angaben sind für die gesamte Anlage zu sehen. Für Verschleißteile, wie Seile und Führungen werden kürzere Nutzungsdauern als die Gesamtnutzungsdauer der Anlage vorgegeben. Die Berücksichtigung zusätzlicher und oft entscheidender Einflussfaktoren auf die Nutzungsdauern, wie Exposition, Beanspruchung und Material, stellen einen Unterschied zur VDI-Richtlinie 2067 dar. Dennoch sind die Nutzungsdauern nicht als absolute Grenzwerte zu verstehen. Sie können in der Realität unter- oder überschritten werden.

Aufgeführte Prozentwerte, die die zu erwartenden Instandhaltungskosten auf Basis der ursprünglichen, kostengruppenspezifischen Bauwerkskosten abzuschätzen helfen, werden ausdrücklich als „grobe Orientierungswerte“ deklariert. Im Gegensatz zur VDI-Richtlinie 2067 werden keine separaten Prozentwerte für Wartung und Instandsetzung angeboten.

Ein ergänzendes Kapitel im oben genannten Handbuch führt sogenannte Lebenserwartungen von Bauteilen auf. Es handelt sich dabei um Angaben vom Hauseigentümergebiet Schweiz (HEV) und vom Schweizerischen Mieterinnen- und Mieterverband (MV).

Situation in Österreich

In Österreich existieren als Pendant zu den deutschen Normen DIN 276 und DIN 18960 die österreichischen Normen ÖNORM B 1801 Teil 1 (Kosten der Objekterrichtung) und Teil 2 (Objekt-Folgekosten). Die beiden Normteile nehmen aufeinander Bezug.

Teil 1 unterscheidet zwischen einer Baugliederung und einer Leistungsgliederung, die jeweils in drei Ebenen unterteilt ist. Bei der Baugliederung sind diese Ebenen mit den Gliederungsstufen der DIN 276 prinzipiell vergleichbar. Auf der zweiten Ebene finden sich die Grobelemente, auf der dritten die Elemente (zusammen Elementtypen). Die Leistungsgliederung umfasst ebenso drei Ebenen, wobei die zweite als Leistungsebene und die dritte als Unterleistungsebenen bezeichnet wird (vgl. Abbildung 2).

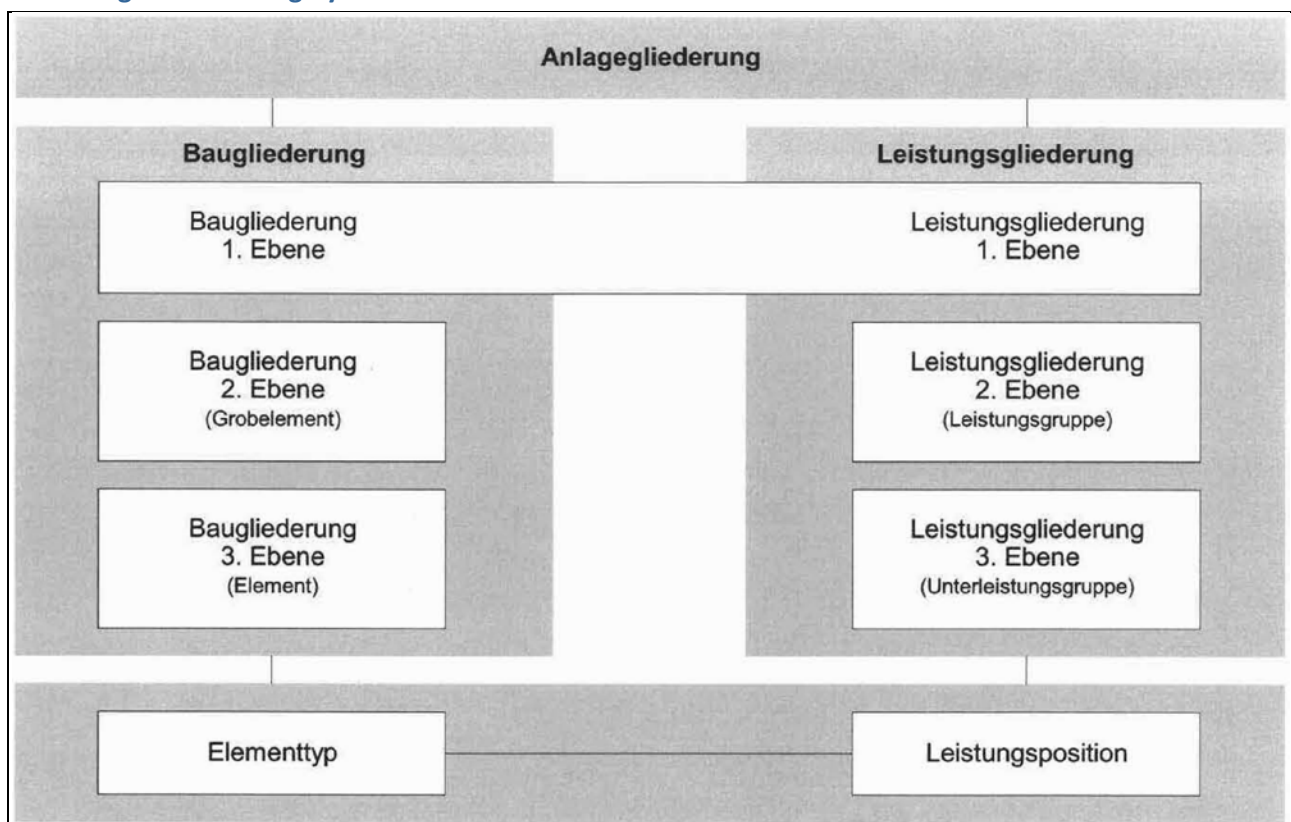
Die Baugliederung umfasst in der obersten Ebene:

- Grund,
- Aufschließung,
- Bauwerk-Rohbau,

- Bauwerk-Technik,
- Bauwerk-Ausbau,
- Einrichtung,
- Außenanlagen,
- Planungsleistungen,
- Nebenleistungen,
- Reserven.

Eine zu Reserven vergleichbare Kostengruppe existiert in der DIN 276 nicht. Gemeint sind hier zum Beispiel Reservemittel für besondere, nicht vorhersehbare Ereignisse, für im Voraus geschätzte Teuerungen oder nicht vorhersehbare Anpassungen.

Abbildung 2: Gliederungssystem der ÖNORM B 1801-1:2009



Quelle: ÖNORM B 1801-1:2009

Die Leistungsgliederung folgt dem gleichen Aufbau wie die Baugliederung und orientiert sich in der zweiten und dritten Ebene an standardisierten Leistungsbeschreibungen.

Vergleichbar zur DIN 276 werden die Stufen der Kostenplanung vom Kostenrahmen bis zur Kostenfeststellung vorgegeben - ergänzt um ein Kostenziel in der Entwicklungsphase (vor der Vorbereitungsphase). Der Umgang mit der Mehrwertsteuer wird nicht vorgegeben, jedoch die Notwendigkeit betont anzugeben, ob sie in den Kostenangaben enthalten ist oder nicht.

In Teil 2 wird der Begriff der Lebenszykluskosten als Kosten, die sich aus Kosten der Objekterrichtung und den Objekt-Folgekosten zusammensetzen, definiert. Die Objekt-Folgekosten umfassen folgende neun Kostenhauptgruppen für:

- Verwaltung,

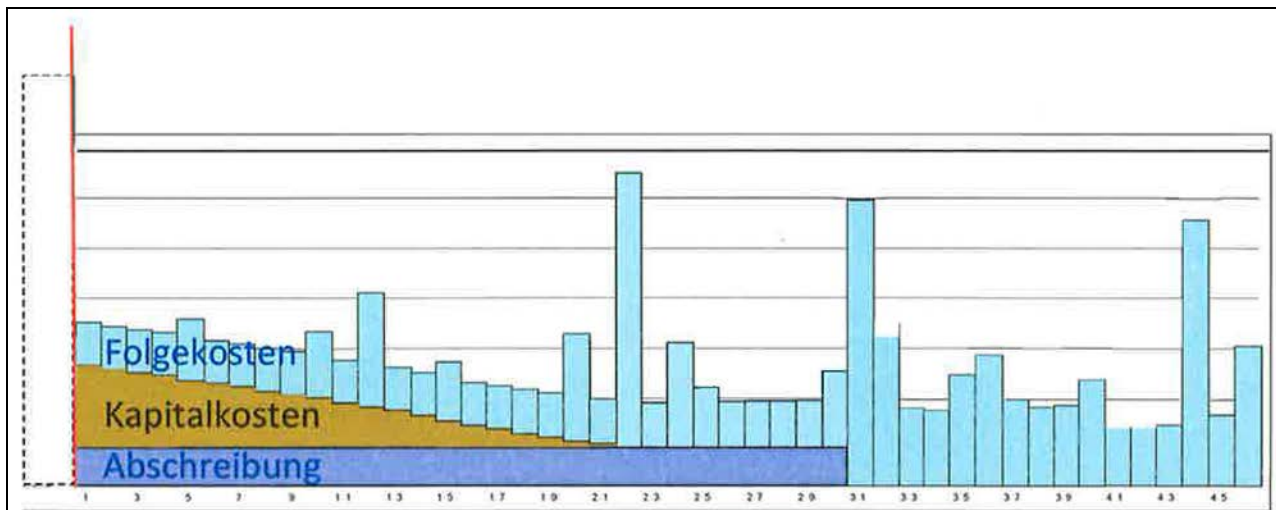
- Technischer Gebäudebetrieb,
- Ver- und Entsorgung,
- Reinigung und Pflege,
- Sicherheit,
- Gebäudedienste,
- Instandsetzung, Umbau,
- Sonstiges,
- Objektbeseitigung, Abbruch.

Im Vergleich zur DIN 18960 werden keine Kapitalkosten genannt, zusätzlich enthalten sind jedoch die Kosten für die Objektbeseitigung und den Abbruch. Als weiterer wichtiger Unterschied zur DIN 18960 ist festzuhalten, dass bei Instandsetzung und Umbau explizit auch „große Instandsetzungen“ genannt werden, die bei der Interpretation der deutschen Normen dort eher zu den Baukosten gezählt werden.

(Teil 3: Objekt und Nutzungstypologie liegt den Verfassern zurzeit nicht vor.)

Teil 4 der Normenreihe beschreibt Methoden zur Berechnung von Lebenszykluskosten und baut auf den Elementtypen und Kostenhauptgruppen der beiden zuvor beschriebenen Teile 1 und 2 auf. Darin wird die Kostengliederung der ISO 15686-5 als zu grob und der Kostenartenbaum der GEFMA 220-1 eher als Handlungsanleitung mit nur wenig normativen Bestimmungen angesehen. Die Barwertmethode wird auch hier als Rechenmethode genannt - mit dem Ziel zukünftige Zahlungen auf den Zeitpunkt $t = 0$, an dem die Baukosten als einmalige Auszahlung angenommen werden, abzuzinsen. Alternativ wird eine realitätsnahe Methode zur Berechnung der Lebenszykluskosten mit Abschreibung und Finanzierung angeboten. Der wesentliche Unterschied besteht darin, dass die Baukosten nicht in einem Block zum Zeitpunkt $t = 0$ als Auszahlung anfallen, sondern innerhalb des Betrachtungszeitraums abgeschrieben und finanziert werden (Zins- und Tilgungszahlungen). Abbildung 3 deutet den Unterschied zwischen den beiden Methoden an. Bilanztechnisch bedeutet dies eine Aktivierung der Baukosten.

Abbildung 3: Lebenszykluskosten mit Abschreibung und Finanzierung



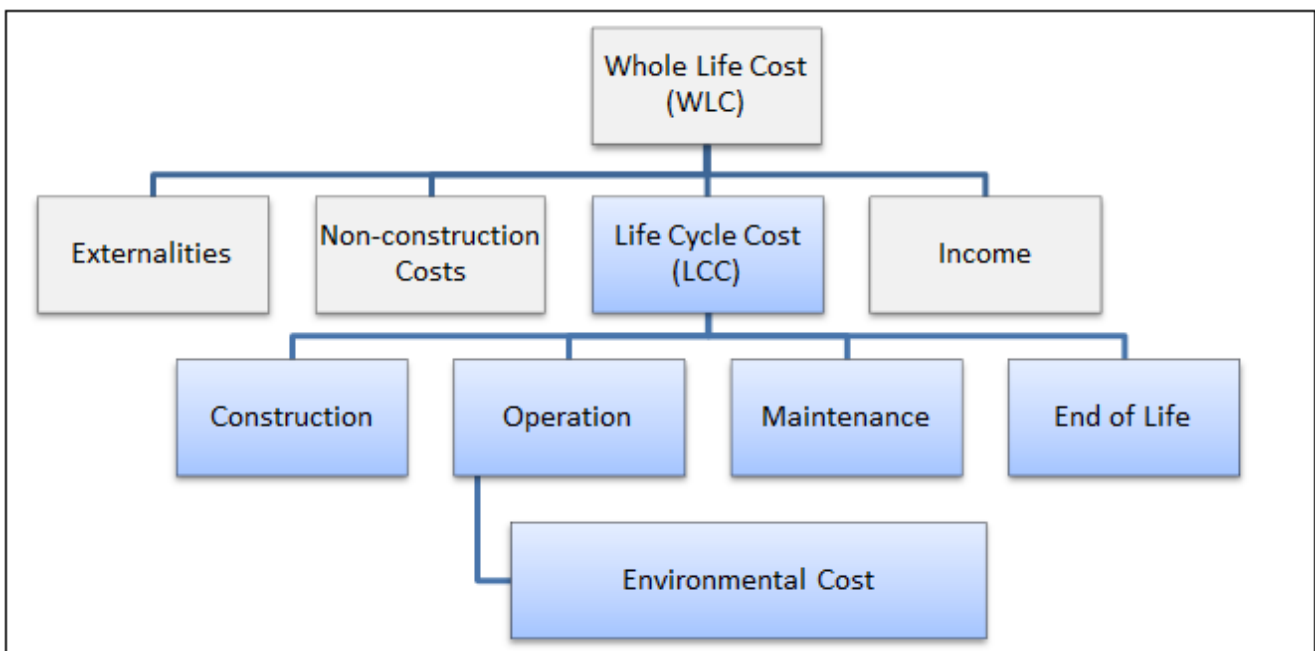
Quelle: ÖNORM B 1801-4:2014

Situation international

Stand der internationalen Normung

ISO 15686-5: 2008 Buildings and constructed assets - Service-life planning - Part 5: Life-cycle costing ist Teil einer Normenserie zur Berücksichtigung des Lebenszyklus von Bauwerken in der Planung. Die ISO unterscheidet mit den Whole life cost (WLC) und den Life cycle cost (LCC) zwei Ansätze – siehe hierzu auch Abb. 4. Während sich LCC ausschließlich auf die Auszahlungen (Kosten) konzentriert bezieht WLC auch Einzahlungen (Einnahmen) ein. In der Norm werden die jeweils einzubeziehenden Kostenarten nicht verbindlich vorgegeben. Vielmehr werden im Sinne von Checklisten mögliche Kostenarten angegeben. Es soll und kann dann jeweils deklariert werden, welche in die konkrete Berechnung einbezogen wurden. Die Norm liefert damit eine Grundlage zur Sicherung von Transparenz und Vergleichbarkeit.

Abbildung 4: Systematik der ISO 15686-5



Quelle: Grafik nach ISO 15686-5

2.1.2 Zusammenfassung

Der derzeitige Stand der Forschung und insbesondere der Normung kann wie folgt zusammengefasst werden:

- Die Bedeutung der Lebenszykluskostenrechnung wird allgemein anerkannt. In der internationalen und europäischen Normung zur Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden wird die Höhe der Lebenszykluskosten als unverzichtbarer Kernindikator bei der Beurteilung der ökonomischen Qualität betrachtet. Bei der Wahl der Randbedingungen wird im Zusammenhang mit der Nachhaltigkeitsbewertung i.d.R. eine gesamtgesellschaftliche Perspektive eingenommen. Die Vorgehensweise unterstützt überwiegend Planer bei der Analyse eines Trade-off zwischen Bau- und Folgekosten zur Konstruktionsoptimierung.
- Bei der Lebenszykluskostenrechnung ist prinzipiell zwischen einer Lebenszykluskostenrechnung im engeren Sinne und einer Lebenszykluskostenrechnung im weiteren Sinne zu unterscheiden. Während sich die Lebenszykluskostenrechnung im engeren Sinne auf die Erfassung und Berücksichtigung der Auszahlungen (Kosten) im Lebenszyklus eines Gebäude konzentriert berücksichtigt die Lebenszykluskostenrechnung im weiteren Sinne zusätzlich auch die Einzahlungen (Einnahmen). Sie wird auch als Lebenszykluserfolg definiert.

- Die Lebenszykluskostenrechnung im engeren Sinne weist bei Betrachtungen zur Wirtschaftlichkeit von Alternativen im Rahmen einer Investitionsrechnung Parallelen zur Kostenvergleichsrechnung auf. Eine Voraussetzung ist ein identischer Nutzen. Bei Berücksichtigung ausgewählter, entwurfs- bzw. gebäudebedingter Kostenarten kann eine Unterstützung einer Konstruktionsoptimierung erfolgen.
- Eine Lebenszykluskostenrechnung im weiteren Sinne entspricht einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wie z.B. der Kapitalwert- oder Annuitätenmethode. Neben dem Vergleich von Alternativen eignet sich die Lebenszykluskostenrechnung damit auch zur Feststellung der Wirtschaftlichkeit im absoluten Sinne. Die Auswahl berücksichtigter Ein- und Auszahlungen richtet sich nach der jeweiligen Akteursperspektive.
- Es existiert weder international noch in Deutschland eine allgemein anerkannte Grundlage, die sämtliche Detailfragen der Lebenszykluskosten verbindlich regelt. Es bestehen bei der Auswahl zu berücksichtigender Kostenarten, bei der Festlegung von Randbedingungen (z.B. Betrachtungszeitraum, Diskontsatz, Preissteigerungsraten, Art und Detailierungsgrad der Kostenermittlung, Umgang mit dem technischen Fortschritt während des Lebenszyklus) sowie bei der Wahl der geeigneten Darstellungsart und Ergebnisdokumentation erhebliche Interpretationsspielräume. Zu nachvollziehbaren und einheitlichen Vorgaben für die Lebenszykluskostenrechnung kommt es bisher nur im Zusammenhang mit Festlegungen in Nachhaltigkeitsbewertungssystemen. Diese berücksichtigen i.d.R. nicht alle Kostenarten bzw. alle Zahlungsflüsse.
- Die bisherigen Grundlagen und Methoden der Lebenszykluskostenrechnung unterscheiden i.d.R. nicht, welche Kosten bzw. Zahlungsflüsse welchem Akteur (u.a. Bauträger, Vermieter, Mieter) zuzuordnen sind. Sie nehmen daher überwiegend die Perspektive der Planer, der öffentlichen Hand bzw. selbstnutzender Eigentümer ein. Übrigen Akteuren und Anwendungszwecken bietet sie jedoch eine geeignete Datengrundlage für Zahlungsflüsse, die anschließend unterschiedlichen Akteuren für deren Investitions- bzw. Wirtschaftlichkeitsrechnung zugeordnet werden können.
- Die Grundlagen und Methoden der Lebenszykluskostenrechnung erläutern nicht immer hinreichend genau den Umgang mit Ersatzinvestitionen. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn sich die Ermittlung aus Bau- und Folgekosten zusammensetzt. Im Prinzip handelt es sich bei Ersatzinvestitionen um Folgekosten, für deren Berechnung Daten und Methoden der Baukostenermittlung verwendet werden.
- Eine zum Barwert alternative Darstellungsform der Ergebnisse der Lebenszykluskostenrechnung ist in der Betrachtung jährlicher Kosten (Annuitäten) zu sehen. Die Annuitätenmethode wird in der VDI 2067 und der DIN EN 15459 empfohlen sowie explizit in der österreichische Norm ÖNORM B 1801 Teil 4 als Alternative zur Barwertmethode genannt. Die Annuitätenmethode ist ebenfalls ein dynamisches Verfahren der Investitionsrechnung und zur Kapitalwertmethode vollkommen äquivalent. Die Umrechnung von Baukosten in jährliche Kosten (einschließlich Zinsen und Tilgung) ist im Vergleich zur barwertigen Darstellung oftmals anschaulicher und damit praxisnäher.

Unter Hinweis auf das Gesamtanliegen der Baukostensenkungskommission kann darüber hinaus festgestellt werden:

- Eine reine (Bau-)Kostenvergleichsrechnung ist nur dann zulässig, wenn sowohl die Erträge als auch die Nutzungsdauer bzw. der Nutzen der betrachteten Alternativen identisch sind. Auf die Sicherung von Transparenz und Vergleichbarkeit ist daher in besonderer Weise zu achten. Es besteht ein Bedarf an einer einheitlichen Grundlage für eine systematische Beschreibung wesentlicher Merkmale und Eigenschaften/des Nutzens von Wohnbauten.
- Die Betrachtung von Alternativen kann sowohl komplette Gebäude als auch Bauwerksteile/ Baukonstruktionen/ Elemente betreffen. Insbesondere für Bauwerksteile/ Baukonstruktionen/ Elemente ist es schwierig, eine tatsächliche Vergleichbarkeit zu gewährleisten, da sich bei alternativen Lösungen häufig unterschiedliche Konsequenzen für andere Teile und Systeme des Gebäudes ergeben.

- Die Lebenszykluskostenrechnung ist eine geeignete Methode, die Folgekosten von Baukonstruktionen und haustechnischen Systemen zu erfassen und in die Betrachtung der Vorteilhaftigkeit von Lösungen einzubeziehen.
- Die Lebenszykluskostenrechnung (i.w.S.) ist eine geeignete Methode, um Alternativen mit unterschiedlicher Nutzungsdauer (und unterschiedlichen Erträgen) zu vergleichen.
- Die Lebenszykluskostenrechnung ist eine geeignete Methode, die mit Bauteilen oder haustechnischen Systemen verbundenen Einzahlungen/Erlöse in die Betrachtung der Vorteilhaftigkeit von Lösungen einzubeziehen (u.a. aus Recycling, Lieferung von Energie an Dritte).

2.2 Stand der Forschung und Praxis der Wirtschaftlichkeitsrechnung in der Wohnungswirtschaft

2.2.1 Grundlagen

Zur Beurteilung der Vorteilhaftigkeit einer Investition stellt die betriebswirtschaftliche Investitionstheorie eine Reihe von Verfahren zur Verfügung. Grundsätzlich lassen diese sich in statische und dynamische Verfahren unterteilen (Kruschwitz 2011: 29 ff.):

- Bekannte statische Verfahren der Investitionstheorie sind die Gewinnvergleichs- bzw. Kostenvergleichsrechnung, die Rentabilitätsvergleichsrechnung und die statische Amortisationsrechnung. Vorteile der statischen Verfahren sind in der einfachen Handhabung und im relativ geringen Informationsbedarf zu sehen. Allerdings bieten diese Verfahren in der Regel keine ausreichende Basis zur Beurteilung von Investitionsentscheidungen, weil es sich insbesondere bei langfristigen Investitionen im Gebäudebereich immer um mehrperiodige Entscheidungsprobleme handelt. Bei deren Beurteilung müssen die zeitliche Struktur der Ein- und Auszahlungsreihen und entsprechende Zinseffekte berücksichtigt werden. Als Entscheidungskriterium wird die (statische) Rentabilität (positiver Einnahmenüberschuss über Investitionsausgaben) bzw. die Amortisationsdauer (Amortisation innerhalb des Betrachtungszeitraums) herangezogen. Beide Kriterien erlauben sowohl absolute (Vorhaben ist absolut rentabel) als auch relative (Vorhaben A ist rentabler als Vorhaben B) Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen. Aufgrund der statischen Natur lassen sich jedoch Maßnahmen mit unterschiedlicher Periodizität der Zahlungsströme nicht sinnvoll vergleichen.
- Das wesentliche Merkmal von dynamischen Verfahren ist es, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallenden Zahlungen mit Hilfe der Zinseszinsrechnung auf einen gemeinsamen Vergleichszeitpunkt zu beziehen, da Einnahmen und Ausgaben nicht nur über ihren Betrag, sondern auch über den Zeitpunkt des Cashflows einen wesentlichen Einfluss auf das Ergebnis ausüben. Dies ist der entscheidende Vorteil gegenüber den statischen Verfahren. Zu den dynamischen Verfahren zählen zum Beispiel die Kapitalwert- und die Annuitätenmethode. Entscheidungskriterien sind in der Regel absolute oder relative Rentabilitätskennzahlen wie der Kapitalwert (Einnahmenüberschuss zukünftiger Einnahmen über zukünftige Ausgaben, bezogen auf die Gegenwart), die Höhe der positiven Annuität oder der interne Zinsfuß (kalkulatorischer Zinsfuß, der zu einem Barwert von 0 führt).
- Ebenfalls zu den dynamischen Verfahren können die sog. Vollständigen Finanzpläne (VoFi) gezählt werden. Sie bilden alle mit einer Investition verbundenen Zahlungen periodenweise explizit ab. Dadurch wird eine vergleichsweise exakte und transparente Erfassung sämtlicher Zahlungsreihen und der sich ergebenden finanzwirtschaftlichen Konsequenzen von z.B. unterschiedlichen Steuersätzen und periodenweise variablen Zahlungsströmen ermöglicht. Als Entscheidungskriterien werden in der Regel der Vermögensendwert und die Rendite auf das eingesetzte Eigenkapital (VoFi-Rendite) berechnet. Durch den Vergleich mit dem Vermögensendwert einer Investitionsalternative bzw. einer geforderten Mindestrendite lässt sich die relative oder absolute Rentabilität bewerten.

2.2.2 Ergebnisse der Literaturrecherche

Die Literaturrecherche konzentrierte sich auf wissenschaftliche Studien zur Wirtschaftlichkeit, die ganz oder teilweise eine wohnungswirtschaftliche Perspektive einnehmen. In Tabelle 1 sind die relevanten Studien nach Erscheinungsjahr und Autor, nach der verwendeten Berechnungsmethode, dem zu Grunde liegenden Betrachtungszeitraum, den Ansätzen zu Energiepreisen und der Energiepreissteigerungsrate und dem Diskontsatz aufgelistet. Es fällt auf, dass die überwiegende Mehrzahl der Studien die Wirtschaftlichkeit der (vorwiegend energetischen) Bestandsmodernisierung thematisiert. Ein Grund dafür ist sicher in der Bedeutung der Bestandsmodernisierung in der Praxis der Wohnungsunternehmen zu sehen. Die Mehrzahl der untersuchten Studien (8 Studien) verwendet die Methodik vollständiger Finanzpläne (VoFi). 5 Studien basieren auf der Kapitalwert- bzw. Annuitätenmethode. Eine Studie verwendet sowohl die Annuitätenmethode als auch Vollständige Finanzpläne. In den meisten Studien liegt der Betrachtungszeitraum zwischen 10 und 30 Jahren, der GdW empfiehlt einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren (GdW 2010: 69 f.).

Die Ansätze der aktuellen Energiepreise schwanken je nach Erscheinungsjahr der Studie und dem betrachteten Energieträger. Die verwendeten Energiepreissteigerungsraten werden in den betrachteten Studien entweder nominal oder real (inflationbereinigt) angegeben. In einigen Studien werden keine Angaben zur Energiepreissteigerung gemacht, da diese für den spezifischen Betrachtungsgegenstand der jeweiligen Studien offenbar als nicht relevant angesehen wurden. Die angegebenen realen Energiepreissteigerungen liegen zwischen 1,43 %/a und 3,0 %/a, die angegebenen nominalen Energiepreissteigerungen liegen zwischen 3,0 %/a und 5,0 %/a. Zwei Studien verwenden im Rahmen einer Parametervariation noch etwas höhere nominale Preissteigerungsraten (7,0 %/a und 8,0 %/a).

Bei den Diskontraten verwendet die überwiegende Mehrzahl der Studien nominale Diskontraten. Diese liegen in einem Bereich zwischen 4,0 % und 5,5 %. Bei der Methodik Vollständiger Finanzpläne ist eine geforderte Mindestrendite mit der errechneten VoFi-Rendite zu vergleichen. Die angegebenen Mindestrenditen für den Eigentümer liegen bei den Studien zwischen 3,5 % und 5 %. Bei der VoFi-Methodik handelt es sich grundsätzlich um nominale Größen, da Preissteigerungsraten aufgrund der Tarifsystematik z.B. von Besteuerungstatbeständen bei der Modellierung explizit nominal angegeben werden müssen.

Tabelle 1: Literaturrecherche zur Wirtschaftlichkeitsberechnung aus wohnungswirtschaftlicher Perspektive

Autor (Jahr)	Berechnungsmethode	Betrachtungszeitraum	Realer oder nominaler Ansatz (wenn nominal: allgemeine Teuerungsrate)	Energiepreis / Energiepreissteigerung	Zinssatz	Titel der Studie - Bemerkung
InWIS (2014)	VoFi (Endwert, VoFi-Rendite, Amortisation)	10 Jahre bis 30 Jahre	1,9 %	k.A.	3,5 % (Darlehenszinssatz), aktuelle Förderdarlehen Zwischenfinanzierung: 3,75 % Kapitalanlage: 1,30 %	Wirkungsanalyse der Mietrechtsänderungen
IWU (2013)	VoFi (VoFi-Rendite)	25 Jahre (15 Jahre)	2 %	Erdgas: 7,0 ct/kWh Heizöl: 8,5 ct/kWh Energiepreissteigerung: 4,8 % p.a. (nom.)	4,0 % (3 %) für langfristiges Fremdkapital Zins Anschlussinvestition/-finanzierung: 3%/6%	Akteursbezogene Wirtschaftlichkeitsberechnungen von Energieeffizienzmaßnahmen im Bestand
Pfnür (2013)	VoFi (Endwert, VoFi-Rendite)	38 Jahre (bis 2050)	2 %	Durchschnittlicher Energiepreis Gas/Öl: 6,46 ct/kWh Strom: 25,95 ct/kWh Energiepreissteigerungsraten: 1,43 % p.a. über Inflation	3,6 % für langfristiges Fremdkapital Zins Anschlussinvestition/-finanzierung: 2 %/3,6 %	Energetische Gebäudesanierung in Deutschland, Studie Teil II: Prognose der Kosten alternativer Sanierungsfahrpläne und Analyse der

				on	Zielrendite Eigentümer: 5 %	finanziellen Belastung für Eigentümer und Mieter bis 2050
Bauer (2013)	Annuitätenmethode	35 Jahre	real	Heizkosten: 7,8 ct/kWh Strom: 17,6 ct/kWh Energiepreissteigerung: 1,5 % p.a. (real)	3 % (real)	Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit Studie für Österreich
Henger, Voigtländer (IW) (2012)	Annuitätenmethode	20 Jahre	k.A.	Gas/Heizöl: 7 ct/kWh Wärmepumpenstrom: 17 ct/kWh Energiepreissteigerungen: 4 und 8 % p.a. (nom.)	4 % (nom.)	Energetische Modernisierung des Gebäudebestandes: Herausforderungen für private Eigentümer
InWIS (2011)	VoFi (Endwert, VoFi-Rendite, Amortisation)	20 Jahre bis 30 Jahre	1,9 %	Gas: 7,56 ct/kWh Energiepreissteigerungsrate: 3,0 % p.a. über Inflationsrate	4 % (kurzfristige Guthaben) 6 % (kurzfristige Verbindlichkeiten) Geforderte Mindestrendite: 3,5 %/a	Wege aus dem Vermieter-Mieter-Dilemma - Konzeptstudie
IWU (2011)	Kapitalwertmethode	25 Jahre	2 %	6,5 ct/kWh Energiepreissteigerung: 3,5 % p.a. (nom.)	5 % (nom.)	Evaluierung und Fortentwicklung der EnEV 2009 Bestand und Neubau
GdW (2010)	VoFi (VoFi-Rendite)	20 Jahre	k.A.	k.A.	Langfristiges Fremdkapital: 5 % (1.-10. Jahr) 6 % (10.-20. Jahr) Zwischenfinanzierung: 5 % Kapitalanlage: 3 %	GdW Arbeitshilfe 64: Energieeffizientes Bauen und Modernisieren
Empirica/LUWOG Consult (2010)	VoFi (VoFi-Rendite)	30 Jahre	k.A.	6 ct/kWh k.A.	Langfristiges Fremdkapital: 4 % (1.-10. Jahr), 6,5 % (ab 10 Jahr) Zwischenfinanzierung: 6,5 % / Kapitalanlage: 2 % Zielrendite Eigentümer: 5 %	Wirtschaftlichkeit energetischer Sanierungen im Berliner Mietwohnungsbestand
INBG (2010)	Annuitätenmethode	25 Jahre	1 %	Gas: 8 ct/kWh Szenarien mit Energiepreissteigerungen von 3,5 und 7%/a (nom.)	4,5 % (nom.)	Projektbericht-Projektbegleitung zur energetischen Sanierung eines vermieteten Mehrfamilienwohnhauses in Baumholder
Deutsche Energieagentur (dena) (2010)	Kapitalwertmethode	25 Jahre	k.A.	6,5 ct/kWh (Gas/Öl) k.A.	4,6 % (nom.)	dena-Sanierungsstudie. Teil 1: Wirtschaftlichkeit energetischer Modernisierung im Mietwohnungsbestand.
Pfnür (2009)	VoFi (VoFi-Rendite)	10 Jahre	2 %	6 ct/kWh (EFH/RH) 7 ct/kWh (MFH/GMFH) Energiepreissteigerung: 4 % p.a. über Inflation	5,0 % (Fremdkapitalzinssatz und Anschlussinvestition /-finanzierung)	Wirtschaftlichkeitsberechnungen von Klimaschutzinvestitionen in der Wohnungswirtschaft – Clusteranalyse und 25 Szenariofälle

Behr et al. (2008)	VoFi (Endwert)	25 Jahre	1 %	7,0 ct/kWh (Gas) 3,0 %/a (nom.) Gas/Öl	Langfr. Darlehen: 5,0 % und Förderdarlehen Zwischenfinanzierung: 5 % Kapitalanlage: 4 %	Heizkosten im Passivhaus – Warmmiete oder Flatrate-Modell Neubau
BSI (2008)	Annuitätenmethode und VoFi (Endwert)	20 Jahre	k.A.	6,0 ct/kWh (Gas/Öl) 7,9 ct/kWh (Fernwärme) 3,0 %/a (nom.) Fernwärme 5,0 %/a (nom.) Gas/Öl	5,5 % (nom.) Langfr. Darlehen: 5,5 % Zwischenfinanzierung: 6 % Kapitalanlage: 4 %	Wirtschaftlichkeit energiesparender Maßnahmen für die selbstgenutzte Immobilie und den vermieteten Bestand

Quelle: IWU

2.2.3 Empirische Studien

Empirische Befunde zur Praxis der Wirtschaftlichkeitsberechnung in der Wohnungswirtschaft sind in einer älteren Untersuchung des Instituts für Siedlungs- und Wohnungswesen der Universität Münster für das Land Nordrhein-Westfalen enthalten (Michels/Naarmann 1999). Basis der Studie war eine schriftliche Befragung von 600 ausgewählten Wohnungsunternehmen/Vermietern in Nordrhein-Westfalen. Ziel der schriftlichen Befragung war es, die Entscheidungsprozesse der Investoren bei Wohnungsbestandsmaßnahmen zu analysieren. Die Ergebnisse der Untersuchung lassen sich hinsichtlich der zum Zeitpunkt der Erstellung der Studie in der Praxis verwendeten Verfahren der Wirtschaftlichkeitsrechnung wie folgt zusammenfassen: Das am häufigsten verwendete Kalkulations- und Rechenverfahren war die Wirtschaftlichkeitsberechnung gemäß der II. Berechnungsverordnung (II. BV). Sie wurde in Ausnahmefällen durch statische Investitionsrechenverfahren, wie z.B. die Kosten- oder Rentabilitätsvergleichsrechnung, ersetzt. Bei freien Wohnungsunternehmen und privaten Vermietern dominierten dagegen die statischen Verfahren. Daneben wurden die interne Zinsfußmethode, die vollständige Finanzplanung und ebenfalls vergleichsweise häufig die Wirtschaftlichkeitsberechnung nach der II. BV verwendet. Als Grund für die häufige Verwendung der betriebswirtschaftlich ungenauen Wirtschaftlichkeitsberechnung nach der II. BV wurden die langjährige Erfahrung und die einfache Handhabung dieses Instrumentes gesehen.

Empirische Befunde zur Praxis der Wirtschaftlichkeitsrechnung in der Wohnungswirtschaft sind auch in einer Studie des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung zu finden (BBR 2003). Im Rahmen einer schriftlichen Umfrage wurden 210 Wohnungsunternehmen zu ihrer Erneuerungspraxis befragt. Davon gehörten 189 Unternehmen dem Verband der Südwestdeutschen Wohnungswirtschaft (VdW südwest) und 21 Unternehmen dem Verband der norddeutschen Wohnungswirtschaft (VNW) an. Bei den Verfahren zur Beurteilung von Bestandsinvestitionen dominierte zum Zeitpunkt der Erstellung der Studie klar die Wirtschaftlichkeitsberechnung nach der II. Berechnungsverordnung, die bei öffentlich gefördertem Wohnraum vorgeschrieben ist. Die Häufigkeit der Nennungen (43 %) lässt vermuten, dass die II. BV nicht nur bei öffentlich gefördertem Wohnraum, sondern auch bei frei finanzierten Beständen als Berechnungsmethodik verwendet wurde. Ebenfalls häufig genannt wurden die statischen Verfahren der Investitionsrechnung wie z.B. die Kostenvergleichs- oder die Rentabilitätsvergleichsrechnung (30 %). Insgesamt entfielen 73 % der Nennungen auf die II. BV und die statischen Verfahren. Zu den dynamischen Verfahren der Investitionsrechnung gehören die Kapitalwertmethode und die interne Zinsfußmethode. Sie wurden aber von den befragten Unternehmen nur selten angewendet (3 % bzw. 2 % der Nennungen). Ebenfalls zu den dynamischen Verfahren können die sog. Vollständigen Finanzpläne gezählt werden. Diese Methode der Investitionsrechnung wurde häufiger genutzt als andere dynamische Verfahren (10 % der Nennungen). Ein geringer Anteil an Wohnungsunternehmen verwendete sonstige Verfahren zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit (5 % der Nennungen). 11 der befragten Unternehmen kamen ganz ohne Verfahren zur Wirtschaftlichkeitsberechnung aus (7 % der Nennungen).

Aktuellere veröffentlichte empirische Studien zur Praxis der Wirtschaftlichkeitsberechnung in der Wohnungswirtschaft liegen nicht vor. Es ist zu vermuten, dass sich in den vergangenen Jahren z.B. aufgrund der

zunehmenden Verbreitung von Portfolio-Managementsystemen die dynamischen Verfahren der Investitionsrechnung - insbesondere der Vollständige Finanzplan - zunehmend verbreitet und durchgesetzt haben (Telefonat mit Herrn Gebhardt vom GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e.V. am 4.12.2014). Die Methodik Vollständiger Finanzpläne empfiehlt der GdW seinen Mitgliedsunternehmen auch im Rahmen einer Arbeitshilfe (GdW 2010: 59 ff.).

2.3 Einfluss der Diskontrate und der Preissteigerungsrate für Energie

2.3.1 Diskontrate

Die Diskontrate bzw. der Kalkulationszinssatz wird bei den dynamischen Verfahren der Investitionsrechnung eingesetzt, um die Vorteilhaftigkeit einer geplanten Investition zu überprüfen. Der Kalkulationszinssatz erfüllt dabei zunächst eine Zeitausgleichfunktion, da mit seiner Hilfe zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallende Zahlungen (Zeitwerte) auf einen Bezugszeitpunkt abgezinst werden. Zugleich spiegelt dieser Zinssatz die Erwartungen des Investors bezüglich der zu erzielenden Mindestverzinsung des einzusetzenden Kapitals wider. Der Kapitalwert bzw. die Annuität gibt an, ob die Verzinsung des in eine Investition fließenden Kapitals höher, geringer oder gleich dem Kalkulationszinssatz ist. Damit stellt sich für den Investor im Rahmen der Entscheidungsfindung das Problem, an welcher Größe er sich im Zuge der Quantifizierung des Kalkulationszinssatzes orientieren soll. Ein einheitliches Kriterium für seine Bestimmung gibt es allerdings nicht. Die Ableitung des Kalkulationszinssatzes kann grundsätzlich finanzierungs- oder opportunitätskostenorientiert erfolgen (Rolfes 1998):

- Bei den finanzierungsorientierten Ansätzen ergibt sich der Zinssatz aus den Kapitalkosten. Wird eine Finanzierung mit Eigenkapital unterstellt, so bestimmen die Eigenkapitalkosten den Kalkulationszins. Dabei kann man sich an einer anderen Investition mit gleichem Risiko orientieren oder an der in der Vergangenheit erwirtschafteten Durchschnittsrendite. Wird von einer Fremdkapitalfinanzierung ausgegangen, kann der Zinssatz für Fremdkapital herangezogen werden. Dadurch wird vermieden, dass Investitionen durchgeführt werden, deren Verzinsung niedriger ist als der Finanzierungszinssatz. Bei einer aus Eigen- und Fremdkapital gemischten Finanzierung kann man auch das gewogene arithmetische Mittel aus Eigen- und Fremdkapitalzinssatz heranziehen („Weighted Average Cost of Capital“-Ansatz, WACC).
- Bei den opportunitätskostenorientierten Ansätzen wird der Kalkulationszinsfuß aus einem Vergleich mit anderen Anlagemöglichkeiten abgeleitet. Dabei kann auf risikolose Anlagen wie Obligationen und Pfandbriefe zurückgegriffen werden. Liegen bei einer Fremdfinanzierung die Fremdkapitalzinsen über diesem Niveau muss allerdings auf die Fremdkapitalzinssätze zurückgegriffen werden. Man kann auch die Rendite der besten Investitionsalternative heranziehen. Damit ist sichergestellt, dass die Investitionsrendite vorteilhafter ist als die günstigste Investitionsalternative. Man kann auch den Grenzzinssatz zwischen allen Investitions- und Finanzierungsmöglichkeiten ableiten. Dieser Zins liegt im Schnittpunkt der nach der Renditehöhe geordneten Investitionen und der nach der Höhe geordneten Finanzierungskosten. Da die den Investitionen zugeordneten zukünftigen Zahlungen unsicher sind, wird häufig vorgeschlagen, das Investitionsrisiko durch einen Zuschlag auf den Zinssatz einer risikolosen Anlage z.B. einer langfristigen Bundesobligation zu berücksichtigen. Problematisch ist allerdings die Bestimmung des Risikozuschlags (subjektive Risikozuschläge über ein Korrekturverfahren oder Ableitung objektiver Risikozuschläge z.B. über das „Capital Asset Pricing Modell“). Bei Immobilien wird der Risikozuschlag häufig in Abhängigkeit vom allgemeinen Immobilienrisiko (z.B. Illiquidität) und vom objektspezifischen Risikoprofil (Alter, Standort etc.) bestimmt (Ott/Grüningen 2011: 10).

2.3.2 Preissteigerungsrate für Energie

Bei den dynamischen Verfahren der Investitionsrechnung werden Preisänderungen im Zeitverlauf über den Ansatz von Preissteigerungsrate erfasst. Für unterschiedliche Auszahlungsarten können dabei unter-

schiedliche Preissteigerungsraten angesetzt werden. Für langfristige Investitionen wie z.B. in Gebäuden spielen die anzusetzenden Preissteigerungsraten für Energie eine wesentliche Rolle, da die Nutzungskosten bei Wohngebäuden in ausgewählten Fällen etwa 30 % der Neubaukosten betragen (Ahsen/Weißmann 2014: 234). In Wirtschaftlichkeitsrechnungen wird zumeist eine konstante jährliche Preissteigerungsrate (prozentuale Energiekostensteigerung pro Jahr) für Energie oder ein mittlerer Energiepreis über den Betrachtungszeitraum angesetzt (häufig nach Energieträger getrennt). Prognosen über die Entwicklung der Energiepreise über lange Zeiträume sind jedoch naturgemäß mit hohen Unsicherheiten behaftet, da die Entwicklung der Energiepreise von vielen Faktoren abhängt (Entwicklung des Angebotes und der Nachfrage, Spekulation, politische Entscheidungen, Substitutionsmöglichkeiten bei Energieträgern etc.). Zur Berücksichtigung der Unsicherheit bei der Energiepreisentwicklung sollten daher Sensitivitäts- und Risikoanalysen durchgeführt werden. Sowohl beim Kalkulationszinssatz als auch bei den Energiepreissteigerungsraten ist bei Wirtschaftlichkeitsanalysen zu beachten, ob es sich um nominale oder reale d.h. inflationsbereinigte Größen handelt.³

2.3.3 Auswirkungen von Änderungen

Ein Änderung der Parameter Diskontrate und Energiepreissteigerungsrate hat sowohl Auswirkungen auf die absolute als auch auf die relative Wirtschaftlichkeit. Im Vergleich zu den Standardannahmen in einem Referenzfall führt

- ein höherer Kalkulationszinssatzes bei der Barwertmethode zu geringeren Gesamtkosten, da zukünftige Kosten durch die höhere Diskontierung weniger stark berücksichtigt werden. Ein geringerer Kalkulationszinssatz führt dagegen zu höheren Gesamtkosten, da zukünftige Kosten durch die geringere Diskontierung stärker berücksichtigt werden. Damit wirkt sich der Kalkulationszinssatz insbesondere auch auf das Verhältnis zwischen Bau- und Nutzungskosten aus. Ein höherer Kalkulationszinssatz lässt künftige Zahlungen in der Tendenz geringer erscheinen. Die hat Auswirkungen bis hin zur Rang- und Reihenfolge von Lösungen bei Variantenvergleichen.
- eine höhere Energiepreissteigerung zu höheren Gesamtkosten, da dadurch die zukünftigen Energiekosten ansteigen (bzw. deren Barwert ansteigt). Eine niedrigere Energiepreissteigerung führt dagegen zu niedrigeren Gesamtkosten, da dadurch die zukünftigen Energiekosten sinken (bzw. deren Barwert sinkt).

Die Variation der beiden Parameter führt jedoch nicht nur dazu, dass sich die barwertigen Gesamtkosten in ihrer absoluten Höhe verändern. Vielmehr können veränderte Rahmenbedingungen auch zu Verschiebungen bei den jeweils kostenoptimalen Gesamtkosten und damit zu unterschiedlichen Aussagen über die Kosteneffizienz unterschiedlicher Ausführungsvarianten führen (Auswirkungen auf die relative Wirtschaftlichkeit). Eine ausführliche Beschreibung dieser Effekte wird in Kapitel 3.2 für den Neubau und in Anhang A für den Bestand gegeben.

2.3.4 Übliche Ansätze von Diskonraten und Preissteigerungsraten in Lebenszykluskostenrechnungen und wohnungswirtschaftlichen Verfahren

Im Folgenden werden übliche Ansätze für die Festlegung des Diskontsatzes und der Energiepreissteigerungsrate dargestellt.

³ Ein Realansatz ist oft zweckmäßig, um von unsicheren Schwankungen der allgemeinen Inflation abzusehen. Bei einem Realansatz muss man eine allgemeine Inflationsrate (z.B. 2 %) festlegen und den Realzins verwenden. Wenn Inflationsrate und Zinsen gering sind, ist der Realzins in erster Näherung die Differenz zwischen nominalem Zinssatz und der Inflationsrate (z.B. 5 % - 2 % = 3 %). Für die vergleichende Beurteilung von Investitionen ist es jedoch unerheblich, ob mit nominalen oder mit realen Preisen und Zinsen gearbeitet wird. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass der Ansatz für alle Maßnahmenvarianten derselbe ist. Bei VoFi-Methoden kann eine reale Betrachtung allerdings problematisch sein, da z.B. Tarifsysteme für Besteuerungstatbestände in der Regel nominale Eingangsgrößen erwarten.

Hinsichtlich des Diskontsatzes wird die Festlegung in BNB/NaWoh (5,5 % nom.) mit den Festlegungen der nach EPBD erforderlichen Bestimmung des Kostenoptimums für Neubau und Bestand verglichen. Dabei wird sowohl die in der deutschen Berichterstattung festgelegte Diskontrate aus einzelwirtschaftlicher Perspektive (BMVBS 2013: 16) als auch die von der Europäischen Kommission fest vorgegebene Diskontrate aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive aufgeführt (European Commission 2012: L 81/26). Ebenfalls aufgeführt werden der Diskontsatz den die Methodenkonvention des UBA für kürzere Laufzeiten (20 Jahre) empfiehlt (UBA 2012: 33) sowie die im Rahmen der Literaturrecherche zu den wohnungswirtschaftlichen Verfahren ermittelten Diskontraten. Um die real angegebenen Diskontraten (EPBD, UBA) mit den nominalen Diskontraten aus BNB/NaWoh zu vergleichen, werden diese unter Annahme einer allgemeinen Inflationsrate in nominale Diskontraten umgerechnet und in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Übliche Ansätze zur Diskontrate bei nominaler Betrachtung

	BNB/NaWoh	EPBD (einzelwirt.)**	EPBD (gesamtwirt.)	UBA (20 Jahre)	Literatur- recherche
Diskontrate (nom.)	5,5 %	5,5 %*	5,0 %*	5,0 %*	4,0 % - 5,5 %

* Umrechnung ursprünglich real angegebener Raten bei Annahme Inflation 2,0 %/a

** Festlegung der deutschen Berichterstattung zur Kostenoptimalität

Quelle: IWU

Die von EPBD und UBA empfohlenen realen Diskontraten liegen bei 3,0 % bzw. 3,5 %. Dies entspricht bei Ansatz einer langfristigen Inflationsrate von 2,0 %/a nominalen Diskontraten von 5,0 % bzw. 5,5 %. Die Studien aus wohnungswirtschaftlicher Perspektive geben nominale Diskontraten zwischen 4,0 % und 5,5 % an. Die in BNB/NaWoh verwendete Diskontrate von 5,5, % (nom.), die auf Empfehlungen des Finanzministeriums zurückgeht, liegt damit am oberen Rand der betrachteten Ansätze.

Bei den Prognosen über die Entwicklung der Energiepreise wird in der Regel auf nationale oder internationale Preisentwicklungsszenarien zurückgegriffen. Im Folgenden werden die Energiepreissteigerungsraten aus BNB/NaWoh mit denen der deutschen Berichterstattung zur Kostenoptimalität nach EPBD (BMVBS 2013: 15), den Empfehlungen der EPBD (European Commission 2012: L 81/28), dem Referenzszenario der Energy Information Administration (EIA 2014: A-39) sowie den Ergebnissen der Literaturrecherche verglichen. In Tabelle 3 werden die Energiepreissteigerungsraten für den jeweiligen Hauptenergieträger dargestellt. Wie beim Kalkulationszinssatz ist zu beachten, ob es sich bei den Energiepreissteigerungsraten um nominale oder reale Größen handelt. Um die ursprünglich real angegebenen Diskontraten mit den nominalen Diskontraten aus BNB/NaWoh zu vergleichen, werden reale Diskontraten unter Annahme einer allgemeinen Inflationsrate in nominale Diskontraten umgerechnet.

Tabelle 3: Übliche Ansätze zur Energiepreissteigerungsrate (Hauptenergieträger)

	BNB/NaWoh	EPBD Deutschland	EPBD Empfehlung	EIA 2014 Referenz**	Literatur- recherche
Energiepreis- steigerungsrate (nom.)	4,0 %/a	3,0 %/a*	4,8 %/a*	2,7 %/a / 3,3 %/a	3,0 %/a – 5,0 %/a

* Umrechnung ursprünglich real angegebener Raten bei Annahme Inflation 2,0 %/a

** Ölpreis Brent / West Texas Intermediate

Quelle: IWU

Die real angegebenen Energiepreissteigerungsraten (BMVBS 2013 und European Commission 2012) liegen bei 1,0 %/a bzw. und 2,8 %/a. Dies entspricht bei Ansatz einer langfristigen Inflationsrate von 2,0 %/a nominalen Raten von 3,0 %/a bzw. 4,8 %/a. In EIA 2014 werden für das Referenzszenario Energiepreissteige-

rungen von 2,7 %/a bzw. 3,3 %/a (nominal) angenommen. Die in BNB/NaWoh verwendete Energiepreiserhöhungsrates von 4,0 %/a (nom.) liegt damit eher am oberen Rand der betrachteten Ansätze.

2.3.5 Exkurs: „soziale Diskontrate“/externe Effekte

Insbesondere im Zusammenhang mit dem Einsatz der Lebenszykluskostenrechnung im Rahmen einer Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden wird diskutiert, aus welcher Perspektive heraus eine Diskontrate gewählt werden soll. Gängige Verfahren und Festlegungen nehmen die Perspektive der gegenwärtigen Generation ein. Künftige Zahlungsflüsse werden auf den gegenwärtigen Betrachtungszeitpunkt und damit auf die Position der heutigen Generation abgezinst. Dabei treten Nebeneffekte auf. Künftige Zahlungen (und Einsparungen) erscheinen aus heutiger Perspektive umso kleiner je weiter sie in der Zukunft liegen und je höher der Diskontsatz ist. Damit werden jedoch ggf. die Interessen und die finanziellen Belastungen künftiger Generationen nicht angemessen widerspiegelt.

In seiner Veröffentlichung „Ökonomische Bewertung von Umweltschäden – Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten“ (UBA 2012) aus dem Jahr 2012 befasst sich das Umweltbundesamt intensiv mit Fragen und Effekten einer Diskontierung. Formuliert werden sinngemäß folgende Empfehlungen:

- Für kurzzeitige Zeiträume (bis ca. 20 Jahre) soll mit einer Diskontrate von 3 %⁴ gerechnet werden.
- Für weiter in die Zukunft reichende Betrachtungen soll mit einer Diskontrate von 1,5 % gerechnet werden. Die Diskontrate soll dabei für den ganzen Zeitraum als konstante Diskontrate angesetzt werden.
- Für generationenübergreifende Betrachtungen soll zusätzlich eine Sensitivitätsrechnung mit einer Diskontrate von 0 % erfolgen.

In der Veröffentlichung des UBA wird anerkannt, dass sich die Festlegung einer Diskontrate zur Bewertung generationenübergreifender Aspekte nicht wissenschaftlich begründen lässt, da mit ihrer Wahl auch Werturteile verbunden sind. Eingeführt wird daher der Begriff der „sozialen Diskontrate“ (UBA 2012: 34).

Teile der internationalen Normung (u.a. ISO 15685-5) und Vorgaben der EC (u.a. der Ansatz der global cost in der gesamtwirtschaftlichen Perspektive) sehen die Möglichkeit einer Berücksichtigung von Umweltkosten vor. In Ansatz gebracht werden u.a. Schadenskosten. Weiterhin besteht die Möglichkeit einer Internalisierung externer Kosten durch Preiszuschläge u.a. auf Energie. Im Minimum wird dies für die volkswirtschaftliche Perspektive bzw. für Bauvorhaben der Öffentlichen Hand vorgeschlagen.

Möglichkeiten der Berücksichtigung externer Kosten bei Wirtschaftlichkeitsrechnungen werden u.a. vorgestellt und erläutert in (UBA 2007)⁵.

Tabelle 4: Beispiele für Energiepreiszuschläge

Einheitskosten pro Wärme- bzw. Stromerzeugungsanlagen			
Cent/ kWh	Ohne Vorprozesse	Mit Vorprozessen	Zum Vergleich: Schweiz
Heizung Öl	2,0	2,7	2,6
Heizung Gas	1,4	2,0	1,9
Holzfeuerung (ohne Partikelfilter)	1,1	1,3	1,0
Holzfeuerung mit Partikelfilter	0	0,4	
BHKW	0	1,4	

⁴ Die Bearbeiter gehen davon aus, dass es sich hier um die „reale“ Diskontrate handelt.

⁵ Siehe auch <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3194.pdf>

Wärmepumpe	0	0,6
Biogas	1,4	1,4
Solar thermisch	0	0,5

Die Tabelle zeigt spezifische Kosten pro Leistungseinheit für verschieden Typen von Wärmeerzeugungsanlagen. Die Werte können als Energiepreiszuschläge verstanden werden, die auf die in der Wirtschaftlichkeitsrechnung berücksichtigten Marktpreise für Energie aufgeschlagen werden können.

Quelle: berechnet aus Tabelle 8 und Ecoinvent und CH (WIRE)

Quelle: UBA 2007: 63

Für die Berücksichtigung der Umweltkosten infolge von CO₂-Emissionen schlägt die Veröffentlichung des UBA (UBA 2007: 77) sinngemäß vor:

- Berücksichtigung externer Effekte in Höhe von 20 €/t CO₂ für eine Betrachtung von Maßnahmen in einem eher kurzfristigen Rahmen (z.B. für Maßnahmen mit einer Lebensdauer von 5-10 Jahren)
- Berücksichtigung externer Effekte in Höhe von 70 €/t CO₂ für eine Betrachtung langfristiger Maßnahmen und von längerfristigen Wirkungen auf die Umwelt.

2.4 Weiterentwicklungsbedarf der Lebenszykluskostenrechnung vor dem Hintergrund der wohnungswirtschaftlichen Praxis

In Tabelle 5 wird die Methodik einer Lebenszykluskostenrechnung im engeren Sinne, wie sie z.B. in den Bewertungssystemen BNB/NaWoh vorgeschlagen wird, mit der Methodik üblicher wohnungswirtschaftlicher Verfahren verglichen. Der Vergleich basiert auf den Ergebnissen der Kapitel 2.1 bis 2.3 und soll - zunächst in Form einer groben Übersicht - Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen beiden Ansätzen verdeutlichen, um anschließend den Weiterentwicklungsbedarf der Lebenszykluskostenrechnung vor dem Hintergrund der wohnungswirtschaftlichen Praxis zu skizzieren.

Tabelle 5 zeigt, dass eine Lebenszykluskostenrechnung i.e. Sinne mit gängigen Wirtschaftlichkeitsberechnungen für konkrete wohnungswirtschaftliche Bauvorhaben nur eingeschränkt kompatibel ist.

Gemeinsamkeiten zwischen einer Lebenszykluskostenrechnung im engeren Sinne und üblichen wohnungswirtschaftlichen Verfahren zeigen sich lediglich bei den verwendeten (dynamischen) Verfahren der Investitionsrechnung und der grundsätzlichen Berücksichtigung von Herstellungskosten.

Wesentliche Unterschiede ergeben sich dadurch, dass wohnungswirtschaftliche Verfahren auch Erträge berücksichtigen (Mieteinnahmen etc.), während bei BNB/NaWoh ausschließlich (ausgewählte) Kosten berücksichtigt werden. Im Gegensatz dazu werden Nutzungskosten wie z.B. die Energiekosten bei BNB/NaWoh erfasst, während bei den wohnungswirtschaftlichen Verfahren nur die nicht-umlagefähigen Instandhaltungs- und Verwaltungskosten berücksichtigt werden. Daher ist auch die Verwendung einer Energiepreissteigerungsrate bei wohnungswirtschaftlichen Verfahren in der Regel nicht zwingend notwendig, da Energiekosten von den Mietern getragen werden. Die Diskontrate wird bei wohnungswirtschaftlichen Verfahren markt- und unternehmensspezifisch festgelegt, die Angabe einer pauschalen Rate wie bei BNB/NaWoh ist daher eher nicht üblich. Die Literaturrecherche (s.o.) hat allerdings ergeben, dass in Studien aus wohnungswirtschaftlicher Perspektive ähnliche Diskontraten wie bei BNB/NaWoh verwendet werden. Ein weiterer wesentlicher Unterschied besteht im wesentlich kürzeren Betrachtungszeitraum der wohnungswirtschaftlichen Verfahren, wobei bei diesen in der Regel ein 'exit value' (Ertrags- bzw. Verkehrswert) am Ende des Betrachtungszeitraums berücksichtigt wird.

Tabelle 5: Vergleich zwischen LZK i.e.S. und wohnungswirtschaftlichen Verfahren

	Lebenszykluskostenrechnung i.e.S. (z.B. BNB/NaWoh)	Wohnungswirtschaftliche Verfahren
Betrachtungsgegenstand	(ausgewählte) Kosten	Erträge und Kosten
Verfahren	dynamisch Barwertmethode	dynamisch z.B. Vollständige Finanzpläne (Vo-Fi), Kapitalwertmethode, Annuitätenmethode
Berücksichtigung von Herstellungskosten	ja	ja
Berücksichtigung von Nutzungskosten	ja	nur wenn nicht umlagefähig (z.B. Kosten für laufende Instandhaltung und Verwaltung)
Betrachtungszeitraum	50 Jahre	i.d.Regel 20 Jahre
Festlegung Diskontsatz	5,5 % (nom.)	markt- und unternehmensspezifisch
Festlegung Energiepreissteigerung	4,0 %/a (nom.)	i.d.Regel nicht notwendig, da Energiekosten umlagefähig

Quelle: IWU/KIT

Basierend auf den bisher durchgeführten Arbeitsschritten, lassen sich folgende Thesen zum Weiterentwicklungsbedarf der Lebenszykluskostenrechnung aufstellen, die im Rahmen der Bearbeitung von Arbeitspaket 2 vertieft werden sollen:

- Anstelle einer getrennten Betrachtung der Kosten- und der Ertragsseite sollte der Ansatz einer Ermittlung des Lebenszykluserfolgs als Ergebnis einer Lebenszykluskostenrechnung im weiteren Sinne eingesetzt werden. Dieser Ansatz sollte kosten- und ertragsseitige Folgen investiver Entscheidungen angemessen berücksichtigen und diese den unterschiedlichen Akteuren zuordnen können.
- Die grundlegende Erfassung von Zahlungen als Datengrundlage für Betrachtungen aller Art sollte sich nicht nur auf ausgewählte Kosten beschränken, sondern möglichst systematisch und vollständig sein (Erfassung aller Zahlungsströme einschließlich Rückbau und Entsorgung sowie gegebenenfalls externer Kosten).
- Der mögliche Ansatz von Bandbreiten für die Diskontrate und die Preissteigerungsrate für Energie anstelle konstanter Raten sollte aufgrund der Bedeutung der beiden Parameter für die Ergebnisse der Lebenszykluskostenrechnung und der Unsicherheit über die zukünftige Entwicklung überprüft werden.

Darüber hinaus lassen sich folgende Anmerkungen zur Weiterentwicklung der Lebenszykluskostenrechnung festhalten, die auch den über diese Studie hinausgehenden Forschungsbedarf kennzeichnen:

- Der Einfluss von Bauteilen auf die Höhe der Folgekosten (Wartung, Inspektion, Instandsetzung) sollte nachvollziehbar dargestellt werden können (Ansätze dazu siehe Kapitel 3.3.3 und Anhang C).
- Art und Umfang der Berücksichtigung von Ersatzinvestitionen über die eigentliche Instandsetzung hinaus müssen methodisch geklärt und nachvollziehbar deklariert werden.
- Annahmen zur mittleren Verweildauer von Bauteilen im Bauwerk haben einen großen Einfluss auf das Ergebnis einer Lebenszykluskostenrechnung. Ihr Austausch kann u.a. durch das Ende ihrer technischen Lebensdauer, das Ende ihrer wirtschaftlichen Nutzungsdauer, gestalterische Überlegungen oder den technischen Fortschritt ausgelöst werden. Es besteht ein dringender Bedarf an Daten, die den Einfluss einer systematischen Wartung auf die Lebensdauer von Bauteilen und Systemen auf-

zeigen. Weiterhin besteht ein Bedarf an Kennwerten, die den finanziellen Aufwand des Austausches von Komponenten bei Erhalt des übrigen Systems (z.B. Austausch der Steuereinheit bei Aufzügen) beschreiben. Es wird angeregt, gemeinsam mit Herstellern die empirische Datenbasis zu verbessern und Betrachtungen zur Lebensdauer in die Produktentwicklung und –dokumentation zu integrieren.

- Fragen des (finanziellen) Aufwandes im Zusammenhang mit Rückbau und Entsorgung treten nicht erst am Ende des Lebenszyklus des Bauwerkes sondern bereits beim Austausch von Bauteilen, Komponenten oder Systemen auf. Der Aufwand wird stark durch die Zugänglichkeit sowie Instandhaltungs- und Rückbaufreundlichkeit beeinflusst.
- Fragen zum Umgang mit dem technischen Fortschritt bei Lebenszyklusbetrachtungen werden seit längerer Zeit diskutiert. Der Fortschritt betrifft sich verändernde Primärenergie- und Emissionsfaktoren ebenso wie bessere Wirkungsgrade bei haustechnischen Systemen, die Wartungsfreundlichkeit, die Dauerhaftigkeit oder das Preis-Leistungs-Verhältnis. Derartige Entwicklungen lassen sich auf der Basis von Annahmen in Form von Szenarien modellieren. Die Lebenszykluskostenrechnung basiert dabei ohnehin auf einem Lebenszyklusmodell. Bisher wird jedoch i.d.R. auf Prognosen zu den Auswirkungen eines technischen Fortschritts verzichtet. Sollten sich hierzu die Auffassungen ändern, ergeben sich Möglichkeiten der Nutzung der Options-Theorie (z.B. Ersatzinvestitionen jetzt tätigen oder auf Fortschritt bzw. Preisverfall warten).
- Eine Problematik bei der Lebenszykluskostenrechnung ist der zu wählende Betrachtungszeitraum, der i.d.R. kleiner als die geplante Nutzungs- oder Lebensdauer des Bauwerkes ist. Für die Betrachtung und Einbeziehung des Zweitraums zwischen Ende des Betrachtungszeitraums und Ende der Nutzungs- bzw. Lebensdauer des Bauwerkes müssen noch geeignete Lösungen gefunden werden.

3 Entwicklung eines systematischen Rechenmodells

3.1 Methodikvergleich Lebenszykluskostenrechnung und wohnungswirtschaftliche Rechenverfahren

Im vorliegenden Kapitel erfolgt eine Analyse von Gemeinsamkeiten und Unterschieden in der Methodik (im Rechenmodell) der Lebenszykluskostenrechnung und der Methodik gängiger Verfahren der Wirtschaftlichkeitsrechnung im Gebäudebereich. Dazu werden die Rechenschritte und Datengrundlagen einer systematischen und vollständigen Lebenszykluskostenrechnung für Neubauten dargestellt und mit den Rechenschritten und Datengrundlagen von üblichen wohnungswirtschaftlichen Berechnungsverfahren (z.B. einem Vollständigen Finanzplan) verglichen. Es wird geprüft, ob und welche Ausgangsdaten bzw. Rechenschritte der wohnungswirtschaftlichen Verfahren auch im Rahmen der Lebenszykluskostenrechnung genutzt werden können (Überprüfung von Schnittstellen).

Bei der Durchführung einer Lebenszykluskostenrechnung i.w.S. bzw. einer Wirtschaftlichkeitsberechnung für ein konkretes Projekt sind prinzipiell vergleichbare Schritte notwendig:

1. Die Festlegungen der Rahmenbedingungen
2. Die Ermittlung der Auszahlungen
3. Die Ermittlung der Einzahlungen

3.1.1 Festlegung von Rahmenbedingungen

Bei der Bestimmung der Rahmenbedingungen handelt es sich um Festlegungen bezüglich des eingesetzten Verfahrens der Investitionsrechnung, des Betrachtungszeitraums und der wesentlichen Rechenparameter. Darüber hinaus sollten die Ermittlungstiefe, der Ermittlungsumfang sowie die Betrachtung von Szenarien festgelegt werden (Vgl. Fritsch 2011, S 23 ff.).

Tabelle 6: Methodikvergleich – Rahmenbedingungen

Rahmenbedingungen	Lebenszykluskostenrechnung (Vollständig)	Wirtschaftlichkeitsberechnung
Schritt 1:	Wahl des Verfahrens der Investitionsrechnung	
Festlegungen:	Dynamische Verfahren z.B. Barwertmethode Kriterium: z.B. Barwert z.B. VDI 2067 und DIN EN 15459	Dynamische Verfahren z.B. Kapitalwertmethode/VoFi Kriterien: Kapitalwert/Endwert/VoFi-Rendite/IRR
Schritt 2:	Festlegung des Betrachtungszeitraums	
Festlegungen:	bis 50 Jahre (z.B. BNB/NaWoh)	in der Regel bis 20 Jahre
Schritt 3:	Wahl wesentlicher Parameter (z.B. Diskontsatz/(Energie-)Preissteigerung)	
Festlegungen/Datengrundlagen:	Nominale oder reale Betrachtung Auf der Basis einheitlicher Konventionen	Nominale Betrachtung Zielrendite/Diskontsatz: markt- und unternehmensspezifisch

	(z.B. BNB/NaWoh: Diskontsatz: 5,5 %, Energiepreissteigerung: 4,0 %/a, allg. Inflation: 2,0 %/a)	Allgemeine Preissteigerung: markt-spezifisch Energiepreissteigerung: in der Regel nicht notwendig, da Energiekosten umlagefähig
Schritt 4:	Festlegung der Ermittlungstiefe	
Festlegungen:	Nutzungseinheiten bis Gebäudeelementqualitäten	Objekt- oder Portfolioebene
Schritt 5:	Festlegungen zum Ermittlungsumfang	
Festlegungen:	Kosten und Erträge	Kosten und Erträge
Schritt 6:	Festlegung von Berechnungsszenarien	
Festlegungen:	Projektspezifisch auch gesamtgesellschaftliche Perspektive („soziale Diskontrate“)	Projektspezifisch

Quelle: IWU/KIT

Tabelle 6 zeigt, dass bei der Festlegung der Rahmenbedingungen bei einer Lebenszykluskostenrechnung i.w.S. Kosten und Erträge berücksichtigt werden. Dadurch ergibt sich eine Übereinstimmung mit wohnungswirtschaftlichen Verfahren. Bei der Ermittlungstiefe (auch Berücksichtigung von Gebäudeelementqualitäten) und den Berechnungsszenarien (auch gesamtgesellschaftliche Perspektive) geht die LZK i.w.S. über die wohnungswirtschaftlichen Verfahren hinaus. Bei den wesentlichen Parametern ergibt sich eine gute Übereinstimmung, wenn man bei der LZK eine nominale Betrachtungsweise (nicht inflationsbereinigt) verwendet, da wohnungswirtschaftliche Verfahren in der Regel auch immer nominal rechnen. Wie oben bereits gezeigt, unterscheidet sich der Diskontsatz auf der Basis einheitlicher Konventionen nicht wesentlich von den üblichen wohnungswirtschaftlichen Ansätzen. Eine grundsätzliche Überschneidung bei den verwendeten Verfahren wurde schon in Tabelle 5 dargestellt. Somit bleibt als wesentlicher Unterschied bei der Festlegung der Rahmenbedingungen nur der deutlich längere Betrachtungszeitraum der LZK bestehen.

3.1.2 Ermittlung der Auszahlungen

Bei der Bestimmung der Auszahlungen handelt es sich um Festlegungen bezüglich der Kosten in der Bauphase, der Kosten in der Nutzungsphase, der externen Kosten sowie der Kosten für Rückbau und Entsorgung (Tabelle 7).

Tabelle 7: Methodikvergleich – Auszahlungen

Auszahlungen	Lebenszykluskostenrechnung (Vollständig)	Wirtschaftlichkeitsberechnung
Schritt 7 a:	Ermittlung der Kosten in der Bauphase	
Datengrundlagen:	z.B. DIN 276-1: 2008	z.B. DIN 276-1: 2008

	KG 100 bis KG 700 Grundstück ⁶ , Herrichten und Erschließen, Baukonstruktionen, Technische Anlagen, Außenanlagen, Ausstattung und Kunstwerke, Baunebenkosten Kostenermittlung bzw.-feststellung: (netto, m ² BGF)	KG 100 bis KG 700 Grundstück, Herrichten und Erschließen, Baukonstruktionen, Technische Anlagen, Außenanlagen, Ausstattung und Kunstwerke, Baunebenkosten Kostenermittlung bzw.-feststellung: (brutto, m ² Wfl.)
Schritt 7 b:	Ermittlung der Kosten für die Nutzungsphase	
Datengrundlagen:	z.B. DIN 18960: 2008 <ul style="list-style-type: none"> • Kapitalkosten (KG 100) • Objektmanagementkosten (KG 200) • Betriebskosten (KG 300) • Instandsetzungskosten (KG 400) • auch Ersatzinvestitionen (Berechnung auf Basis der Baukostenermittlung) 	z.B. Kostenschätzungen, BetrKoV, II. BV <ul style="list-style-type: none"> • Kapitalkosten • Kosten für laufende Verwaltung • nicht umlagefähige Instandhaltung (Inspektion und Wartung, Instandsetzungen) • Steuerzahlungen
Schritt 7 c:	Ermittlung externer Kosten und Entscheidung zur Art und Umfang ihrer Einbeziehung	
Festlegungen/Datengrundlagen:	Bei gesamtgesellschaftlicher Perspektive zu berücksichtigen siehe Kapitel 2.3.5 und 3.3 z.B. über Schadenskosten, Energiepreiszuschläge	Nicht berücksichtigt siehe Kapitel 3.3
Schritt 7 d:	Abschätzung der Kosten für Rückbau- und Entsorgung am Ende des Lebenszyklus	
Festlegungen/Datengrundlagen:	Zu berücksichtigen (end of life-cost) Abschätzungen (z.T. auf Basis der Herstellungskosten) siehe Kapitel 3.3	i.d.Regel bisher nur im Bestand notwendig (Option Ersatzneubau) siehe Kapitel 3.3

Quelle: IWU/KIT

Wesentliche Übereinstimmungen zwischen einer LZK i.w.S. und wohnungswirtschaftlichen Verfahren ergeben sich bei der Ermittlung der Herstellungskosten (z.B. nach DIN 276). Ein wichtiger Aspekt der Nutzung von Schnittmengen ist dabei die Umrechnung der Bezugsgröße. Während sich bei Lebenszykluskostenrechnungen die Kostenermittlung auf den m² BGF bezieht und ohne Mehrwertsteuer ausgewiesen wird, beziehen sich übliche wohnungswirtschaftliche Verfahren in der Regel auf den m² Wohnfläche und werden mit Mehrwertsteuer ausgewiesen. Weitere Übereinstimmungen ergeben sich bei der Ermittlung der Nutzungskosten. Die Ermittlung der Kosten z.B. nach DIN 18960 geht dabei deutlich über die Kostenermittlung der wohnungswirtschaftlichen Verfahren hinaus, da diese lediglich die nicht auf die Mieter umlegbaren Nut-

⁶ Hierauf hat der Planer i.d.R. keinen Einfluss.

zungskosten erfassen. In der Wohnungswirtschaft werden z.B. für die Bestimmung der nicht umlagefähigen laufenden Instandhaltungs- und Verwaltungskosten häufig Pauschalwerte (z.B. in Anlehnung an die II. BV) verwendet.

Wesentliche Unterschiede ergeben sich dadurch, dass bei der LZK externe Kosten und Kosten für Rückbau und Entsorgung bei Einnahme einer gesamtgesellschaftlichen Perspektive mit zu berücksichtigen sind. Diese Kosten sind bei einer Anwendung im Neubau in der Wohnungswirtschaft in der Regel nicht relevant (siehe dazu auch Kapitel 3.3).

3.1.3 Ermittlung der Einzahlungen

Bei der Bestimmung der Einzahlungen handelt es sich um die Berücksichtigung von Einnahmen aus Vermietung und Verpachtung, steuerlichen Erträgen, Verkaufserlösen sowie sonstigen Einnahmen wie z.B. Einnahmen aus der Lieferung von Energie an Dritte (Tabelle 8).

Tabelle 8: Methodikvergleich – Einzahlungen

Einzahlungen	Lebenszykluskostenrechnung (Vollständig)	Wirtschaftlichkeitsberechnung
Schritt 8 a:	Prognose der Einnahmen aus Vermietung und Verpachtung	
Festlegungen/Datengrundlagen:	Berücksichtigt z.B. GEFMA Richtlinie 220 (LZE) Mietverträge Kosten des Leerstands	Berücksichtigt Mietverträge Mietausfallwagnis (Leerstand und Leerstandsentwicklung)
Schritt 8 b:	Berücksichtigung steuerlicher Erträge	
Festlegungen:	Nicht berücksichtigt	Berücksichtigt (z.B. Steuererstattungen)
Schritt 8 c:	Berücksichtigung von Verkaufserlösen	
Festlegungen/Datengrundlagen:	Restwerterlöse / Recycling (NaWoh: Indikator Werthaltigkeit der Investition)	Ertragswert / Verkehrswert als 'exit value' z.B. „Maklermethode“
Schritt 8 d:	Berücksichtigung sonstiger Einnahmen	
Festlegungen:	Lieferung von Energie an Dritte ⁷ Vermietung von Dach- bzw. Außenwandflächen	berücksichtigt

Quelle: IWU/KIT

Durch die Berücksichtigung von Einnahmen aus Vermietung und Verpachtung und Verkaufserlösen z.B. aus Restwerterlösen bei einer Lebenszykluskostenrechnung im weiteren Sinn ergeben sich große Schnittmengen mit wohnungswirtschaftlichen Verfahren. Unterschiede bestehen in der bei wohnungswirtschaftlichen

⁷ Werden bei einer LZK i.e.S. auch als „negative Kosten“ bereits bei den Auszahlungen erfasst

Verfahren möglichen Integration steuerlicher Effekte (z.B. Steuererstattungen aufgrund von Abschreibungsmodalitäten), die bei der gebäudebezogenen Lebenszykluskostenrechnung nicht berücksichtigt werden kann.

3.1.4 Zusammenfassung

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass eine bessere Kompatibilität zwischen der Lebenszykluskostenberechnung und –bewertung und gängigen Wirtschaftlichkeitsberechnungen für konkrete wohnungswirtschaftliche Bauvorhaben hergestellt werden kann, wenn die Lebenszykluskostenrechnung grundsätzlich auch die Ertragsseite erfasst (LZK i.w.S.) und alle Zahlungsflüsse im Rahmen der Lebenszykluskostenrechnung vollständig und systematisch erfasst werden.

Die systematische Zusammenstellung von Daten für eine vollständige Lebenszykluskostenrechnung ist dann eine geeignete Informationsquelle für übliche Investitions- und Wirtschaftlichkeitsberechnungen in der Wohnungswirtschaft sowie für Analysen zum trade-off zwischen Bau- und Nutzungskosten und zur Bildung von Rückstellungen. Einzelne Zahlungen können dabei unterschiedlichen Akteuren zugeordnet werden. Für die Darstellung der Ergebnisse einer Analyse der Zahlungsflüsse kann zunächst eine disaggregierte Form in Anlehnung an einen vollständigen Finanzplan gewählt werden.

Die bisher dargestellten grundlegenden Zusammenhänge zwischen der Lebenszykluskostenrechnung und der Wirtschaftlichkeitsberechnung werden nochmals in Abbildung 5 verdeutlicht.

Dazu lässt sich festhalten:

- Unabhängig davon, ob es sich um eine Konstruktionsoptimierung, Wirtschaftlichkeitsbetrachtung oder Lebenszykluskostenrechnung handelt können derartige Betrachtungen auf eine einheitliche Grundlage zurückgeführt werden – die Prognose bzw. Erfassung und Analyse der Aus- und Einzahlungen im Lebenszyklus einer Immobilie (Analyse der Zahlungsflüsse).
- Eine Analyse der Zahlungsflüsse im Lebenszyklus einer Immobilie soll zunächst sämtliche Aus- und Einzahlungen umfassen. Soweit möglich sollen Eingangsgrößen zunächst in nicht-monetären Größen erfasst werden – Endenergieaufwand, Wasserbedarf, Abwasseraufkommen, Reinigungsstunden usw.
- Je nach Bedarf und Arbeitsaufgabe lassen sich aus den Ausgangsinformationen durch Verknüpfung mit durchschnittlichen, auf Konventionen beruhenden oder spezifischen, standort- und situationskonkreten Angaben Kosten ermitteln.
- Je nach Bedarf und Arbeitsaufgabe lassen sich ausgewählte Aus- und Einzahlungen bestimmten Fragestellungen oder Akteuren zuordnen und ggf. ins Verhältnis zueinander setzen. Folgende Anwendungsfälle können unterschieden werden
 - **Konstruktionsoptimierung** im Sinne eines trade-off aus Investitions- und Folgekosten mit dem Ziel der Minimierung der Lebenszykluskosten (häufig unter Nutzung einer Lebenszykluskostenrechnung im engeren Sinne mit einer Konzentration auf gebäudebedingte Kosten (ausgewählte Kosten im Lebenszyklus)). Möglich sind hier eine betriebswirtschaftliche Betrachtung eines konkreten Falls unter standort- und situationsspezifischen Bedingungen bzw. eine im Interesse der Vergleichbarkeit von Ergebnissen erfolgende Betrachtung unter Annahme durchschnittlicher / vorgegebener Bedingungen (Konventionen), wie dies z.B. bei einer Bewertung der ökonomischen Dimension der Nachhaltigkeit bei BNB/DGNB der Fall ist.
 - **Wirtschaftlichkeitsrechnung / Analyse der ökonomischen Vorteilhaftigkeit** im Sinne von Betrachtungen aus Sicht spezifischer Akteursgruppen. Möglich sind derartige Betrachtungen u.a. aus der Sicht von selbstnutzenden Eigentümern, Projektentwicklern, Bestandshaltern als Vermieter, Mietern sowie aus Sicht der Gesellschaft (volkswirtschaftliche Perspektive). Die jeweilige Perspektive und Arbeitsaufgabe wirkt sich auf Art und Umfang berück-

sichtiger Kostenarten, auf die Grundlagen der Kostenermittlung und die Wahl der Randbedingungen (u.a. Diskontierungszinssatz, Preissteigerungsraten) aus.

Abbildung 5: Methodikvergleich - Zusammenfassung

Prognose bzw. Erfassung und Analyse sämtlicher Grundlagen für Aus- und Einzahlungen im Lebenszyklus eines Gebäudes, basierend auf einem Gebäude- und Lebenszyklusmodell (soweit möglich in zunächst nicht-monetären Größen)		
		
	Spezifischer Fall <i>spezifische Tarife</i> <i>spezifische Kosten</i> <i>spezifische Randbedingungen*</i>	Durchschnittliche Betrachtung <i>durchschn. Tarife</i> <i>durchschn. Kosten</i> <i>durchschn. Randbedingungen</i>
Konstruktionsoptimierung ausgewählte Kosten im Lebenszyklus mit unmittelbarem Bezug zum Gebäude bzw. beeinflussbar durch Entwurfsentscheidungen	entspricht Planerperspektive bei individuellen Bauvorhaben	(LZK i.e. S.) entspricht Ansatz in BNB/DGNB
Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Ausgewählte Ein- und Auszahlungen in Abhängigkeit von der Akteursperspektive	entspricht Ansatz der Wohnungswirtschaft in der Wirtschaftlichkeitsrechnung	entspricht bisher und häufig nur für die Perspektive des Selbstnutzers z.B. Betrachtungen zum Nachweis der Wirtschaftlichkeit von Anforderungen der EnEV
* Hier im Sinne von Diskontierungszinssatz, Preissteigerungsraten, Betrachtungszeitraum		

Quelle: KIT

3.2 Sensitivitätsanalyse Neubau

Der Wahl angemessener Parameter für Diskontierungszinssätze und Preissteigerungsraten kommt eine große Bedeutung bei der Bewertung der relativen Wirtschaftlichkeit verschiedener Handlungsoptionen zu.

In Kapitel 3.2 wird diskutiert, welchen Einfluss die Variation der Parameter Diskontzins und Preissteigerungsraten auf wohnungswirtschaftliche Rentabilitätskennzahlen bzw. Lebenszykluskosten im Neubau besitzen. Wie sensibel reagieren die Kennzahlen auf höhere oder niedrigere Preissteigerungsparameter? Kommt es tatsächlich zu einer anderen Rangfolge bei der Bewertung von Investitionsalternativen, wenn eine niedrigere Diskontrate gewählt wird?

Zur Berechnung des Einflusses von Verbraucherpreis- und Mietpreisinflation auf die wohnungswirtschaftliche Rentabilität bzw. die Lebenszykluskosten können einfache Szenarienberechnungen oder Simulationsverfahren (Monte-Carlo-Simulationen) verwendet werden. Der Nachteil von Szenarienberechnungen liegt in der fehlenden Analysemöglichkeit der jeweiligen partiellen Einflüsse bestimmter Parameter. Untersucht werden können immer nur die Auswirkungen ausgewählter simultaner Parametervariationen, also bestimmter Kombinationen aus Inflationsrate, Mietpreissteigerungsrate und Energiepreissteigerungsrate, ohne dass daraus ersichtlich wird, welcher Parameter sich wie stark auf die Veränderung der Zielgröße (Rentabilität oder Lebenszykluskosten) auswirkt. Dazu kommt, dass die Zahl möglicher Szenarien beschränkt bleibt und die Eintrittswahrscheinlichkeit jedes Szenarios unbekannt ist. Es ist zwar möglich, ein bestimmtes Szenario als „worst case“-Szenario zu bezeichnen, aber es kann nicht gesagt werden, wie häufig dieses auftritt.

Simulationsverfahren erlauben hingegen die Durchführung einer großen Zahl von Berechnungen mit vielen unterschiedlichen Preissteigerungsraten, die mit einer definierten Wahrscheinlichkeit auftreten. Das Ergebnis einer solchen Simulation drückt daher den wahrscheinlichkeitsgewichteten Einfluss sämtlicher möglicher Umweltzustände auf die Zielgröße aus. Sie erlaubt zum einen die bessere Berücksichtigung von Unsicherheit bei der Rentabilitätsberechnung, da anstelle einer einzelnen Ergebniskennzahl eine Bandbreite an Ergebnissen einer bestimmten Eintrittswahrscheinlichkeit zugeordnet werden können. Damit ist die Beantwortung von Fragen der Form „welche Mindestrendite wird mit 95% Wahrscheinlichkeit erreicht“ möglich. Hier von Bedeutung ist jedoch in erster Linie die empirische Ermittlung von Sensitivitäten, also der Reaktionsintensität der Zielgröße (Rentabilität oder Lebenszykluskosten) auf eine bestimmte Variation jeder Eingangsgröße (hier: Preissteigerungsraten oder Diskontzinssatz).

3.2.1 Annahmen

Als Untersuchungsbasis der Sensitivitätsanalyse wird auf ein Modellgebäude für ein Mehrfamilienhaus (MFH), Energiebilanzberechnungen, Maßnahmenpakete und Kostenansätze zurückgegriffen, die im Rahmen des Projektes „Evaluierung und Fortentwicklung der EnEV 2009: Untersuchung zu ökonomischen Rahmenbedingungen im Wohnungsbau“ entwickelt wurden (IWU 2011). Untersuchungsgegenstand sind vier Neubaumodellgebäude gleicher Wohnfläche (473 m² Wohnfläche, 6 Wohneinheiten), aber unterschiedlicher energetischer Standards:

- Neubau nach EnEV 2014 (mit Gasbrennwertkessel & Solaranlage)
- Neubau KfW-Effizienzhaus 70 (mit Gasbrennwertkessel & Solaranlage)
- Neubau KfW-Effizienzhaus 55 (mit Gasbrennwertkessel & Solaranlage & Lüftungsanlage mit WRG)
- Neubau KfW-Effizienzhaus 40 (mit Holzpelletkessel & Solaranlage & Lüftungsanlage mit WRG)

Hinsichtlich der Investitionskosten werden folgende Annahmen getroffen:

- Die Investitionskosten (KG 300, 400, 700 sowie ausgewählte zusätzliche Kosten für Baustellenlogistik, Keller, Parkpalette, Außenanlagen) für einen Neubau nach EnEV 2014 wurden in Anlehnung an die Angaben der ARGE (ARGE 2014) auf 2.048 €/m² festgelegt.

- Energetische Mehrkosten für die einzelnen Standards wurden nach (IWU 2011) festgelegt. Bezogen auf diese Kosten wurde ein mittlerer Anstieg der Baupreise von 5 % sowie pauschal Planungsmehrkosten von 20 % berücksichtigt.

Für die LZK-Berechnung (i.e.S.) werden folgende Annahmen festgelegt:

- Der Betrachtungszeitraum beträgt 50 Jahre.
- Die Diskontrate beträgt 5,5 % (nominal).
- Die Energiekosten ergeben sich aus den Ergebnissen der Energiebilanzberechnungen und Annahmen zu den Energiepreisen (Gas: 0,07 €/kWh, Pellets: 0,05 €/kWh, Strom: 0,20 €/kWh). Zusätzlich wird angenommen, dass in allen Varianten ein Verbrauch an Haushaltsstrom in Höhe von pauschal 30 kWh/(m²a) entsteht.
- Weitere Betriebskosten z.B. für Wartung und Inspektion der TGA, für Entsorgung und Reinigung wurden in Anlehnung an DIN 18960:2008 sowie den Mietspiegel Darmstadt 2012 festgelegt.
- Kosten für die laufende Instandsetzung der Baukonstruktion wurden pauschal für alle Varianten mit 12,65 €/m²a angesetzt. Die Kosten für die laufende Instandsetzung der Technischen Anlagen wurden in Anlehnung an DIN 18960:2008 festgelegt.
- Kosten für Ersatzinvestitionen der TGA sowie der Fenster werden nach 25 Jahren berücksichtigt.
- Kosten für Rückbau und Entsorgung werden nicht berücksichtigt.
- Kapitalkosten und Förderung werden nicht berücksichtigt.
- Weitere Annahmen zu den Preissteigerungsraten (Energie, sonstige Betriebskosten) siehe Tabelle 10.

Bei der VoFi-Berechnung werden folgende Annahmen getroffen:

- Der Betrachtungszeitraum beträgt 20 Jahre.
- Für die Investitionen steht Eigenkapital in Höhe von 160.000 € zur Verfügung. Der Rest wird mit Fremdkapital finanziert. Als Zinssatz des aufzunehmenden Kredits werden 3,30 % angenommen (Tilgungsrate 2 %/a).
- Der Zinssatz für Zwischenfinanzierungen beträgt 5,5 %, für Kapitalanlagen 2 %.
- Als Kaltmiete wurden für EnEV 2014 ein Mietpreis von 9,00 €/m²Monat festgelegt. Die Kaltmieten für die höheren energetischen Standards liegen (im Sinne einer Annahme) um 0,10 bzw. 0,15 €/m²/Monat darüber. Es wird angenommen, dass höhere Kaltmieten z.Z. am Markt nicht durchgesetzt werden können.
- Es wird ein Mietausfallwagnis in Höhe von 2 %/a für alle Varianten unterstellt.
- Laufende Instandhaltungskosten werden berücksichtigt in Höhe von 8,0 €/(m²a) für alle Varianten. Laufende Verwaltungskosten wurden pauschal für alle Varianten mit 300 € pro Wohnung angesetzt.
- Es wird eine Mieterfluktuation von 10 %/a angenommen. Bei Wohnungswechsel entstehen Kosten (z.B. für Schönheitsreparaturen etc.) in Höhe von 1.000 € pro Wohnung. Aus diesen Investitionen resultieren keine weiteren Mieterhöhungen.
- Am Ende des Betrachtungszeitraums wird das Gebäude verkauft. Zur Ermittlung des Gebäudewertes wird ein Vervielfältiger von 12,0 angenommen.⁸
- Steuerliche Gesichtspunkte werden berücksichtigt. Steuerzahlungen bzw. Steuererstattungen ergeben sich aus dem Jahresüberschuss (Mieteinnahmen abzüglich Instandhaltungs- und Verwaltungskosten), den steuerlichen Absetzungsmöglichkeiten und dem Veräußerungserlös. Als Absetzungs-

⁸ Der Rohertragsfaktor für Mehrfamilienhäuser mit 7 bis 15 Wohneinheiten liegt nach [Immobilienmarkt 2011] im Mittel bei 12,1 für überwiegend städtische Siedlungsstrukturen.

möglichkeiten werden Erhaltungsaufwendungen, Abschreibungen der Herstellungskosten und Zinszahlungen für Finanzierungen berücksichtigt. Als Steuersatz werden in den Beispielrechnungen pauschal 30 % angesetzt.⁹

- Förderung wird nicht berücksichtigt.
- Weitere Annahmen zu den Preissteigerungsraten (Mieten, Instandhaltungs- und Verwaltungskosten) siehe Tabelle 10.

Tabelle 9: Modellgebäude: verschiedene energetische Standards

Modellgebäude		EnEV 2014	KfW 70	KfW 55	KfW 40
Investitionskosten KG 300+400	[€/m ²]	1.350	1.350	1.350	1.350
Investitionskosten KG 700	[€/m ²]	340	340	340	340
zusätzliche Investitionskosten nach ARGE	[€/m ²]	358	358	358	358
Investitionsmehrkosten energetischer Standard	[€/m ²]		83	136	205
Gesamtumfang der Maßnahme	[€/m ²]	2048	2131	2184	2253
Gesamtumfang der Maßnahme	[€]	968.653	1.007.988	1.033.019	1.065.798
Betriebskosten KG 300	[€/m ² a]				
Gas KG 313	[€/m ² a]	4,33	2,91	1,96	
Feste Brennstoffe KG 314	[€/m ² a]				1,61
Strom KG 316	[€/m ² a]	6,65	6,65	6,90	7,28
laufende Instandsetzung Baukonstr. KG 410	[€/m ² a]	12,65	12,65	12,65	12,65
laufende Instandsetzung TGA KG 420	[€/m ² a]	1,25	1,23	1,38	1,41
Miete/ Monat (1. Jahr)	[€/m ²]	9,00	9,10	9,15	9,15
Heizkosten Mieter Monat (1. Jahr)	[€/m ²]	0,36	0,24	0,16	0,13

Quelle: Eigene Berechnung

3.2.2 Der Einfluss von Preissteigerungsraten

Zunächst wird der Einfluss einer Variation von Preissteigerungsraten bei der Berechnung der Rendite und der Lebenszykluskosten untersucht. Da jede Preissteigerungsrate letztlich eine unsichere zukünftige ökonomische Größe darstellt, bei der verschiedene Umweltzustände mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit auftreten können, kann sie als Ergebnis eines Zufallsexperiments angesehen werden. Zur Einengung der möglichen Umweltzustände sind realistische Annahmen über die Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Preissteigerungsraten zu treffen. Mittelwerte, Standardabweichungen und die unterlegten empirischen Verteilungsfunktionen der Preissteigerungsraten wurden aus historischen Zeitreihen mit Monatswerten für den Verbraucherpreisindex (VPI), den Mietpreisindex und den Verbraucherpreisindex Haushaltsenergie für den Zeitraum Januar 1995 bis Dezember 2014 empirisch abgeleitet und für die Modellbildung gerundet (vgl. Tabelle 10). Um die bei theoretischen Verteilungsannahmen seltenen, aber möglichen Extremwerte

⁹ Private Vermieter müssen nach Maßgabe ihres persönlichen Einkommenssteuersatzes besteuert werden. Steuerpflichtige Immobilienunternehmen unterliegen der Körperschafts- und der Gewerbesteuer.

auszuschließen (die in den tatsächlichen Preisindizes nicht auftreten), wurde der Ergebnisbereich auf Wachstumsraten von über -10% bis unter 10% p.a. begrenzt.

Da zwischen Energiepreissteigerungen und Inflationsrate ein ökonomischer Zusammenhang vermutet werden kann, können die beiden Wachstumsraten nicht als Ergebnisse unabhängiger Zufallsexperimente modelliert werden. Sehr hohe Energiepreissteigerungsraten bedingen auch höhere Inflationsraten. Der empirisch ermittelte Korrelationskoeffizient beider Wachstumsraten beträgt allerdings nur ca. 28% über die Zwanzigjahresperiode 1995 bis 2014. Dieser Wert wurde mit 30% gerundet in die Berechnung einbezogen.

Tabelle 10: Annahmen zu Preissteigerungsraten

Empirisch ermittelte Werte				
Index		VPI Haushaltsenergie	VPI	VPI Mieten
Auswertungszeitraum/Periodizität	monatlich	1995M2-2014M12	1995M2-2014M12	1995M2-2014M12
Verteilungsfunktion		Näherungsweise normal	Näherungsweise normal	Näherungsweise lognormal
Mittlere Steigerungsrate	jährlich	3,44%	1,45%	1,38%
Standardabweichung der mittleren Steigerungsrate	jährlich	5,33%	1,05%	0,32%
Für Simulation verwendete Größen und Verteilungen				
Index		VPI Haushaltsenergie	VPI	VPI Mieten
Verteilungsfunktion		normal	normal	lognormal
Mittlere Steigerungsrate	jährlich	3,5%	1,5%	1,4%
Standardabweichung der mittleren Steigerungsrate	jährlich	5,5%	1,0%	0,3%
Korrelationsannahmen				
	VPI Haushaltsenergie	VPI	VPI Mieten	
VPI Haushaltsenergie	1	0,3	0	
VPI		1	0	
VPI Mieten			1	

Quelle: Eigene Berechnung, Daten: Deutsche Bundesbank

3.2.3 Wie verändert sich die wohnungswirtschaftliche Rendite in Abhängigkeit von Preissteigerungsfaktoren?

Eine detaillierte wohnungswirtschaftliche Wirtschaftlichkeitsberechnung (VoFi) basiert in der Regel auf nominalen Preisangaben. Daher wird das Ergebnis von der unterlegten allgemeinen Teuerungsrate beeinflusst. Prinzipiell ist eine Berechnung auch auf Basis realer Preisangaben denkbar. Für eine nominale Berechnung sprechen vor allem zwei Gründe:

Wohnraummietverträge werden in Deutschland in der Regel ohne Wertsicherungsklausel abgeschlossen. Kostenseitig wird die nominale Berechnung auch der sachgerechten Berücksichtigung von (pauschalisierten) Besteuerungstatbeständen besser gerecht, da auch Steuersätze auf Nominalbeträge erhoben werden. Die Höhe der Inflationsrate hat daher immer dann eine Bedeutung, wenn feste nominale Erträge oder Kosten durch Preissteigerungen im Zeitablauf in ihrem realen Wert gemindert werden. Auch wenn in einfachen Berechnungsvarianten (wie der hier gewählten) Mietpreisanpassungen über eine mittlere jährliche Preissteigerungsrate modelliert werden und nicht über sprunghafte Anpassungen mit mehrjährigen Intervallpausen, ist die Mietpreissteigerungsrate nicht notwendigerweise mit der allgemeinen Teuerungsrate identisch. Zur besseren Erfassung von baualtersbedingten Wohnwertverlusten ist es angemessen, die Mietpreissteigerungsrate niedriger anzusetzen als die Inflationsrate. Dies deckt sich auch mit dem empirischen Befund (vgl. Tabelle 10) der letzten 20 Jahre. In diesem Zeitraum lag die mittlere jährliche Mietpreissteigerungsrate ca. 0,7 Prozentpunkte unter der allgemeinen Teuerungsrate.

Kein Einfluss auf die wohnungswirtschaftliche Rendite wurde in den Modellangaben der Energiepreissteigerung beigemessen, da angenommen wurde, dass Energiekosten vollständig auf den Mieter überwältzt werden können, wie es beim Normalfall einer verbrauchsbasierten Abrechnung in Deutschland üblich ist. In der Praxis ist das Maß an Überwälzbarkeit von Energiekosten vermutlich begrenzt, da unter den Bedingungen monopolistischen Wettbewerbs am Wohnungsmarkt eher die Bruttowarmmietkosten als die Kaltmiete den Marktpreis darstellen. Extrem hohe Energiekosten würden daher zu einer Verringerung der Kaltmiete führen. Angesichts der hohen energetischen Standards, die die vier Modellgebäude repräsentieren, kann diese Möglichkeit jedoch ignoriert werden. Unterschiedliche Energiekostenniveaus wurden in der wohnungswirtschaftlichen Berechnung daher ausschließlich über unterschiedliche Mieterlösannahmen modelliert (vgl. Tabelle 9). Da sich bereits die Basisvariante am EnEV 2014-Standard orientiert, ist allerdings nur von sehr kleinen Mietpreiszuschlägen für darüber hinausgehende Standards auszugehen. Die angenommenen Mietpreiszuschläge in den Modellgebäudevarianten 2 bis 4 betragen daher nur 10 Ct/m² in Variante 2, bzw. 15 Ct./m² in Variante 3 und 4.

Mit den vier Varianten von Modellgebäuden unterschiedlicher energetischer Standards (Tabelle 9) wurde eine Monte-Carlo-Simulation (geschichtetes Stichprobenverfahren, Latin-Hypercube (LHC)) mit 1.000 Durchläufen durchgeführt. In jeder Replikation wurden zufällig gezogene Preissteigerungsraten unter Annahme der Häufigkeitsverteilungen nach Tabelle 10 zur Berechnung der VoFi-Rendite verwendet. Tabelle 11 zeigt die resultierende Bandbreite der VoFi-Rentabilität für die einzelnen Varianten. Angegeben werden jeweils die minimal und maximal auftretenden Werte, der Mittelwert sowie die kleinsten 5% bzw. 95% größten Werte. Abbildung 6 zeigt die zugehörige kumulative Häufigkeitsverteilung der resultierenden VoFi-Renditen für alle vier energetischen Standards.

Tabelle 11: Renditekennzahlen unterschiedlicher energetischer Standards bei variablen Preissteigerungsraten

Variante	Minimum	5%-Perzentil	Mittelwert	95%-Perzentil	Maximum
Eigenkapitalrendite / EnEV 2014	3,22%	4,21%	5,21%	6,38%	7,69%
Eigenkapitalrendite / KfW 70	2,65%	3,75%	4,84%	6,09%	7,48%
Eigenkapitalrendite / KfW 55	2,21%	3,40%	4,56%	5,88%	7,32%
Eigenkapitalrendite / KfW 40	1,74%	3,04%	4,27%	5,66%	7,16%

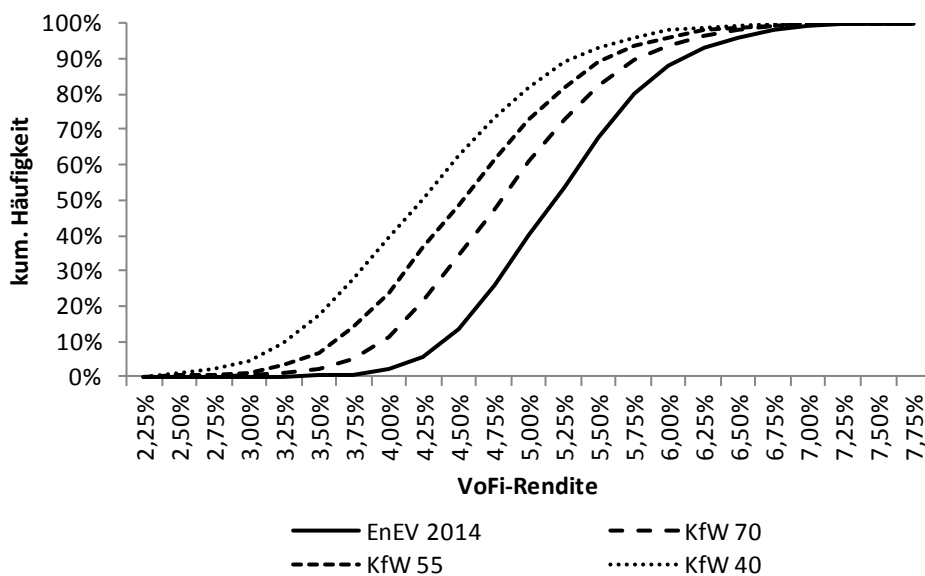
Quelle: Eigene Berechnung

Die Bandbreite der Renditekennziffern variiert beträchtlich: Wird im Mittel bei der Variante EnEV 2014 eine Rendite von 5,21% erzielt, kann dieser Wert je nach Inflations- und Mietpreissteigerungsrate zwischen unter 3% bzw. über 7,5% liegen. Die Rendite der über dem gesetzlichen Standard liegenden Varianten 2 bis 4 liegt im Mittel und in den Extremwerten darunter. Beschränkt man sich auf den Bereich der 90% wahr-

scheinlichsten Ergebnisse, variiert die VoFi-Rendite je nach Variante trotz der erheblichen Schwankungsbreite der angenommenen Preissteigerungsraten nur um $\pm 1,2\%$ bis $1,3\%$. Da ertragsseitig von annähernd gleichen Mieten ausgegangen wurde, bestimmt im Wesentlichen die Höhe der Investitionskosten die Wirtschaftlichkeit. Die Investitionskosten fallen in Periode 0 an und sind daher unbeeinflusst von einer Veränderung der Preissteigerungsraten.

Deshalb ist auch die Rangordnung der relativen Vorteilhaftigkeit invariant gegenüber einer Veränderung der Preissteigerungsraten. Dies wird durch den Kurvenverlauf in Abbildung 6 deutlich. Es gibt keine Überschneidung der Verteilungskurven im Diagramm. Dies bedeutet, dass die VoFi-Rendite der Variante 1 unter jedem angenommenen Umweltzustand (d.h. unter jeder Kombination aus allgemeiner Teuerungsrate und Mietpreissteigerungsrate) über der der übrigen Varianten liegt und so fort.

Abbildung 6: Häufigkeitsverteilung der Renditekennzahlen unterschiedlicher energetischer Standards bei variablen Preissteigerungsraten



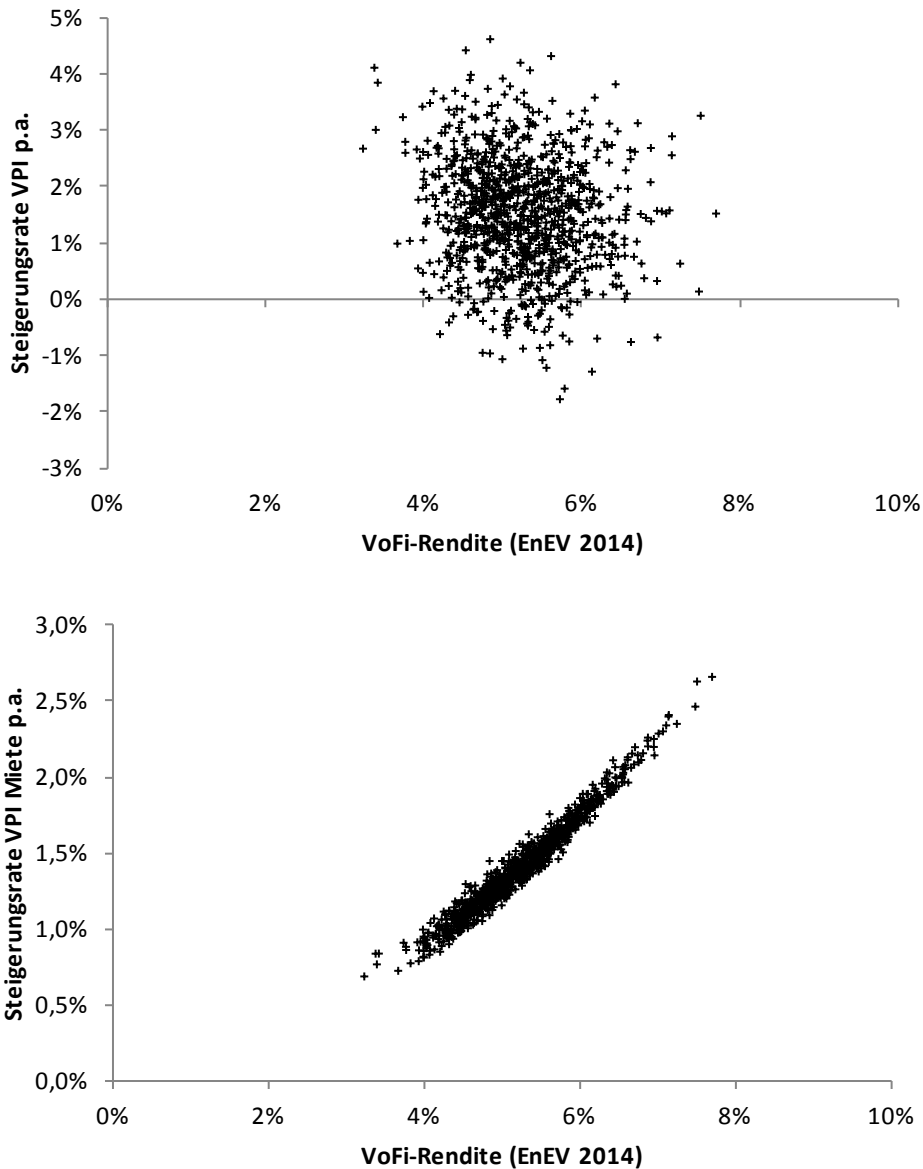
Quelle: Eigene Darstellung

Welchen Einfluss besitzt eine Veränderung der allgemeinen Teuerungsrate auf die Renditekennzahl? Welchen die Mietpreissteigerungsrate? Dies wird aus der grafischen Analyse in Abbildung 7 ersichtlich. Das obige Diagramm zeigt den bivariaten Zusammenhang zwischen VoFi-Rendite und der Wachstumsrate des allgemeinen Verbraucherpreisindex, das untere Diagramm den Zusammenhang zwischen VoFi-Rendite und Mietpreissteigerungsrate. Zwischen Mietpreissteigerungsrate und VoFi-Rendite besteht ein klar positiver weitgehend linearer Zusammenhang. Da Mieterträge den einzigen in der Modellrechnung berücksichtigten variablen Ertragsfaktor darstellen (Zinserträge werden in allen Varianten mit gleichem Habenzinssatz berechnet), wirkt sich eine stärkere Mietpreissteigerung unmittelbar auf die wohnungswirtschaftliche Rendite aus.

Deutlich schwächer und offensichtlich negativ ist hingegen die Korrelation zwischen Rendite und Steigerungsrate des Verbraucherpreisindex. Die Inflationsrate wirkt der Mietpreissteigerung entgegen und erhöht die Kosten für Verwaltung und Instandhaltung. Der Zusammenhang ist deshalb negativ, aber relativ schwach ausgeprägt, da die Mietpreissteigerung und die Inflationsrate teilweise in die gleiche Richtung zeigen. Im Mittel ist die angenommene Mietpreissteigerungsrate mit $1,4\%$ fast so groß wie die Inflationsrate mit $1,5\%$ (durch die lognormale Verteilungsannahme kann die Mietpreissteigerungsrate jedoch nie negativ werden, was der empirischen Realität des Mietpreisindex der letzten zwanzig Jahre entspricht), so dass die mittlere Mietpreissteigerung real sogar leicht negativ ausfällt. Nur in den simulierten Fällen, in denen die zufällig festgelegte Inflationsrate deutlich von der ebenfalls zufällig festgelegten Mietpreissteigerungs-

rate abweicht, kommt der renditemindernde Einfluss der Inflationsrate zum Tragen. In allen anderen Fällen wird der negative Effekt Inflationsrate vom positiven Effekt der Mietpreissteigerungsrate überlagert.

Abbildung 7: Zusammenhang zwischen Renditekennzahl und Preissteigerungsraten

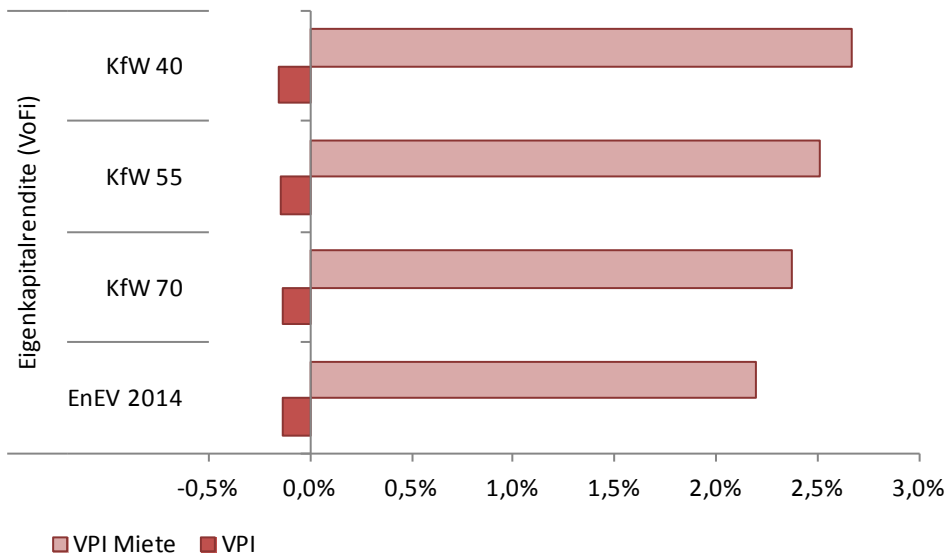


Quelle: Eigene Darstellung

Die Höhe des jeweiligen partiellen Effekts beider Preissteigerungsraten auf die VoFi-Rendite lässt sich anhand einer Sensitivitätsanalyse mit regressionsanalytischen Methoden eindeutig identifizieren. Dafür wird die Renditekennzahl der 1.000 Simulationsdurchläufe auf die jeweiligen Preissteigerungsraten regressiert. Das Ergebnis besagt, wie stark sich die Renditekennzahl bei einer definierten Änderung der Preissteigerungsrate verändert. Abbildung 8 illustriert das Ergebnis der Regressionsanalyse: Dargestellt ist die jeweilige Veränderung der VoFi-Rendite bei einer Erhöhung der Preissteigerungsrate um einen Prozentpunkt. Eine Erhöhung des Mietpreiswachstums von 1% auf 2% unter Kontrolle der Inflationsrate (also ein reales Mietpreiswachstum) erhöht die Rendite um mehr als zwei Prozentpunkte. Je höher der energetische Standard, desto größer die Veränderung. Beim Modellgebäude im KfW 40 - Standard beträgt die Erhöhung der Rendite bereits 2,7 Prozentpunkte. Sehr gering und negativ ist hingegen der Einfluss einer Veränderung der Infla-

tionsrate auf die Rendite. Eine Erhöhung um einen Prozentpunkt reduziert die Rendite im Mittel um 0,1 bis 0,2 Prozentpunkte.

Abbildung 8: Sensitivitätsanalyse der Renditekennzahlen gegenüber einer Veränderung der Preissteigerungsrate



Quelle: Eigene Darstellung

3.2.4 Welchen Einfluss auf die Höhe von Lebenszykluskosten besitzen Preissteigerungsfaktoren?

Betrachtet man ausschließlich die Kostenseite wohnungswirtschaftlicher Investitionen, spielt die Wachstumsrate der Mieterträge keine Rolle. Dafür wird neben der allgemeinen Teuerungsrate die Preisentwicklung der Energiekosten relevant, die bei der ertragsseitigen Berechnung (siehe oben) ausgeblendet wurde. Größere Preissteigerungen führen zu höheren periodischen Kosten (Baunutzungskosten und Ersatzinvestitionen). Mit zunehmender Inflationsrate oder steigenden Energiekosten nimmt der Barwert (bei identischem Diskontzinssatz) der Lebenszykluskosten zu. Vergleicht man Bauinvestitionsalternativen, bei denen Investitionskosten und Baunutzungskosten häufig negativ korrelieren (niedrige Investitionskosten verursachen in der Regel höhere Nutzungskosten), wirken sich höhere Preissteigerungsraten unterschiedlich stark auf die resultierenden rechnerischen Lebenszykluskosten aus. Im theoretischen Fall eines Gebäudes ohne Energiebedarf ist die Preissensitivität gegenüber Energiekostensteigerungen beispielsweise null. Die Verwendung einer bestimmten Preissteigerungsrate kann daher die Rangfolge bestimmter Investitionsalternativen bei der Betrachtung der relativen Wirtschaftlichkeit beeinflussen.

Zur Analyse der Auswirkungen unterschiedlicher Preissteigerungsraten (allgemeiner Verbraucherpreisindex und die Wachstumsrate der Energiekosten, operationalisiert über den Verbraucherpreisindex Haushaltsenergie) wurde mit den vier Varianten von Modellgebäuden unterschiedlicher energetischer Standards (Tabelle 9) eine Monte-Carlo-Simulation mit 1.000 Durchläufen analog zur oben beschriebenen Vorgehensweise durchgeführt und die resultierenden Barwerte der Lebenszykluskosten unter Annahme eines Diskontzinssatzes von 5,5% p.a. aufgezeichnet. Tabelle 12 zeigt die resultierende Bandbreite der Ergebnisse für die vier Modellgebäude verschiedener energetischer Standards. Angegeben werden jeweils die minimal und maximal auftretenden Werte, der Mittelwert sowie die kleinsten 5% bzw. 95% größten Werte. Unter den angenommenen Bandbreiten der Preissteigerungsraten (vgl. Tabelle 10) variiert der Barwert der Lebenszykluskosten zwischen den kleinsten auftretenden Werten und den Maximalwerten je nach Modellvariante um 70% bis 90%. Die größte Varianz tritt bei der Basisvariante 1 (EnEV 2014) auf, bei der die Lebens-

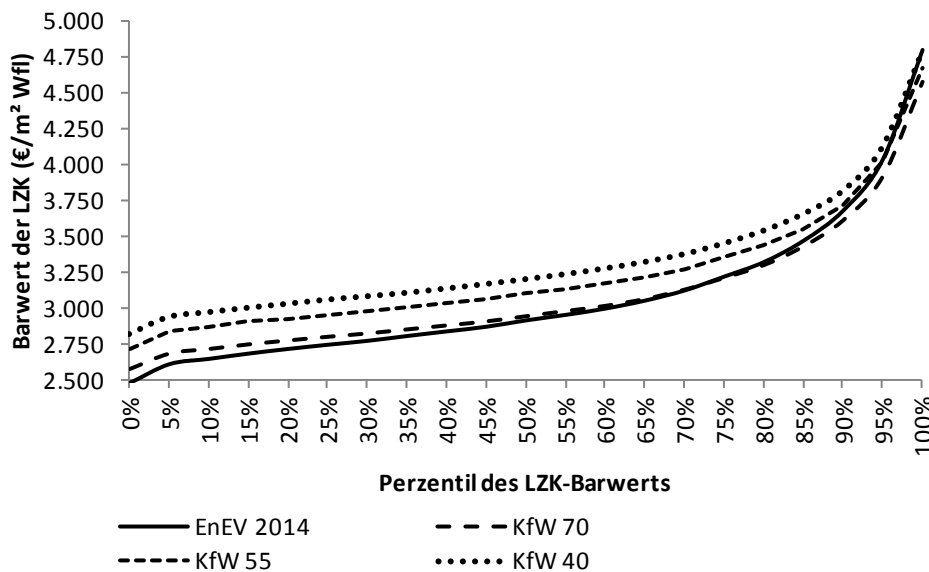
zykluskosten zwischen ca. 2.500 €/m² Wfl. und ca. 4.800 €/m² Wfl. Variieren, mit einem Mittelwert von 3.045 €/m² Wfl. Die geringste Streubreite weist die Variante 4 (KfW 40) auf, mit Werten zwischen ca. 2.800 €/m² Wfl. und ca. 4.800 €/m² Wfl. bei einem Mittelwert von 3.309 ca. 4.800 €/m² Wfl. Betrachtet man nur den 90% wahrscheinlichsten Bereich, liegen die Lebenszykluskosten in einem Bereich von ca. ± 600 €/m² Wfl. um den Mittelwert.

Tabelle 12: Lebenszykluskosten unterschiedlicher energetischer Standards bei variablen Preissteigerungsraten

Variante	Minimum	5%-Perzentil	Mittelwert	95%-Perzentil	Maximum
[€/m ² WFl brutto / EnEV 2014	2.477	2.608	3.045	4.033	4.793
[€/m ² WFl brutto / KfW 70	2.584	2.691	3.068	3.920	4.575
[€/m ² WFl brutto / KfW 55	2.724	2.843	3.209	4.016	4.669
[€/m ² WFl brutto / KfW 40	2.817	2.937	3.309	4.121	4.783

Diskontzinssatz 5,5%.
Quelle: Eigene Berechnung

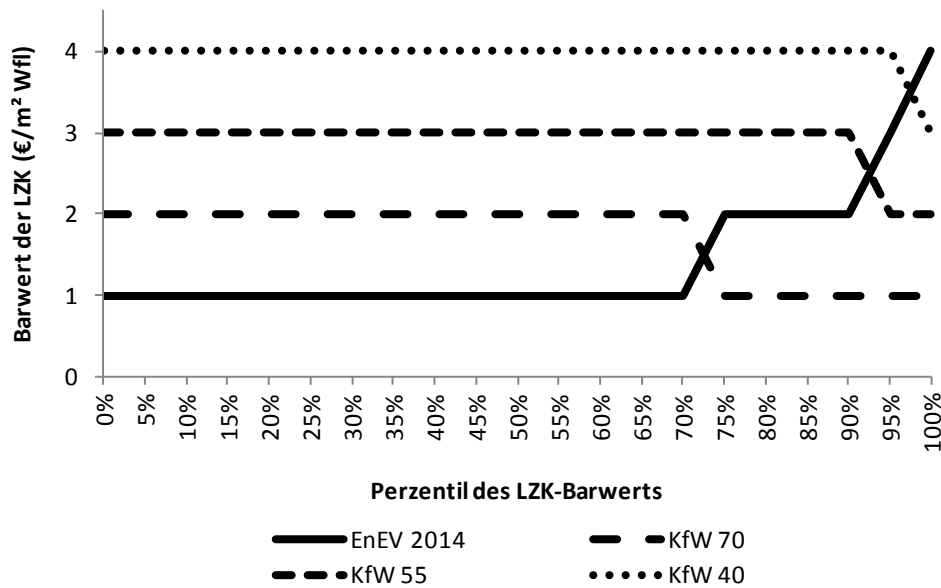
Abbildung 9: Perzentile der Lebenszykluskosten unterschiedlicher energetischer Standards bei variablen Preissteigerungsraten



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 9 zeigt die zugehörige kumulative Häufigkeitsverteilung für alle vier energetischen Standards. Anders als bei der VoFi-Rendite (Abbildung 6) scheint die Rangfolge der einzelnen Investitionsalternativen jedoch nicht über den gesamten Ereignisraum möglicher Umweltzustände gleich zu bleiben. Insbesondere bei der Basisvariante (EnEV 2014) liegen die Lebenszykluskosten bei hohen Preissteigerungsraten (entsprechend höheren Perzentilwerte der Lebenszykluskosten) über denen der anderen Varianten.

Abbildung 10: Rangordnung der Lebenszykluskosten unterschiedlicher energetischer Standards bei variablen Preissteigerungsraten

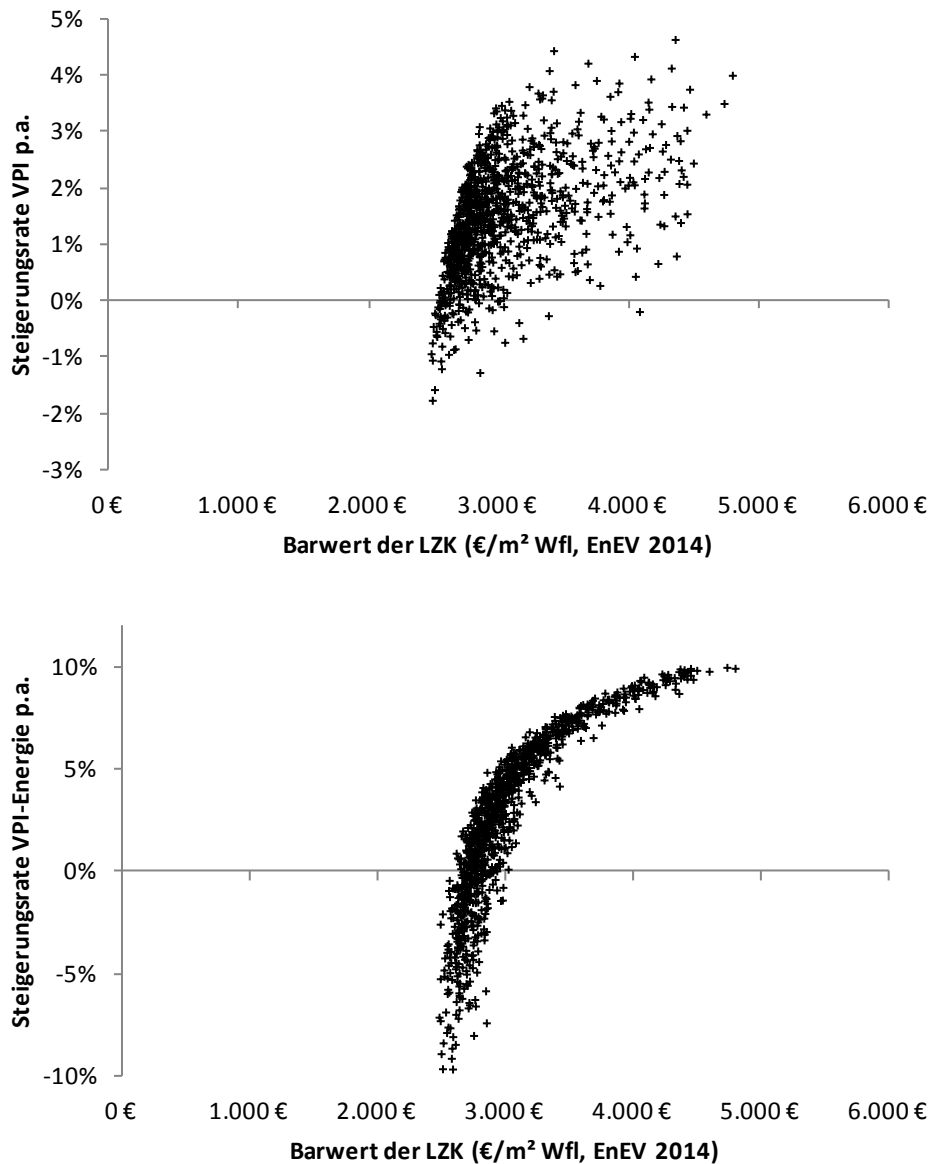


Quelle: Eigene Darstellung

Um diesen Sachverhalt besser sichtbar zu machen, wurde in Abbildung 10 anstelle des absoluten Betrags die Rangposition jeder Investitionsalternative über den Perzentilwerten der resultierenden Lebenszykluskostenbarwerte abgetragen. Deutlich wird, dass sich bei höheren Perzentilen (entsprechend höheren Preissteigerungsraten) die Rangposition der Basisvariante schrittweise verschlechtert. Bei extrem hohen Preissteigerungsraten fällt diese Variante vom ersten auf den letzten Rang zurück, stellt also die Investitionsentscheidung mit den höchsten barwertigen Lebenszykluskosten dar, während sie bei der reinen Rentabilitätsbetrachtung in allen Umweltzuständen diejenige mit der höchsten Rentabilität war.

Auch bei dieser Analyse stellt sich die Frage, welchen Anteil die allgemeine Teuerungsrate, welchen die Energiepreissteigerungen an der Ergebnisbandbreite der Lebenszykluskosten besitzen. Abbildung 11 zeigt wieder die bivariate Korrelation zwischen der Wirtschaftlichkeitskennzahl (hier: Barwert der Lebenszykluskosten) und den in der Modellsimulation verwendeten Preissteigerungsraten. Sowohl bei der allgemeinen Teuerungsrate (oben) als auch bei der Energiepreissteigerungsrate (unten) besteht ein positiver Zusammenhang, da, wie oben beschrieben, eine Erhöhung der Baunutzungskosten den Betrag der Lebenszykluskosten naturgemäß steigen lassen. Der Zusammenhang scheint jedoch vor allem bei den Energiepreisen nicht linear zu sein: sehr hohe Preissteigerungsraten bei den Energiekosten (über 5% p.a.) scheinen die Lebenszykluskosten rasch ansteigen zu lassen, während niedrigere Steigerungsraten nur relativ geringe Änderungen der Zielgröße zu verursachen scheinen.

Abbildung 11: Zusammenhang zwischen Lebenszykluskosten und Preissteigerungsraten



Quelle: Eigene Darstellung

Bei der allgemeinen Teuerungsrate besteht eine größere Streuung, die mit zunehmender Preissteigerungsrate zunimmt (sog. Heteroskedastizität). Dies macht den kausalen Zusammenhang zwischen Preissteigerungsrate und Lebenszykluskosten nicht so deutlich sichtbar. Dies dürfte in erster Linie auf die relativ schwache positive Korrelation zwischen Energiepreissteigerung und allgemeiner Teuerungsrate zurückzuführen sein, die im Modell mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,3 angenommen wurde. Die Streuung wird also durch Umweltzustände mit hoher Inflationsrate, aber niedrigen Energiekostensteigerungen verursacht, die durch die empirische Evidenz eines nur losen Zusammenhangs zwischen Energiekostensteigerungen und Inflationsrate relativ häufig auftreten können.

Abbildung 12: Sensitivitätsanalyse der Lebenszykluskosten gegenüber einer Veränderung der Preissteigerungsrate



Quelle: Eigene Darstellung

Um den jeweiligen partiellen Effekt beider Preissteigerungsraten auf die Lebenszykluskosten zu identifizieren, reicht eine bivariate Analyse nicht aus. Wie bereits bei der VoFi-Rendite durchgeführt, lassen sich die Effekte jedoch anhand einer Sensitivitätsanalyse mit multivariaten Methoden eindeutig identifizieren. Dafür wurden die jeweiligen Lebenszykluskostenbarwerte aller 1.000 Simulationsdurchläufe gleichzeitig auf beide Preissteigerungsraten jedes Simulationsdurchlaufs regressiert. Der Regressionskoeffizient jedes Parameters (hier: Preissteigerungsrate) drückt aus, wie stark sich die Lebenszykluskosten bei einer definierten Änderung jeder Preissteigerungsrate verändern. Abbildung 12 stellt das Ergebnis der Regressionsanalyse grafisch dar: Abgebildet ist die resultierende Erhöhung der Lebenszykluskostenbarwerte bei einer Erhöhung der jeweiligen Preissteigerungsrate um einen Prozentpunkt¹⁰. Eine Erhöhung der allgemeinen Teuerungsrate von 1% auf 2% erhöht die Lebenszykluskosten in der Variante EnEV 2014 um ca. 120 €/m² Wfl. Die Sensitivität der Variante KfW 70 bezüglich einer Erhöhung der Inflationsrate ist am geringsten. Pro Prozentpunkt höherer Inflationsrate liegt sie bei ca. 100 €/m² Wfl. Die Sensitivität der Varianten 3 und 4 (KfW 55 bzw. KfW 40) liegt mit ca. 110 €/m² Wfl. dazwischen.

Die Sensitivität bezüglich einer Veränderung der Energiepreissteigerungsrate ist in allen Modellvarianten geringer und nimmt mit zunehmendem Effizienzstandard noch ab. Eine Erhöhung um einen Prozentpunkt erhöht die Lebenszykluskosten der Variante 1 (EnEV 2014) um ca. 75- 80 €/m² Wfl., die Kosten der Variante 2 um ca. 65-70 €/m² Wfl. und die Kosten der Varianten 3 und 4 um ca. 60-65 €/m² Wfl.

Je geringer das energetische Niveau, desto stärker kann eine Variation der angenommenen Preissteigerungsrate daher die relative Wirtschaftlichkeit einer Investitionsalternative beeinflussen. Bei den in den Modellgebäuden angenommenen sehr hohen Effizienzniveaus ist dies bei realistischen Annahmen kaum der Fall. Die Lebenszykluskostenberechnung erlaubt daher bei Neubauinvestitionsberechnung ungeachtet der angenommenen Preissteigerungsrate weitgehend robuste Aussagen zur relativen Wirtschaftlichkeit.

Für die grundsätzliche Investitionsentscheidung (Unterlassungsalternative oder nicht) gilt dies jedoch nicht, da hierbei die absolute Höhe der Lebenszykluskosten relevant ist.

¹⁰ Der Analyseansatz basiert aus Verständlichkeitsgründen auf einem linearen Regressionsmodell. Wie dargestellt, sind die Zusammenhänge zwischen Preissteigerungsrate und Lebenszykluskosten tatsächlich nicht linear. Die tatsächliche Effektstärke kann daher von den Werten des vereinfachten Modells nach oben und nach unten abweichen, je nachdem, ob eine Erhöhung von mittlerem oder hohem Niveau der Preissteigerung aus untersucht wird.

3.2.5 Der Einfluss des Diskontsatzes

Um den Einfluss des Diskontsatzes auf die LZK und die VoFi-Rendite aufzuzeigen, werden im Folgenden 4 Varianten des MFH-Modellgebäudes betrachtet, die alle den KfW 70-Standard einhalten, aber unterschiedliche Wärmeversorgungssysteme und neben unterschiedlichen Investitionskosten auch deutlich unterschiedliche Energiekosten aufweisen:

- Neubau KfW-Effizienzhaus 70 (mit Gasbrennwertkessel & Solaranlage)
- Neubau KfW-Effizienzhaus 70 (mit Holzpelletkessel)
- Neubau KfW-Effizienzhaus 70 (mit elektrischer Wärmepumpe)
- Neubau KfW-Effizienzhaus 70 (mit Holzpelletkessel & Solaranlage)

Tabelle 13: Modellgebäude: gleicher energetischer Standard (KfW-70), aber verschiedene Umsetzungsvarianten

Modellgebäude					
		KfW 70 BW+Sol	KfW 70 HPK	KfW 70 WPE	KfW 70 HPK+Sol
Investitionskosten KG 300+400	[€/m ²]	1.350	1.350	1.350	1.350
Investitionskosten KG 700	[€/m ²]	340	340	340	340
zusätzliche Investitionskosten nach ARGE	[€/m ²]	358	358	358	358
Investitionsmehrkosten energetischer Standard	[€/m ²]	83	7	58	50
Gesamtumfang der Maßnahme	[€/m ²]	2.131	2.055	2.106	2.098
Gesamtumfang der Maßnahme	[€]	1.007.988	971.812	996.068	992.492
Betriebskosten KG 300	[€/m ² a]				
Gas KG 313	[€/m ² a]	2,91			
Feste Brennstoffe KG 314	[€/m ² a]		4,68		3,75
Strom KG 316	[€/m ² a]	6,65	6,98	10,15	7,03
laufende Instandsetzung Baukonstr. KG 410	[€/m ² a]	12,65	12,65	12,65	12,65
laufende Instandsetzung TGA KG 420	[€/m ² a]	1,25	1,25	3,08	3,23
Miete Monat (1. Jahr)	[€/m ²]	9,10	9,10	9,10	9,10
Heizkosten Mieter Monat (1. Jahr)	[€/m ²]	0,24	0,39	0,28	0,31

Quelle: Eigene Berechnung

Tabelle 14: Modellannahmen

Modellannahmen					
		VPI Haushalts- energie	VPI	VPI Mieten	Dis- kontzinssatz
Verteilungsfunk- tion		normal	normal	lognormal	gleichverteilt
Mittlere Stei- gerungsrate	jährlich	3,5%	1,5%	1,4%	0,5%-5,5%
Standard- abweichung der mittleren Steige- rungsrate	jährlich	5,5%	1,0%	0,3%	

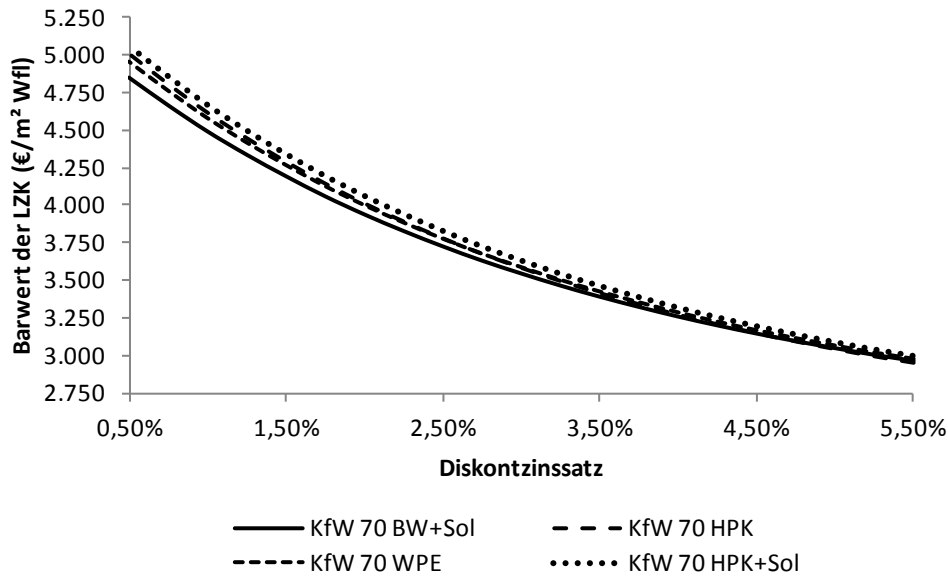
Quelle: Eigene Berechnung, Daten: Deutsche Bundesbank

3.2.6 Wie verändern sich die Lebenszykluskosten in Abhängigkeit vom Diskontsatz?

Zur Untersuchung der Höhe des Einflusses verschiedener Diskontraten wurde die Lebenszykluskostenberechnung für Modellgebäude im KfW-Standard mit unterschiedlichen Diskontzinssätzen simuliert. Insgesamt wurden 1.000 Modellberechnungen mit einem zufällig gewählten Diskontzinssatz aus dem Intervall 0,5 % p.a. bis 5.5 % p.a. durchgeführt (zu den Modellannahmen siehe Tabelle 14).

Abbildung 13 zeigt den Zusammenhang zwischen Diskontzinssatz und dem Barwert der Lebenszykluskosten von vier Modellgebäudevarianten im KfW-70 Standard. Wie deutlich wird, gewichten hohe Diskontsätze die periodischen Kosten geringer. Je niedriger der Diskontsatz ist, desto höher sind daher die Lebenszykluskosten bei gleichen Investitionskosten. Bei einem Diskontzinssatz von 5,5% beträgt der Barwert der Lebenszykluskosten unter den angenommenen Randbedingungen ca. 3.000 €/m² Wfl. Der Anteil der periodischen Kosten am Barwert beträgt damit ca. 30%. Bei einem Diskontzinssatz von nur 0,5% werden die Bau- und Instandsetzungsinvestitionen über den fünfzigjährigen Betrachtungszeitraum kaum noch diskontiert. Der Barwert der Lebenszykluskosten steigt damit auf ca. 5.000 €/m² Wfl., der Anteil der periodischen Kosten vom Barwert liegt bei ca. 60%.

Abbildung 13: Lebenszykluskosten unterschiedlicher Umsetzungsvarianten in Abhängigkeit vom Diskontzinssatz

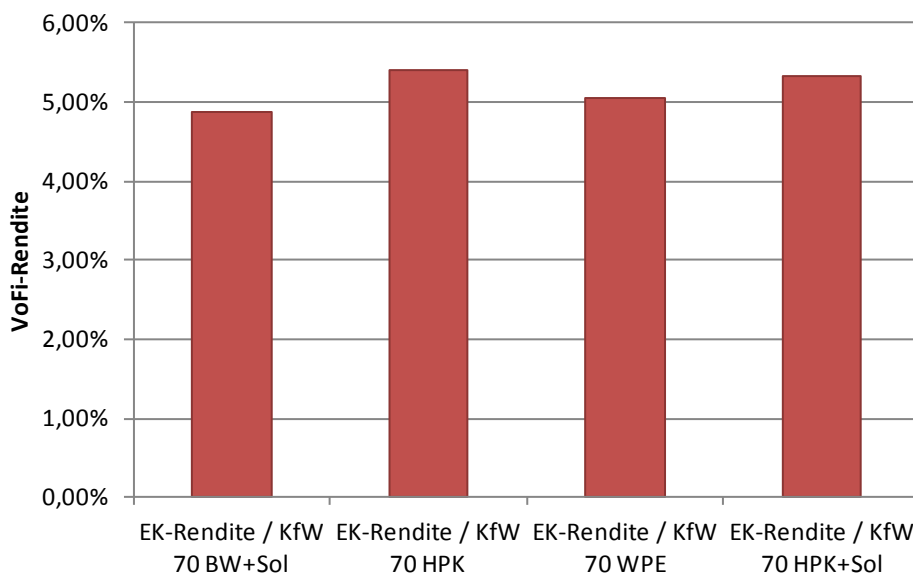


Quelle: Eigene Berechnung

3.2.7 Welchen Einfluss hat der Diskontzinssatz auf die relative Lebenszykluskostenposition verschiedener Umsetzungsvarianten im gleichen energetischen Standard?

Bei einer rein wohnungswirtschaftlichen Betrachtung werden die Baunutzungskosten nur teilweise berücksichtigt. Auf den Mieter überwälzbare Betriebskosten werden nicht einbezogen. Aus dieser Vorgehensweise ergibt sich eine bessere relative Wirtschaftlichkeit für Maßnahmen mit geringeren Investitionskosten. Als wirtschaftlichste Umsetzungsoption der KfW-70 Varianten stellt sich unter den angenommenen die Variante 2 heraus, gefolgt von den Varianten 4, 3 und 1 (vgl. Abbildung 14). Dieses Ergebnis ist unabhängig vom Diskontzinssatz, da dieser in die VoFi-Berechnung nicht eingeht.

Abbildung 14: VoFi-Renditevergleich unterschiedlicher Umsetzungsvarianten (KfW-70 Standard)



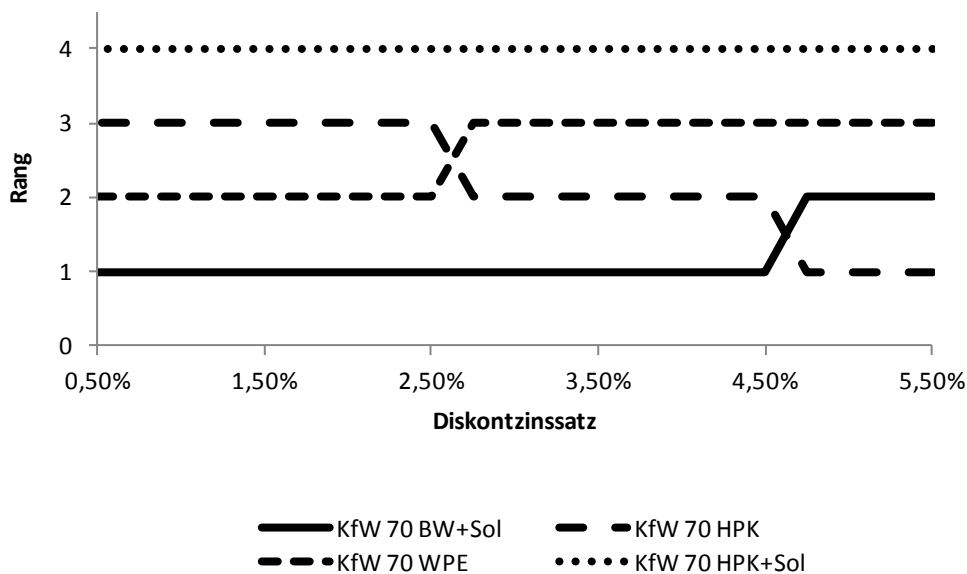
Quelle: Eigene Berechnung

Anders ist dies bei der Verwendung der Kenngröße Lebenszykluskosten. Wie bereits aus Abbildung 13 ersichtlich wurde, ergeben sich bei den Lebenszykluskosten in Abhängigkeit vom Diskontsatz leicht unterschiedliche Ergebnisse. Die Abweichungen sind zwar gering, da sich die Investitionskosten der gewählten energetischen Standards nur geringfügig unterscheiden, aus analytischen Gründen stellt sich die Frage nach dem Einfluss des Diskontzinssatzes auf die Rangordnung der Investitionsentscheidungen dennoch.

Um die relative Rangordnung einzelner Varianten in Abbildung 13 besser sichtbar zu machen, wurde in Abbildung 15 nicht der tatsächliche Barwert, sondern der jeweiligen Rang der Umsetzungsvariante in Bezug zum Diskontzinssatz gesetzt. Rang 1 erhält jeweils die Umsetzungsvariante mit den geringsten barwertigen Lebenszykluskosten. Erkennbar wird daraus, dass sich die Rangfolge einiger Varianten kaum ändert, andere hingegen in bei hohen Diskontraten besser bewertet werden als bei niedrigen.

Keine Veränderung in der Rangfolge ergibt sich für Variante 4, die unverändert auf dem letzten Platz bleibt. Die relative Position der Varianten 1 und 2 verschlechtert sich mit zunehmendem Diskontzinssatz um jeweils einen Rang, wobei Variante 1 über den größten Bereich der Diskontzinssätze als kostengünstigste Variante anzusehen ist. Die größte Verschiebung in der Rangfolge ergibt sich für Variante 2. Bei einem Diskontzinssatz von 5,5% liegt diese wie beim oben diskutierten Renditevergleich auf Platz 1, da sie die insgesamt geringsten Investitionen verlangt. Je geringer der Diskontzinssatz ist, desto stärker verschlechtert sich die Rangfolge der Variante 2 allerdings. Unter einem Diskontsatz von 2,5% liegt sie nur noch auf Rang 3.

Abbildung 15: Rangordnung der Lebenszykluskosten unterschiedlicher Umsetzungsvarianten in Abhängigkeit vom Diskontzins



Quelle: Eigene Berechnung

Eine höhere Gewichtung von Baunutzungskosten kann daher zu einer anderen Prioritätenbildung bei der Entscheidung für eine Umsetzungsvariante führen. Es muss allerdings betont werden, dass die Kostenunterschiede in der Modellrechnung äußerst gering sind. Unter den angenommenen Randbedingungen betrug der Unterschied der Lebenszykluskosten zwischen der im Barwert günstigsten und teuersten Variante maximal 4%. Geringfügig andere kalkulatorische Eingangsgrößen, z.B. bei den angenommenen Investitionskosten, können daher die rechnerische Rangfolge bereits wieder verändern.

Stellt man abschließend für die vier Modellvarianten im gleichen Standard (KfW70) die reinen Baukosten, die Energiekosten im 1. Jahr, die Nutzungskosten (Barwert) sowie die LZK und die VoFi-Renditen unter Standardannahmen einander gegenüber, ergibt sich folgendes Bild:

- Rangfolge nach Baukosten: 1.HPK/2.HKP+Sol/3.WPE/4.BWK+Sol
- Rangfolge nach Energiekosten (1. Jahr): 1.BWK+Sol/2.WPE/3.HPK+Sol/4.HPK
- Rangfolge nach Nutzungskosten (Barwert): 1.BWK+Sol/2.WPE/3.HPK/4.HPK+Sol
- Rangfolge nach LZK (Standardannahmen): 1.HPK/2.BWK+Sol/3.WPE/4.HKP+Sol
- Rangfolge nach VoFi-Renditen (Standardannahmen): 1.HPK/2.HKP+Sol/3.WPE/4.BWK+Sol

Die Rangfolge nach Baukosten und die VoFi-Rendite unterscheiden sich nicht, da annahmegemäß bei der VoFi-Berechnung die gleiche Miethöhe für alle Varianten angenommen wurde und die auf den Mieter überwälzbaren Betriebskosten nicht einbezogen wurden. Bei der VoFi-Berechnung schlagen daher die Baukosten über die Kapitalkosten auf das Ergebnis durch. Unterschiede ergeben sich jedoch zur Rangfolge nach Nutzungskosten bzw. zur Rangfolge nach LZK. Die niedrigen Energiekosten bzw. Nutzungskosten der Variante BWK+Sol führen hier zu einer Verschiebung der Rangfolge im Vergleich zur reinen Baukostenbetrachtung. Die nach Baukosten teuerste Variante (BWK+Sol), liegt durch die Einbeziehung der Nutzungskosten nun auf Rang 2. Die nach Baukosten zweitgünstigste Variante (HPK+Sol), liegt durch die Einbeziehung der Nutzungskosten nun auf Rang 4.

Das Beispiel zeigt, dass eine einseitige Betrachtung von Baukosten ohne Berücksichtigung von Folgekosten zu Fehlentscheidungen führen kann. Diese wirken sich u.a. in erhöhten Nutzungskosten aus, die negative Folgen für Hausbesitzer, Wohnungsunternehmen und Mieter nach sich ziehen können.

Entscheidend für die finanzielle Belastung privater Bauherrn sind i.d.R. nicht die Baukosten sondern die monatlichen/jährlichen Zahlungen. Über den Kapitaldienst (Zins und Tilgung) können die Baukosten (Investitionskosten) auch in jährliche Kosten überführt und den Nutzungskosten zugeordnet werden. In oben genanntem Beispiel¹¹ ergeben sich folgende jährliche Kosten (Annuitäten): HPK: 180,0 €/m²a, BWK+Sol: 180,3 €/m²a, WPE: 181,4 €/m²a, HKP+Sol: 182,9 €/m²a. Die Investitionskosten (Baukosten) haben dabei einen großen Einfluss auf die jährlichen Auszahlungen (zwischen ca. 67 und 70 % Anteil je nach Variante). Eine Entscheidung auf der Basis der gesamten jährlichen Nutzungskosten unter Berücksichtigung des Kapitaldienstes würde damit aber ebenfalls zu einer anderen Rangfolge der Varianten führen als eine Entscheidung ausschließlich auf Basis der reinen Baukosten.

3.3 Vorschläge für zukünftige Festlegungen

Basierend auf den Ergebnissen von Arbeitspaket 1 und der Sensitivitätsanalyse in Kapitel 3.2 wird ein Vorschlag für zukünftig zu nutzende Werte der Parameter Diskontsatz und Preissteigerungsraten für wohnungswirtschaftliche Lebenszykluskostenrechnungen für den Fall eines Bedarfes an einheitlichen Konventionen unterbreitet. Alternativ wird aufgezeigt, in welchen Bandbreiten sich derartige Parameter bewegen und welche Überlegungen bei ihrer Festlegung eine Rolle spielen. Dabei wird auch geprüft, ob anstelle der Verwendung mittlerer Raten und Kosten variable bzw. projekt- und/oder regionalspezifische Raten und Kosten verwendet werden können.

3.3.1 Einheitliche Diskont- und Preissteigerungsraten

Aus Sicht der Bearbeiter eignet sich eine einheitliche Vorgabe von Diskontierungszinssatz und spezifischen Preissteigerungsraten für unterschiedliche Aufwendungen insbesondere für den Fall der Lebenszykluskostenermittlung und -analyse im Rahmen von Nachhaltigkeitsbewertungssystemen oder sonstigen, an der Vergleichbarkeit der Ergebnisse interessierten Anlässen. Für diese werden die nachstehenden Vorschläge unterbreitet:

¹¹ Annahme 100 % Fremdfinanzierung, Zinssatz 5,5, %

- a) Es wird vorgeschlagen, im Rahmen von einheitlichen Konventionen den Diskontierungszinssatz auf 5,0 % nominal bzw. 3,0 % real festzulegen.¹² Hierdurch ergibt sich eine Übereinstimmung mit den Festlegungen der (EC 2012) sowie dem Stand der europäischen Normung (Entwurf zu EN 16627 Sustainability of construction works – Assessment of economic performance of buildings – Calculation methods). Im Rahmen von Sensitivitätsanalysen sollte zusätzlich mit niedrigeren Diskontierungszinssätzen (z.B. 1,5 % real und 0 % real) gearbeitet werden. Je nach Akteur und Anwendungsfall kann anschließend festgelegt werden, welche Variante die Grundlage für die eigentliche Entscheidungsfindung bilden soll.
- b) Es wird vorgeschlagen, im Rahmen von einheitlichen Konventionen folgende Vorgaben für spezifische Preissteigerungsraten zu verwenden:
- Heiz- und Elektroenergie: 3,5 %/a (nominal)
 - Allgemeine Preissteigerungsrate 2 %/a (nominal)
- bzw.
- Heiz- und Elektroenergie: 1,5 %/a (real)
 - Allgemeine Preissteigerungsrate 0 %/a (real)

Für Energiepreise sowie Preise für Wasser und Abwasser sollten bei einer einheitlichen Vorgabe im Rahmen einer Konvention jährlich Rechenwerte z.B. durch das BBSR veröffentlicht werden. Für die individuelle Analyse des Lebenszykluserfolgs bzw. der Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen insbesondere durch Unternehmen der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft, Bauträger sowie individuelle und institutionelle Bauherren eignet sich die Nutzung spezifischer, an die konkrete Situation und Region angepasster Eingangsgrößen. Vor dem Hintergrund langfristiger Auswirkungen der Investitionsentscheidungen und teilweise kurzfristigen Schwankungen von Eingangsgrößen und Rahmenbedingungen wird zur Wahl mittlerer Werte und zu zusätzlichen Sensitivitätsanalysen geraten. Deutschlandweit sind erhebliche regionale Preisunterschiede u.a. für die Energie- und Wasserversorgung anzutreffen¹³. Die damit verbundenen standortabhängigen Auswirkungen auf die Lebenszykluskostendaten sind offensichtlich. Auch bei späteren Lebenszykluskostenberechnungen ist die Bedeutung des gewählten Ausgangsenergiepreises erheblich (siehe Anhang A).

3.3.2 Diskussion von Möglichkeiten und Konsequenzen einer Verwendung variabler statt mittlerer Raten

Die Entscheidung über den Einbezug bestimmter wert- oder kostentreibender Faktoren, also die Wahl einer bestimmten Wirtschaftlichkeitskenngröße, hängt von der angestrebten Betrachtungsebene – einzelwirtschaftlich, volkswirtschaftlich oder sogar nur objektspezifisch – ab, auf der eine Aussage getroffen werden soll. Sie ist also normativ zu treffen. Dagegen ist die Frage nach den „richtigen“ Preissteigerungsraten nicht normativ zu beantworten, da die zukünftige Entwicklung nicht bekannt ist.

Die Untersuchung in Kapitel 3.2 hat gezeigt, dass die individuelle Festlegung beider Gruppen von Eingangsgrößen – Diskontzinssatz und Preissteigerungsraten – im Rahmen einer Wirtschaftlichkeitsbewertung von Investitionen die absolute Höhe von Kennwerten der Wirtschaftlichkeit (VoFi-Rendite oder Lebenszykluskosten) relativ stark beeinflussen kann. Es ist daher für die individuelle Analyse von Wohnungs- bzw. Immobilienunternehmen notwendig, die Bandbreite möglicher zukünftiger Umweltzustände bei der Festlegung angemessen zu berücksichtigen.

Unter der Annahme konstanter Rahmenbedingungen (z.B. Inflationsregime) eignet sich hierfür vor allem eine Orientierung an der Entwicklung in der Vergangenheit. Die starke Volatilität der Energiepreise der letzten Jahre erschwert jedoch eine Bewertung, welche Rahmenbedingungen zukünftig zu erwarten sind. Es ist

¹² Dies gilt bei Annahme einer allgemeinen Inflationsrate von 2 %. Dies ist als langfristiger Durchschnittswert zu interpretieren, der auch – wie derzeit beobachtbar – unterschritten werden kann.

¹³ Siehe z.B. dazu für die Strompreise: <http://www.stromauskunft.de/strompreise/strompreis-atlas/> (zuletzt geprüft am 24.03.2015)

grundsätzlich nicht zu empfehlen, die mittleren Steigerungsraten eines sehr kleinen historischen Vergleichszeitraums (z.B. der letzten fünf Jahre) als Maßstab für eine sehr lange (z.B. 50 Jahre) zukünftige Periode anzusetzen, da stark steigende oder fallende Energiepreise in der Vergangenheit immer nur über sehr kurze Perioden zu beobachten waren. Im Berechnungsmodell wurde beispielsweise ein zwanzigjähriger historischer Vergleichszeitraum als Basis der Prognose für einen 20-jährigen (VoFi) bzw. 50-jährigen (LZK) Zeithorizont angesetzt. Die daraus resultierende Energiepreissteigerung von im Mittel 3,5 %/a fiel immer noch mehr als doppelt so hoch aus wie die allgemeine Teuerungsrate.

Wie gezeigt werden konnte, führt die Wahl einer Energiepreissteigerungsrate von über ca. 5 %/a zu überproportional stark anwachsenden Lebenszykluskosten. Es ist daher zu empfehlen, keine höheren Steigerungsraten für Wirtschaftlichkeitsberechnungen über einen längeren Betrachtungszeitraum anzusetzen. Dies gilt erst recht, wenn die deflationistischen Tendenzen der Gegenwart zu einer Absenkung der angesetzten allgemeinen Teuerungsrate führen sollen. Da Inflationsrate und Energiepreissteigerung in einem positiven Zusammenhang stehen, sollte die Energiepreissteigerung nicht mehr als 3 % bis 4 % über der Inflationsrate liegen.

Die Wahl des Diskontzinssatzes besitzt sowohl einen sachlogischen (welche Betrachtungsebene wird angestrebt?) und einen empirischen (welche Zinssätze oder Kapitalkosten sind realistisch?) Aspekt. Jede Diskontierung zukünftiger Kosten oder Erträge ist Ausdruck der Zeitpräferenz des Entscheiders. Sie monetarisiert den Abschlag, den zukünftige Erträge erhalten müssen, um den Entscheider zum gegenwärtigen Zeitpunkt indifferent zwischen heutigen und zukünftigen Nutzen oder Kosten zu stellen. Die Wahl des Diskontsatzes ist daher abhängig von der Antwort auf die Frage, wer dieser Entscheider ist und welche Kosten er tragen muss, bzw. welchen Nutzen er davon hat.

Wird der Diskontzinssatz nur als Maß der Zeitpräferenz des individuellen Konsums des Entscheiders, also als Maß der Opportunitätskosten des Konsumverzichts betrachtet, ist die Diskontrate abhängig zu machen von den Rahmenbedingungen am Kapitalmarkt, also den Kosten einer Finanzierung und den Renditealternativen unter Berücksichtigung des spezifischen Investitionsrisikos.

Geht man jedoch davon aus, dass gebäudebezogene Energieverbräuche negative externe Effekte auf die Umwelt ausüben, sind die Kosten für die Gesellschaft jedoch größer als bei einer einzelwirtschaftlichen Betrachtung. Die soziale Diskontrate wäre dann der Diskontzinssatz, bei dem die gesamte Gesellschaft bereit wäre, die zukünftigen Kosten gegen gegenwärtige zu tauschen (siehe Kapitel 2.3.5).

Ebenso wie höhere Preissteigerungsraten führt ein niedrigerer Diskontzinssatz zu einer höheren Gewichtung der Baunutzungskosten, damit auch der Energiekosten relativ zu den Investitionskosten. Die absolute Höhe von Lebenszykluskosten steigt daher bei Ansatz geringerer Diskonraten.

Durch die Sichtbarmachung der „wahren Kosten“ des Neubaus unter Ansatz sozialer Diskonraten kann die Investitionsentscheidung für eine Bauinvestition relativ zur Unterlassungsalternative u.U. negativ ausfallen. Für eine Investitionsentscheidung entscheidend wird jedoch die Frage sein, wie weit die gesamtgesellschaftliche Bewertung, die sich in einer niedrigen sozialen Diskontrate ausdrückt, auch für den Investor selbst gegeben ist, oder in welcher Form er für geringere Bewertungen kompensiert werden kann.

Etwas anders sind die Ergebnisse hinsichtlich des Einflusses besonders hoher Energiepreissteigerungsraten oder niedriger Diskontzinssätze auf die relative Wirtschaftlichkeit verschiedener Investitionsalternativen zu bewerten. Die Untersuchung hat insgesamt gezeigt, dass starke Energiepreissteigerungen oder niedrige Diskontzinssätze nur einen relativ geringen Einfluss auf die relative Vorteilhaftigkeit verschiedener Umsetzungsvarianten im Neubau besitzen. Dies ist in erster Linie mit dem bereits in der Basisvariante hohen energetischen Effizienzstandard zu begründen. Sehr niedrige absolute Energiebedarfe reduzieren den Umfang des rechnerisch über eine Variation des Diskontzinssatzes oder der Energiepreissteigerung möglichen Trade-offs zwischen einer geringeren Gewichtung der Investitionskosten zugunsten einer höheren Gewichtung von Baunutzungskosten. Für die angemessene Bewertung von verschiedenen Neubauinvestitionsentscheidungen ist die Höhe des Diskontzinssatzes daher kaum maßgeblich, solange sie sich in realistischen Bandbreiten befindet. Angesichts der niedrigen Kapitalkosten und der geringen Rendite im Vermietungsgeschäft erscheinen 5,5 % Diskontrate jedoch in der derzeitigen Situation relativ hoch.

Bei Modernisierungsinvestitionen, die dem Entscheider eine größere Bandbreite an möglichen energetischen Standards und Umsetzungsoptionen bieten, kann ein niedrigerer Diskontzins zu einer Verbesserung der wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit von Maßnahmen mit größerem Einsparpotenzial führen (siehe dazu Anhang A).

3.3.3 Einfluss von Bauteilen auf die Höhe der Folgekosten (Wartung, Inspektion, Instandsetzung)

Die Analyse des Einflusses von Art, Umfang und Qualität ausgewählter Bauteile auf die Höhe der Folgekosten gewinnt zunehmend an Bedeutung. Verschiedene Studien setzen sich mit dieser Thematik auseinander. Aktuell versucht u.a. BALCK „strategische Bauteile“ zu identifizieren, die einen starken Einfluss auf die Höhe von Folgekosten aufweisen (Balck 2014).

In Anhang C wird dargestellt, welche Elemente der Kostengruppen 300 und 400 nach DIN 276 einen geringen, mittleren oder starken Einfluss auf die späteren Folgekosten in der Nutzungsphase ausüben.

Prinzipiell können Bauteile unterschieden werden, die sich

- auf Grund ihrer kurzen Nutzungsdauer stark auf die Höhe von Ersatzinvestitionen auswirken, inkl. des Aufwandes für Rückbau und Entsorgung am Ende des Lebenszyklus der Immobilie
- einen Aufwand für Bedienung verursachen und voraussetzen
- je nach Anforderungsniveau stark auf die Höhe der Reinigungskosten auswirken
- eine regelmäßige Wartung und Inspektion mit Konsequenzen für entsprechende Kosten voraussetzen
- auf die Höhe von Energiekosten auswirken
- auf die Höhe der Kosten für Wasser und Abwasser auswirken
- auf die Möglichkeit der Erzielung von Einnahmen durch den Verkauf von Energie an Dritte auswirken
- auf Versicherungskonditionen auswirken (Einbruchschutz, Sturmsicherung, Leckortung)
- auf die Höhe von Mietminderungen (bei Ausfall, starker Abnutzung usw.) auswirken können.

Bei der Anwendung der Lebenszykluskostenrechnung im Rahmen von BNB wurde in der Vergangenheit auf die vollständige Berücksichtigung aller Kostengruppen verzichtet. Insbesondere sollte eine Konzentration auf diejenigen Kostengruppen erfolgen, die unmittelbar durch den Entwurf beeinflusst werden. Sobald jedoch auch Versicherungskonditionen und - im Falle eines Projektratings – auch die Finanzierungsbedingungen durch ausgewählte Objektmerkmale beeinflussbar sind wird vorgeschlagen, künftig auch die Versicherungs- und Finanzierungskosten mit zu erfassen.

Bereits Ende der 1980er-Jahre wurden die Auswirkungen „günstiger Bauweisen“ auf die Folgekosten und das Verhältnis zwischen „Investitions- und Unterhaltskosten“ bei Baustoffen bzw. Bauelementen untersucht (IRB 1989, 1982).

3.4 Vorschläge zum Umgang mit Rückbau und Entsorgung

Eine Teilaufgabe der Lebenszykluskostenrechnung ist die Ermittlung und Berücksichtigung sämtlicher Zahlungen im Lebenszyklus eines Gebäudes. Hiermit sollen sowohl dem Planer als auch dem Entscheider die Auswirkungen von Planungsergebnissen auf ausgelöste Zahlungsflüsse bzw. die Wirtschaftlichkeit aufgezeigt werden. Dies betrifft auch Einflüsse aus der Wahl der baulich-stofflichen und der technischen Lösung auf die Höhe der Kosten für Rückbau und Entsorgung am Ende des Lebenszyklus. Im Zusammenhang mit Fragen der Ressourceneffizienz gewinnen die Themen der Rückbau- und Recyclingfreundlichkeit derzeit noch an Bedeutung.

Bei Kosten für Rückbau und Entsorgung eines kompletten Gebäudes am Ende seines Lebenszyklus handelt es sich um eine Sonderform von Ersatzinvestitionen. Für Bauteile und Komponenten mit einer kürzeren Lebensdauer ergibt sich bereits während der Nutzungsdauer des Gebäudes die Notwendigkeit einer Er-

satzinvestition in Form eines Austausches (Rückbau und Entsorgung & Lieferung und Einbau). Insofern ist es möglich, Teile dieser Informationen (hier für Rückbau und Entsorgung aller Bauteile und Komponenten) für eine Abschätzung der Kosten für Rückbau und Entsorgung des Gebäudes am Ende seines Lebenszyklus zu nutzen.

Problematisch sind der weit in der Zukunft liegende Zeitpunkt für das Ende des Lebenszyklus des Gebäudes und die damit verbundene Unsicherheit zur Höhe der dann zu erwartenden Kosten. Bei der Ermittlung eines Barwertes werden sich - je nach Diskontierungszinssatz - die sich an der durchschnittlichen Nutzungsdauer von Wohnbauten orientierenden Zahlungszeitpunkte so auswirken, dass eine „Lenkungswirkung“ von Kosten infolge Rückbau und Entsorgung auf die Planung nicht mehr eintritt. Die abgezinsten Beträge sind dafür zu klein.

Es ist jedoch wünschenswert, die Rückbau- und Recyclingfreundlichkeit einer Konstruktion im Entwurf zu beeinflussen und ggf. damit verbundene ökonomische Vorteile aufzuzeigen – sei es zur Rechtfertigung eines höheren Aufwandes bei Materialwahl und Konstruktionsprinzip oder sei es zum Nachweis der ökonomischen Vorteile des baulichen Holzschutzes.

Es wird vorgeschlagen, zunächst die Kosten für Rückbau und Entsorgung am Ende des Lebenszyklus in Abhängigkeit von Bauweise sowie Art verwendeter Bauteile und Komponenten abzuschätzen. Bei Anwendung eines deutlich reduzierten Diskontierungszinssatzes – siehe hierzu auch Abschnitt 3.2 – ergibt sich noch ein unmittelbarer Einfluss. Diese Vorgehensweise ist jedoch einer Anwendung von Konventionen vorbehalten, wie sie für eine Lebenszykluskostenrechnung nach BNB typisch ist.

Für Unternehmen der Wohnungswirtschaft wird empfohlen, künftige Kosten für Rückbau und Entsorgung in einer Rückstellung abzubilden – vergleichbar einer Rückstellung für die Instandhaltung bei Wohnungseigentümergeinschaften. Über regelmäßige Zahlungen zum Aufbau einer entsprechenden Rückstellung lassen sich so Rückbau und Entsorgung ggf. besser in der Lebenszykluskostenrechnung abbilden.

3.5 Möglichkeiten und Konsequenzen einer Integration externer Kosten

Möglichkeiten und Größenordnungen einer Einbeziehung externer Kosten wurden bereits im Abschnitt 2.3.5 vorgestellt und diskutiert. Danach bietet es sich u.a. an, entweder externe Effekte in Form von Energiepreiszuschlägen (Cent/kWh) oder in Form von externen Kosten infolge unerwünschter Wirkungen auf das Klima (€/t CO₂-Äquivalent) in die Berechnung von Lebenszykluskosten oder die Analyse der Wirtschaftlichkeit einzubeziehen. Weiterreichende Vorschläge – z.B. die Ermittlung externer Kosten auf der Grundlage einer vollständigen Ökobilanz unter Nutzung entsprechender Schadenskosten (siehe hierzu u.a. BMVBS 2010) – werden von den Autoren als weder konkret anwendbar noch als derzeit konsensfähig eingestuft.

Vorgeschlagen wird die Verwendung des Wertes von 70 €/t CO₂-Äquivalent (nicht nur von CO₂) zur Berücksichtigung externer Kosten infolge unerwünschter Wirkungen auf das Klima.

Die Berücksichtigung externer Effekte (hier i.d.R. externer Kosten) entspricht zunächst einer gesamtgesellschaftlichen Perspektive. Es wird daher empfohlen, dies bei der Weiterentwicklung und Anwendung der Lebenszykluskostenrechnung und der Wirtschaftlichkeitsrechnung durch und für die Öffentliche Hand zu berücksichtigen. Dies hätte zunächst Konsequenzen für die Weiterentwicklung entsprechender Berechnungs- und Bewertungsansätze einer Lebenszykluskostenrechnung und der ihr hinterlegten Konventionen im Rahmen des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen (BNB).

Die Berücksichtigung externer Effekte (insbesondere externer Kosten) kann in der Lebenszyklusrechnung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, die von Unternehmen der Wohnungswirtschaft durchgeführt werden, nur auf freiwilliger Basis erfolgen. Zugang wäre die Unternehmensmission, in der sich ein Unternehmen hinsichtlich seiner Wahrnehmung von Verantwortung gegenüber Gesellschaft und Umwelt verpflichtet und dies auf die Wirtschaftlichkeitsrechnung überträgt. Im jeweiligen Nachhaltigkeitsbericht könnte dann vermerkt werden, dass Investitionsentscheidungen auch unter Berücksichtigung einer gesamtgesellschaftlichen Perspektive getroffen wurden und werden.

Die Bearbeiter schätzen ein, dass die Sinnhaftigkeit der Berücksichtigung externer Effekte in der Entscheidungsfindung privaten Bauherrn i.d.R. (noch) nicht vermittelbar ist. Hier ist das Mittel der Wahl die Höhe

der angenommenen Energiepreissteigerungsrate und das (theoretische) Durchspielen von Auswirkungen einer möglichen Energie- oder CO₂-Steuer.

Für die Politik (in der Rolle als Gesetzgeber und Fördermittelgeber) macht die Berücksichtigung externer Effekte Sinn. Entsprechende Konsequenzen werden hier nicht weiter verfolgt. Es kann jedoch eingeschätzt werden, dass eine Berücksichtigung und Einbeziehung externe Effekte sowohl den trade-off zwischen Bau- und Nutzungskosten als auch die Ergebnisse einer Wirtschaftlichkeitsrechnung insbesondere im Zusammenhang mit Maßnahmen zur Verbesserung der energetischen Qualität bzw. zur verstärkten Nutzung erneuerbarer Energie beeinflusst und so auch höhere Baukosten rechtfertigen kann.

Eine andere, z.Z. auch nur theoretisch denkbare Möglichkeit besteht in der Anrechnung von CO₂-Zertifikaten auf die Baukosten bei energiesparenden Maßnahmen oder der Nutzung erneuerbarer Energie. Entsprechende Überlegungen wurden z.B. im Modellprojekt EmSAG (Emissionshandel für Hausbesitzer) erprobt.¹⁴

¹⁴ vgl. <http://www.sienergium.de/emsag-deutschland.html> (zuletzt geprüft am 17.02.2015)

4 Ergebnisse und Empfehlungen

4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Für das hier bearbeitete Forschungsprojekt lassen sich folgende Ergebnisse festhalten:

Analyse des Standes der Normung und Forschung zur Lebenszykluskostenrechnung

- Die Bedeutung der Lebenszykluskostenrechnung wird in der Literatur allgemein anerkannt. In der internationalen und europäischen Normung zur Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden wird die Höhe der Lebenszykluskosten als unverzichtbarer Kernindikator bei der Beurteilung der ökonomischen Qualität betrachtet.
- Bei der Lebenszykluskostenrechnung ist prinzipiell zwischen einer Lebenszykluskostenrechnung im engeren Sinne und einer Lebenszykluskostenrechnung im weiteren Sinne zu unterscheiden. Während sich die Lebenszykluskostenrechnung im engeren Sinne (LZK i.e.S.) auf die Erfassung und Berücksichtigung der Auszahlungen (Kosten) im Lebenszyklus eines Gebäude konzentriert berücksichtigt die Lebenszykluskostenrechnung im weiteren Sinne (LZK i.w.S.) zusätzlich auch die Einzahlungen (Einnahmen). Sie wird auch als Lebenszykluserfolg definiert.
- Es existiert weder international noch in Deutschland eine allgemein anerkannte Grundlage, die sämtliche Detailfragen der Lebenszykluskosten verbindlich regelt. Es bestehen bei der Auswahl zu berücksichtigender Kostenarten, bei der Festlegung von Randbedingungen (z.B. Betrachtungszeitraum, Diskontsatz, Preissteigerungsraten, Art und Detaillierungsgrad der Kostenermittlung, Umgang mit dem technischen Fortschritt während des Lebenszyklus) sowie bei der Wahl der geeigneten Darstellungsart und Ergebnisdokumentation erhebliche Interpretationsspielräume.
- Die bisherigen Grundlagen und Methoden der Lebenszykluskostenrechnung unterscheiden i.d.R. nicht, welche Kosten bzw. Zahlungsflüsse welchem Akteur (u.a. Bauträger, Vermieter, Mieter) zuzuordnen sind. Sie nehmen daher überwiegend die Perspektive der Planer, der öffentlichen Hand bzw. selbstnutzender Eigentümer ein.
- Die LZK-Rechnung stellt für sich betrachtet zunächst keine Wirtschaftlichkeitsrechnung dar. Sie liefert vielmehr eine Voraussetzung zur Durchführung von Wirtschaftlichkeitsrechnungen - als lebenszyklusbezogene Datengrundlage. Bei einer erweiterten Interpretation des Wirtschaftlichkeitsbegriffs in Richtung der ökonomischen Vorteilhaftigkeit kann eine Bewertung und Optimierung von Varianten in Richtung minimaler Lebenszykluskosten (design to life cycle cost) sinnvoll sein. Dies gilt jedoch vorzugsweise für selbstnutzende Eigentümer und nähert sich der Betrachtung eines total cost of ownership-Ansatzes an.
- Eine Lebenszykluskostenrechnung im engeren Sinne entspricht bei Betrachtung von Alternativen einer Kostenvergleichsrechnung. Eine Voraussetzung ist ein identischer Nutzen. Bei Berücksichtigung ausgewählter, entwurfs- bzw. gebäudebedingter Kostenarten kann eine Unterstützung einer Konstruktionsoptimierung erfolgen.
- Eine Lebenszykluskostenrechnung im weiteren Sinne wird auch als Analyse des Lebenszykluserfolgs interpretiert und entspricht damit einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wie z.B. der Kapitalwert- bzw. Annuitätenmethode. Die Auswahl berücksichtigter Ein- und Auszahlungen richtet sich nach der jeweiligen Akteursperspektive.

Stand der Forschung und Praxis der Wirtschaftlichkeitsberechnung in der Wohnungswirtschaft

- Die Literaturrecherche konzentrierte sich auf wissenschaftliche Studien zur Wirtschaftlichkeit, die ganz oder teilweise eine wohnungswirtschaftliche Perspektive einnehmen. Die Mehrzahl der untersuchten Studien verwendet die Methodik vollständiger Finanzpläne (VoFi) sowie die Kapitalwert- bzw. Annuitätenmethode. In den meisten Studien liegt der Betrachtungszeitraum dabei zwischen 10 und 30 Jahren.

- Bei den Diskontraten verwendet die überwiegende Mehrzahl der Studien nominale Diskontraten. Diese liegen in einem Bereich zwischen 4,0 % und 5,5 %. Bei der Methodik Vollständiger Finanzpläne ist eine geforderte Mindestrendite mit der errechneten VoFi-Rendite zu vergleichen. Die angegebenen Mindestrenditen für den Eigentümer liegen bei den Studien zwischen 3,5 % und 5,0 % (nominal).
- Energiepreissteigerungsraten werden in Studien mit rein wohnungswirtschaftlicher Perspektive nicht angegeben, da die Energiekosten in der Regel von den Mietern getragen werden. In Studien, die auch darüber hinausgehende Aspekte untersuchten (z.B. Warmmietenentwicklung der Mieter, Selbstnutzerperspektive etc.), werden nominale Preissteigerungsraten für Energie zwischen 3,0 und 5,0 %/a angegeben.
- Aktuelle empirische Studien zur Praxis der Wirtschaftlichkeitsberechnung in der Wohnungswirtschaft liegen nicht vor. Es ist zu vermuten, dass sich in den vergangenen Jahren z.B. aufgrund der zunehmenden Verbreitung von Portfolio-Managementsystemen die dynamischen Verfahren der Investitionsrechnung - insbesondere der Vollständige Finanzplan - zunehmend verbreitet und durchgesetzt haben.

Weiterentwicklung der Lebenszykluskostenrechnung vor dem Hintergrund der wohnungswirtschaftlichen Praxis

- Eine Lebenszykluskostenrechnung im engeren Sinne (z.B. nach BNB/NaWoh) ist mit gängigen Wirtschaftlichkeitsberechnungen für konkrete wohnungswirtschaftliche Bauvorhaben nur eingeschränkt kompatibel.
- Gemeinsamkeiten zwischen einer Lebenszykluskostenrechnung im engeren Sinne und üblichen wohnungswirtschaftlichen Verfahren zeigen sich lediglich bei den verwendeten (dynamischen) Verfahren der Investitionsrechnung und der grundsätzlichen Berücksichtigung von Herstellungskosten.
- Wesentliche Unterschiede ergeben sich dadurch, dass wohnungswirtschaftliche Verfahren auch Erträge berücksichtigen (Mieteinnahmen etc.), während bei BNB/NaWoh ausschließlich (ausgewählte) Kosten berücksichtigt werden. Im Gegensatz dazu werden Nutzungskosten wie z.B. die Energiekosten bei BNB/NaWoh erfasst, während bei den wohnungswirtschaftlichen Verfahren nur die nicht-umlagefähigen Instandhaltungs- und Verwaltungskosten berücksichtigt werden. Die Diskontrate wird bei wohnungswirtschaftlichen Verfahren markt- und unternehmensspezifisch festgelegt, die Angabe einer pauschalen Rate wie bei BNB/NaWoh ist daher eher nicht üblich. Die Literaturrecherche hat allerdings ergeben, dass in Studien aus wohnungswirtschaftlicher Perspektive ähnliche hohe Diskontraten wie bei BNB/NaWoh verwendet werden. Ein weiterer wesentlicher Unterschied besteht im wesentlich kürzeren Betrachtungszeitraum der wohnungswirtschaftlichen Verfahren.
- Eine bessere Kompatibilität zwischen der Lebenszykluskostenrechnung und gängigen Wirtschaftlichkeitsberechnungen für konkrete wohnungswirtschaftliche Bauvorhaben kann hergestellt werden, wenn die Lebenszykluskostenrechnung auch die Ertragsseite berücksichtigt (LZK i.w.S.) und alle Zahlungsflüsse im Rahmen der Lebenszykluskostenrechnung vollständig und systematisch erfasst werden.
- Die Zusammenstellung von Daten für eine vollständige Lebenszykluskostenrechnung ist eine geeignete Informationsquelle für übliche Investitions- und Wirtschaftlichkeitsberechnungen in der Wohnungswirtschaft sowie für Analysen zum trade-off zwischen Bau- und Nutzungskosten und zur Bildung von Rückstellungen. Einzelne Zahlungen können dabei unterschiedlichen Akteuren zugeordnet werden.

Ergebnisse Sensitivitätsanalyse Neubau

- Eine einseitige Betrachtung von Baukosten ohne Berücksichtigung von Folgekosten kann zu Fehlentscheidungen führen. Diese wirken sich u.a. in erhöhten Nutzungskosten aus, die negative Folgen für Hausbesitzer, Wohnungsunternehmen und Mieter nach sich ziehen können
- Die Untersuchung hat gezeigt, dass die individuelle Festlegung beider Gruppen von Eingangsgrößen – Diskontzinssatz und Preissteigerungsraten – im Rahmen einer Wirtschaftlichkeitsbewertung von Investitionen die absolute Höhe von Kennwerten der Wirtschaftlichkeit (VoFi-Rendite oder Lebenszykluskosten)

ten) relativ stark beeinflussen kann. Es ist daher für die individuelle Analyse von Wohnungs- bzw. Immobilienunternehmen notwendig, die Bandbreite möglicher zukünftiger Umweltzustände bei der Festlegung angemessen zu berücksichtigen.

- Wie gezeigt werden konnte, führt die Wahl einer Energiepreissteigerungsrate von über ca. 5 %/a (nominal) zu überproportional stark anwachsenden Lebenszykluskosten. Es ist daher zu empfehlen, keine höheren Steigerungsraten für Wirtschaftlichkeitsberechnungen über einen längeren Betrachtungszeitraum anzusetzen.
- Die Untersuchung hat darüber hinaus gezeigt, dass starke Energiepreissteigerungen oder niedrige Diskontzinssätze im Neubau nur einen vergleichsweise geringen Einfluss auf die relative Vorteilhaftigkeit (Rangfolge der Varianten) verschiedener Umsetzungsvarianten besitzen. Dies ist in erster Linie mit dem bereits in der Basisvariante hohen energetischen Effizienzstandard zu begründen. Sehr niedrige absolute Energiebedarfe reduzieren den Umfang des rechnerisch über eine Variation des Diskontzinssatzes oder der Energiepreissteigerung möglichen Trade-offs zwischen einer geringeren Gewichtung der Investitionskosten zugunsten einer höheren Gewichtung von Baunutzungskosten.
- Für die angemessene Bewertung von verschiedenen Neubauinvestitionsentscheidungen ist die Höhe des Diskontzinssatzes daher kaum maßgeblich, solange sie sich in realistischen Bandbreiten befindet. Angesichts der niedrigen Kapitalkosten und der geringen Rendite im Vermietungsgeschäft erscheint eine Diskontrate in Höhe von 5,5 % (nominal) jedoch in der derzeitigen Situation als relativ hoch.
- Über den Kapitaldienst können Investitionskosten in Nutzungskosten überführt werden. Die Investitionskosten (Baukosten) haben dabei einen großen Einfluss auf die jährlichen Auszahlungen.

Vorschläge für zukünftige Festlegungen

- Eine Vorgabe von Konventionen für die Lebenszykluskostenrechnung ist dann sinnvoll, wenn eine gesamtgesellschaftliche Perspektive – z.B. im Zusammenhang mit einer Nachhaltigkeitsbewertung – eingenommen und eine Einordnung in einen einheitlichen Bewertungsmaßstab vorgenommen werden soll.
- Es wird vorgeschlagen, im Rahmen von einheitlichen Konventionen den Diskontierungszinssatz auf 5,0 % nominal bzw. 3,0 % real festzulegen. Hierdurch ergibt sich eine Übereinstimmung mit den Festlegungen der (EC 2012) sowie dem Stand der europäischen Normung (Entwurf zu EN 16627 Sustainability of construction works – Assessment of economic performance of buildings – Calculation methods).
- Aus Sicht der Bearbeiter kann und soll in der Lebenszykluskostenrechnung im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse auch eine niedrigere Diskontrate (von z.B. 1,5 % real oder sogar 0 % real) angewendet werden, wenn die ökonomische Vorteilhaftigkeit von Maßnahmen zur Ressourcenschonung sowie zum Klima- und Umweltschutz analysiert wird.
- Es wird vorgeschlagen, im Rahmen von einheitlichen Konventionen die zukünftige Preissteigerung von Heiz- und Elektroenergie auf 3,5 %/a (nominal) bzw. 1,5 %/a (real) festzulegen.
- Wohnungsunternehmen führen i.d.R. eine individuelle Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durch, die deutliche Berührungspunkte mit einer Lebenszykluskostenrechnung im weiteren Sinne (Lebenszykluserfolg) aufweist. Selbstnutzende Eigentümer interessieren sich i.d.R. für die total cost of ownership. In beiden Fällen ist davon auszugehen, dass individuelle Verhältnisse, z.B. orts- oder regionaltypische Tarife, in den Eingangsgrößen abgebildet werden.
- Bei der Anwendung der Lebenszykluskostenrechnung im Rahmen von BNB wurde in der Vergangenheit auf die vollständige Berücksichtigung aller Kostengruppen verzichtet. Insbesondere sollte eine Konzentration auf diejenigen Kostengruppen erfolgen, die unmittelbar durch den Entwurf beeinflusst werden. Sobald jedoch auch Versicherungskonditionen und - im Falle eines Projektratings – auch die Finanzierungskonditionen durch ausgewählte Objektmerkmale beeinflussbar sind wird vorgeschlagen, künftig auch die Versicherungs- und Finanzierungskosten mit zu erfassen.

- Die Betrachtung jährlicher Kosten (Annuitäten) ist eine Alternative zur Darstellung von Bar- oder Kapitalwerten. Es wird empfohlen, diese Art der Darstellung im Minimum in die Dokumentationspflichten zum BNB aufzunehmen, ergänzt durch die vollständige Angabe aller Ein- und Auszahlungen im Lebenszyklus in Form einer Tabelle.

Vorschläge zum Umgang mit Rückbau und Entsorgung

- Bei Kosten für Rückbau und Entsorgung eines kompletten Gebäudes am Ende seines Lebenszyklus handelt es sich um eine Sonderform von Ersatzinvestitionen. Im Rahmen einer vollständigen Lebenszykluskostenrechnung ist es wünschenswert, diese Kosten zu berücksichtigen, auch wenn durch die Diskontierung über lange Zeiträume eine „Lenkungswirkung“ von Kosten infolge Rückbau und Entsorgung auf die Planung in der Regel nicht mehr eintritt.
- Es wird vorgeschlagen, zunächst die Kosten für Rückbau und Entsorgung am Ende des Lebenszyklus in Abhängigkeit von Bauweise sowie Art verwendeter Bauteile und Komponenten abzuschätzen. Diese Vorgehensweise ist jedoch einer Anwendung von Konventionen vorbehalten, wie sie für eine Lebenszykluskostenrechnung nach BNB typisch ist.
- Für Unternehmen der Wohnungswirtschaft wird empfohlen, künftige Kosten für Rückbau und Entsorgung in einer Rückstellung abzubilden – vergleichbar einer Rückstellung für die Instandhaltung bei Wohnungseigentümergeinschaften. Über regelmäßige Zahlungen zum Aufbau einer entsprechenden Rückstellung lassen sich so Rückbau und Entsorgung ggf. besser in der Lebenszykluskostenrechnung abbilden.

Möglichkeiten und Konsequenzen einer Integration externer Kosten

- Externe Effekte (hier i.d.R. externe Kosten) können in Form von Energiepreiszuschlägen (Cent/kWh) oder in Form von Schadenskosten infolge unerwünschter Wirkungen auf das Klima (€/t CO₂-Äquivalent) in die Berechnung von Lebenszykluskosten oder die Analyse der Wirtschaftlichkeit einbezogen werden.
- Eine derartige Berücksichtigung externer Effekte entspricht zunächst einer gesamtgesellschaftlichen Perspektive. Es wird daher empfohlen, dies bei der Weiterentwicklung und Anwendung der Lebenszykluskostenrechnung und der Wirtschaftlichkeitsrechnung durch und für die Öffentliche Hand zu berücksichtigen.
- Die Berücksichtigung externer Effekte kann in der Lebenszyklusrechnung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, die von Unternehmen der Wohnungswirtschaft durchgeführt werden, dagegen nur auf freiwilliger Basis erfolgen. Ein möglicher Zugang wäre die Unternehmensmission, in der sich ein Unternehmen hinsichtlich seiner Wahrnehmung von Verantwortung gegenüber Gesellschaft und Umwelt verpflichtet und dies auf die Wirtschaftlichkeitsrechnung überträgt.

4.2 Fazit der Untersuchung

Die Ergebnisse und Empfehlungen der Untersuchung können zu folgendem Fazit gebündelt werden:

- Unabhängig davon, ob es sich um eine Konstruktionsoptimierung, Wirtschaftlichkeitsbetrachtung oder Lebenszykluskostenrechnung handelt können derartige Betrachtungen auf eine einheitliche Grundlage zurückgeführt werden – die Prognose bzw. Erfassung und Analyse der Aus- und Einzahlungen im Lebenszyklus einer Immobilie (Analyse der Zahlungsflüsse).
- Eine Analyse der Zahlungsflüsse im Lebenszyklus einer Immobilie soll zunächst sämtliche Aus- und Einzahlungen umfassen. Soweit möglich sollen Eingangsgrößen zunächst in nicht monetären Größen erfasst werden – Endenergieaufwand, Wasserbedarf, Abwasseraufkommen, Reinigungsstunden usw.

- Je nach Bedarf und Arbeitsaufgabe lassen sich aus den Ausgangsinformationen durch Verknüpfung mit durchschnittlichen, auf Konventionen beruhenden oder spezifischen, standort- und situationskonkreten Angaben Kosten ermitteln.
- Für die Darstellung der Ergebnisse einer Analyse der Zahlungsflüsse kann zunächst eine disaggregierte Form in Anlehnung an einen vollständigen Finanzplan gewählt werden.
- Je nach Bedarf und Arbeitsaufgabe lassen sich ausgewählte Aus- und Einzahlungen bestimmten Fragestellungen oder Akteuren zuordnen und ggf. ins Verhältnis zueinander setzen. Folgende Anwendungsfälle können unterschieden werden
 - **Konstruktionsoptimierung** im Sinne eines trade-off aus Investitions- und Folgekosten mit dem Ziel der Minimierung der Lebenszykluskosten (häufig unter Nutzung einer Lebenszykluskostenrechnung im engeren Sinne mit einer Konzentration auf gebäudebedingte Kosten (ausgewählte Kosten im Lebenszyklus)). Möglich sind hier eine betriebswirtschaftliche Betrachtung eines konkreten Falls unter standort- und situationsspezifischen Bedingungen bzw. eine im Interesse der Vergleichbarkeit von Ergebnissen erfolgende Betrachtung unter Annahme durchschnittlicher / vorgegebener Bedingungen (Konventionen), wie dies z.B. bei einer Bewertung der ökonomischen Dimension der Nachhaltigkeit bei BNB/DGNB der Fall ist.
 - **Wirtschaftlichkeitsrechnung / Analyse der ökonomischen Vorteilhaftigkeit** im Sinne von Betrachtungen aus Sicht spezifischer Akteursgruppen. Möglich sind derartige Betrachtungen u.a. aus der Sicht von selbstnutzenden Eigentümern, Projektentwicklern, Bestandshaltern als Vermieter, Mietern sowie aus Sicht der Gesellschaft (volkswirtschaftliche Perspektive). Die jeweilige Perspektive und Arbeitsaufgabe wirkt sich auf Art und Umfang berücksichtigter Kostenarten, auf die Grundlagen der Kostenermittlung und die Wahl der Randbedingungen (u.a. Diskontierungszinssatz, Preissteigerungsraten) aus.
- Rahmenbedingungen können in Abhängigkeit von Perspektive (betriebswirtschaftliche versus volkswirtschaftliche) und von der Aufgabe (individuelle Konstruktionsoptimierung, Nachhaltigkeitsbewertung, Wirtschaftlichkeitsbetrachtung) gewählt werden und beeinflussen das Ergebnis. Die Wahl der Randbedingungen kann Einfluss auf die Rang- und Reihenfolge von Varianten haben. Sensitivitätsanalysen sowie die Analyse von Auswirkungen für andere Akteure bzw. Akteursgruppen werden empfohlen.
- Eine einseitige Betrachtung von Baukosten kann zu Fehlentscheidungen führen. Sowohl Folgekosten als auch sonstige Folgewirkungen sind in die Entscheidungsvorbereitung einzubeziehen. Dabei wirken sich die Auswahl von Bauprodukten und Systemen in unterschiedlicher Weise auf die Folgen aus – u.a. je nach Bauwerksteil.

Literaturverzeichnis

- Ahsen, Anette von; Weißmann, Claudia, 2014: Lebenszykluskostenrechnung und Ökobilanzierung für Plus-Energie-Häuser – Methodenbekanntheit und -anwendung sowie Konsequenzen für die zukünftige Förderung. ZfU, 3/2014, S. 229–257.
- ARGE, 2014: Optimierter Wohnungsbau. Untersuchung und Umsetzungsbetrachtung zum bautechnisch und kostenoptimierten Mietwohnungsbau in Deutschland, Kiel.
- Balck, Henning, 2014: Strategische Bauteile – Methodik nachhaltiger Erneuerung und Strategien der Nachhaltigkeit im Neubau, Vortrag im Rahmen des EnOB-Workshops „Lebenszykluskosten energieoptimierter Gebäude – Wirtschaftlichkeit systematisch verbessern“ am 27.11.2014 in Frankfurt am Main. Zugriff: <http://www.enob.info/de/forschung-im-dialog/enob-workshop-2014-lebenszykluskosten-energieoptimierter-gebaeude/>
- Bauer, Eva, 2013: Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit. Österreichischer Verband gemeinnütziger Bauvereinigungen – Revisionsverband (Hrsg.). Wien.
- BBR Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.), 2003: Erneuerung älterer Wohnungsbestände in Stufen. Forschungen, Bd. 111. Bonn.
- Behr, Iris (et al.), 2008: Heizkosten im Passivhaus –Warmmiete oder Flatrate-Modell. Studie im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung. Darmstadt.
- BMVBS Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.), 2010 : Externe Kosten im Hochbau. BMVBS-Online Publikation Nr. 17/2010. Berlin.
- BMVBS Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.), 2013: Begleituntersuchung zur europäischen Berichterstattung „Cost-Optimal-Level“ – Modellrechnungen. BMVBS-Online Publikation Nr. 26/2013. Berlin.
- BSI Bundesvereinigung Spitzenverbände der Immobilienwirtschaft, 2008: Wirtschaftlichkeit energiesparender Maßnahmen für die selbstgenutzte Immobilie und den vermieteten Bestand. Berlin.
- Caccavelli, Dominique; Krigsvoll Guri; Thamling, Nils; Jaarto, Petri, 2005: LCC-IP GUIDEBOOK – Integrated Planning for Building Refurbishment, Taking Life-Cycle-Costs into Account. European Communities (Hrsg.). Brüssel.
- Discher, Henning; Hinz, Eberhard; Enseling, Andreas, 2010. dena-Sanierungsstudie, Teil 1: Wirtschaftlichkeit energetischer Modernisierung im Mietwohnbestand. Begleitforschung zum dena-Projekt „Niedrigenergiehaus im Bestand“. Berlin.
- EIA U.S. Energy Information Administration (Hrsg.), 2014: Annual Energy Outlook 2014. With projections to 2040. Washington DC.
- Enseling, Andreas; Diefenbach, Nikolaus; Hinz, Eberhard; Loga, Tobias, 2011: Evaluierung und Fortentwicklung der EnEV 2009: Untersuchung zu ökonomischen Rahmenbedingungen im Wohnungsbau, Endbericht. Institut Wohnen und Umwelt GmbH (Hrsg.). Darmstadt.

Enseling, Andreas; Hinz, Eberhard; Loga, Tobias, 2011: Begleit- und Ad-hoc-Untersuchungen zur EnEV 2012: Kurzuntersuchung zu den Implikationen der europäischen Berechnungsmethode des „kostenoptimalen Niveaus“. Endbericht im Auftrag des BBSR. Darmstadt (unveröffentlicht).

Enseling, Andreas; Hinz, Eberhard; Vaché, Martin, 2013: Akteursbezogene Wirtschaftlichkeitsberechnungen von Energieeffizienzmaßnahmen im Bestand – Berechnungen mit dem Vollständigen Finanzplan, 1. Auflage. Institut Wohnen und Umwelt GmbH (Hrsg.). Darmstadt.

Enseling, Andreas; Loga, Tobias, 2013: Implementing the Cost-Optimal-Methodology in EU Countries, Case Study Germany. Brussels.

European Commission, 2012: Commission Regulation (EU) No 244/2012 of 16 January 2012 supplementing Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings (recast) by establishing a comparative methodology framework for cost optimal levels of minimum energy performance requirements for buildings and building elements.

European Commission, 2014: EU Energy, Transport and GHG Emissions Trends to 2050 – Reference Scenario 2013. Brussels.

European Commission, 16.12.2014: Life-cycle costing (LCC) as a contribution to sustainable construction: towards a common methodology. Zugriff: http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/construction/studies/life-cycle-costing_en.htm

Fritsch, Ulrich, 2011: Lebenszykluskosten – Modelle: Einsatzmöglichkeiten in der Immobilienwirtschaft. Praxis Check, Ausgabe 1/2, S. 13-35.

GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e.V. (Hrsg.), 2010: GdW Arbeitshilfe 64 - Energieeffizientes Bauen und Modernisieren. Berlin.

GEFMA German Facility Management Association (Hrsg.), 2004: GEFMA-Richtlinie 200, Kosten im Facility Management.

GEFMA German Facility Management Association (Hrsg.), 2010: GEFMA-Richtlinie 220-1, Lebenszykluskosten-Ermittlung im FM, Einführung und Grundlagen.

Henger, Ralph; Voigtländer, Micheal, 2012: Energetische Modernisierung des Gebäudebestandes: Herausforderungen für private Eigentümer. Institut der deutschen Wirtschaft Köln (Hrsg.). Köln.

INBG – Institut für Nachhaltiges Bauen und Gestalten, Fachhochschule Kaiserslautern (Hrsg.), 2010: Projektbericht: Projektbegleitung zur energetischen Sanierung eines vermieteten Mehrfamilienwohnhaus in Baumholder. Kaiserslautern.

InWIS Forschung & Beratung GmbH (Hrsg.), 2011: Wege aus dem Vermieter-Mieter-Dilemma, Konzeptstudie. Bochum.

InWIS Forschung & Beratung GmbH (Hrsg.), 2014: Wirkungsanalyse der Mietrechtsänderungen, Teil 2: Mieterhöhung nach Modernisierung - Gutachten. Bochum.

Kalusche, Wolfdietrich, 2008: Aktuelle Einflüsse auf die Betriebskosten im Wohnungsbau. Forum der Forschung 21, S. 81-86. Zugriff: https://www-docs.tu-cottbus.de/bauoekonomie/public/Forschung/Publikationen/Kalusche-Wolfdietrich/2008/57_Einfluesse.pdf [abgerufen am 16.12.2014]

Kalusche, Wolfdietrich, 2008: Lebenszykluskosten von Gebäuden – Grundlage ist die neue DIN 18960:2008-02, Nutzungskosten im Hochbau. Bauingenieur, Band 83. Zugriff: https://www-docs.tu-cottbus.de/bauoekonomie/public/Forschung/Publikationen/Kalusche-Wolfdietrich/2008/59_Lebenszykluskosten.pdf [abgerufen am 16.12.2014]

Kalusche, Wolfdietrich, 2009: Lebenszykluskosten – Optimierung von Baukonstruktionen. DETAIL, 4, S. 360-364. Zugriff: https://www-docs.tu-cottbus.de/bauoekonomie/public/Forschung/Publikationen/Kalusche-Wolfdietrich/2009/61_detail4_2009.pdf [abgerufen am 16.12.2014]

Kalusche, Wolfdietrich: Die neue DIN 18960 Nutzungskosten im Hochbau. Zugriff: https://www-docs.tu-cottbus.de/bauoekonomie/public/Forschung/Publikationen/Kalusche-Wolfdietrich/2008/60_neueDIN%2018960%20.pdf [abgerufen am 16.12.2014]

Kalusche, Wolfdietrich: Einführung in die Nutzungskostenplanung. Zugriff: https://www-docs.tu-cottbus.de/bauoekonomie/public/Forschung/Publikationen/Kalusche-Wolfdietrich/2010/68_BKI-NK1_Einleitung.pdf [abgerufen am 16.12.2014]

Kruschwitz, Lutz, 2011: Investitionsrechnung. 13., aktualisierte Auflage. München.

Langdon, Davis, 2007: Life Cycle Costing (LCC) as a contribution to sustainable construction: a common methodology, Final Report and Guidance on the use of the LCC Methodology and European Commission. Zugriff: http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/construction/studies/life-cycle-costing_en.htm [abgerufen am 09.04.2015]

Michels, Winfried; Naarmann, Lydia, 1999: Rentabilität bei Wohnungsbestandsmaßnahmen. Münster.

Ott, Walter; Grünigen, Stefan von, 2011: Wirtschaftlichkeit von Neubau- und Erneuerungsinvestitionen in der 2000-Watt-Gesellschaft. Stadt Zürich, Amt für Hochbauten (Hrsg.). Zürich.

Pelzeter, Andrea, 2006: Lebenszykluskosten von Immobilien, Dissertation. In: Schulte K.-W.; Bone-Winkel, S. (Hrsg.). Schriften zu Immobilienökonomie. Köln.

Pelzeter, Andrea, 2009: Welche Lebenszykluskosten braucht die Praxis? Tagungsband Facility Management Kongress 2009, S. 377-384. Zugriff: http://www.pelzeter.de/fileadmin/user_upload/apelzeter_upload/FM2009_Pelzeter_09-05-08_02.pdf [abgerufen am 16.12.2014]

Pelzeter, Andrea: Lebenszykluskosten von Wohnimmobilien. Zugriff: http://www.pelzeter.de/fileadmin/user_upload/apelzeter_upload/LZK_von_Wohnimmobilien_Pelzeter_01.pdf [abgerufen am 16.12.2014]

Pfnür, Andreas; Müller, Nikolas, 2013: Energetische Gebäudesanierung, Studie Teil II: Prognose der Kosten alternativer Sanierungsfahrpläne und Analyse der finanziellen Belastung für Eigentümer und Mieter bis 2050. Pfnür, Andreas (Hrsg.): Arbeitspapiere zur immobilienwirtschaftlichen Forschung und Praxis, Bd. 28. Darmstadt.

Pfnür, Andreas; Müller, Nikolas; Weiland Sonja, 2009: Wirtschaftlichkeitsberechnungen von Klimaschutzinvestitionen in der Wohnungswirtschaft – Clusteranalyse und 25 Szenariofälle. Pfnür, Andreas (Hrsg.): Arbeitspapiere zur immobilienwirtschaftlichen Forschung und Praxis, Bd. 18. Darmstadt.

Rolfes, Bernd, 1998: Moderne Investitionsrechnung, 2. Auflage. München/Wien.

Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung, CRB (Hrsg.), 2012: LCC Leitfaden Planung der Lebenszykluskosten, Zürich.

Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung, CRB (Hrsg.), 2012: LCC Handbuch Instandhaltung und Instandsetzung von Bauwerken, Zürich.

Schulze Darup, Burkhard; Neitzel, Micheal, 2011: Energieeffizienz mit städtebaulicher Breitenwirkung. GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e.V. (Hrsg.). Berlin.

Simons, Harald; Baum, Ulrich; Peischl, Alexander, 2010: Wirtschaftlichkeit energetischer Sanierungen im Berliner Mietwohnungsbestand. empirica und LUWOGÉ consult (Hrsg.). Berlin.

UBA Umweltbundesamt (Hrsg.), 2007: Praktische Anwendung der Methodenkonvention: Möglichkeiten der Berücksichtigung externer Umweltkosten bei Wirtschaftlichkeitsrechnungen von öffentlichen Investitionen. Zugriff: <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3194.pdf> [abgerufen am 08.04.2014]

UBA Umweltbundesamt (Hrsg.), 2012: Ökonomische Bewertung von Umweltschäden. Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten. Berlin.

UBA Umweltbundesamt (Hrsg.), 2012: Umweltfreundliche Beschaffung. Zugriff: http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/umweltfreundliche_beschaffung_script_5.pdf [abgerufen am 16.12.2014]

Anhang A - Sensitivitätsanalyse Bestand (Berechnung der global cost)


Im Folgenden wird die Bedeutung des Diskontsatzes, der Preissteigerungsrate für Energie und weiterer Parameter für die Ergebnisse von Lebenszykluskostenrechnungen im Rahmen einer Beispielrechnung für den Bestand verdeutlicht. Als Beispiel wird die Gesamtkostenberechnung nach EPBD für die Dämmung einer Außenwand in einem unsanierten Bestandsgebäude herangezogen. In diesem Beispiel beträgt der Diskontsatz (Kalkulationszinssatz) 3,0 % (real) und die Energiepreissteigerungsrate 2,0 % (real) (einzelwirtschaftliche Perspektive).

Ziel der Sensitivitätsanalyse ist es, durch die Variation verschiedener Parameter deren Einfluss auf den Barwert der Gesamtkosten (Lebenszykluskosten i.e.S.) über den Betrachtungszeitraum und die optimale Dämmdicke abzuschätzen.

Modellgebäude Bestand

Die wesentlichen Kenndaten des Gebäudes im unsanierten Zustand sind in Tabelle 15 zusammenfassend dargestellt. Bezüglich der Anlagentechnik wird davon ausgegangen, dass das Modellgebäude mit einem Niedertemperaturkessel Baujahr 1987 - 94 (Dämmstandard der Verteilleitungen 50er bis 70er Jahre, nachträglich gedämmt), zentral zu 100 % beheizt wird. Die spezifischen Transmissionswärmeverluste H'_T nach EnEV betragen $0,94 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ für das MFH-Gebäude im IST-Zustand.

Tabelle 15: Modellgebäude Mehrfamilienhaus mit 12 Wohneinheiten – MFH

Haustyp	Mehrfamilienhaus	
Baujahrsklasse	1950 bis 1957	
Wohnfläche	1076 m ²	
Wohneinheiten	16	
Energieträger	Erdgas	
Bedarfwerte nach Leitfaden „Energiebewusste Gebäudeplanung“		<ul style="list-style-type: none"> • Niedertemperaturkessel, Baujahr 1987-94 • Dämmstandard der Verteilleitungen 50er bis 70er Jahre, nachträglich gedämmt • zentral beheizt, typischer Betrieb (erhöhte Heizkurve, kein hydraulischer Abgleich) • Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile der thermischen Hülle in Anlehnung an [BMVBS 2009]
Endenergie Heizung	177 kWh/(m ² a)	
Endenergie Warmwasser	33 kWh/(m ² a)	
Verbrauchswerte nach Heizspiegel (bundsweit) 2010		
Endenergie Heizung - durchschnittlich	67 bis 130 kWh/(m ² a)	
Endenergie Heizung – erhöht	131 bis 212 kWh/(m ² a)	
Endenergie Heizung - extrem hoch	> 212 kWh/(m ² a)	

Quelle: IWU

Rahmenbedingungen der Berechnungen

Das kostenoptimale Niveau entsprechend der EPBD wird sowohl für Einzelmaßnahmen als auch für Maßnahmenpakete berechnet. Die Energiebilanzberechnungen basieren auf dem Programm „EnEV XL“. Bei der Berechnung der Gesamtkosten werden als Kostenkategorien die Investitionsvollkosten, die Ersatzinvestitionskosten und Restwerte für die energieeffizienzsteigernden Maßnahmen (ohne Förderung), die Kosten für laufende Wartung und Instandhaltung, Entsorgungskosten am Ende des Betrachtungszeitraums, Energie-

kosten (Heizung / Warmwasser) und sonstige Nebenkosten (ohne Energie) berücksichtigt. Die Kosten sind immer als Brutto-Preise zu verstehen. Prinzipiell werden die Vollkosten der Maßnahmen angesetzt. Die Berechnung erfolgt inflationsbereinigt in realen Größen.

Die Gesamtkosten werden nach der Kapitalwertmethode unter Berücksichtigung eines Diskontfaktors berechnet. Alle im Betrachtungszeitraum anfallenden Kosten werden auf den Investitionszeitpunkt abgezinst (Barwert). Die Gesamtkosten berechnen sich als Summe der Barwerte aller über den Betrachtungszeitraum anfallenden Kosten.

Entsprechend den Vorgaben der EPBD wird für die Wohngebäude ein Betrachtungszeitraum von 30 Jahren angesetzt. Ist die Lebensdauer der Bauteile kürzer als der Betrachtungszeitraum (z.B. bei der Anlagentechnik), wird eine Ersatzinvestition berücksichtigt. Liegt die Lebensdauer der Bauteile über dem Betrachtungszeitraum (wie z.B. beim Wärmeschutz), wird ein Restwert berücksichtigt. Der Restwert wird auf den Investitionszeitpunkt abdiskontiert und von den übrigen barwertigen Kosten abgezogen.

$$BW_{\text{Gesamtkosten}} = BW_{\text{Investition}} + BW_{\text{Ersatzinvestition}} - BW_{\text{Restwert}} + BW_{\text{Entsorgung}} + BW_{\text{Wartung/Instandhaltung}} + BW_{\text{Energie}} + BW_{\text{sonstige Nebenkosten}}$$

Bestimmung des Kostenoptimums

Für jedes Bauteil bzw. jedes Maßnahmenpaket wird das Kostenoptimum über der Dämmdicke bestimmt. Entsprechend der EPBD ist als das Kostenoptimum das Minimum der Gesamtkosten zu verstehen. Dabei werden im Sinne von Standardannahmen folgende Rahmenbedingungen festgesetzt:

- Die Energiebilanzberechnungen erfolgen nach dem Programm EnEV XL
- Es wird prinzipiell mit den **Vollkosten** der energiesparenden Maßnahmen gerechnet. Auf das Optimum bzw. den kostenoptimalen Bereich hat der Anteil energiebedingter Mehrkosten keinen Einfluss.
- **Förderung** wird nicht berücksichtigt. Der Barwert der investiven Förderung (zinsverbilligter Kredit etc.) kann zwar prinzipiell berechnet werden, da Förderung aber in der Regel Schwankungen unterworfen ist, macht es für das Kostenoptimum wenig Sinn, sie zu berücksichtigen. Maßnahmen mit konstanter Einspeisevergütung (Photovoltaik, Biogas-BHKW) werden im Rahmen der vorliegenden Studie nicht untersucht. Exemplarisch können aber die Mehrkosten bestimmter Standards gegenüber dem Optimum ermittelt werden.
- **Entsorgungskosten** von Bauteilen können nach EU-Methode optional berücksichtigt werden. Beim Austausch von Bauteilen sind die Kosten für die Demontage und den Abtransport (Bauschutt, alte Fenster, Kessel) und gegebenenfalls weitere Entsorgungskosten (Sondermüll) in den verwendeten Kostenfunktionen berücksichtigt. Um den Einfluss zukünftiger Entsorgungskosten auf das Kostenoptimum abschätzen zu können, wird pauschal ein Betrag von 20 % der anfänglichen Investitionskosten nach Ablauf des Betrachtungszeitraum als zukünftige Entsorgungskosten angesetzt.
- Die **Lebensdauer der Bauteile** wird in Anlehnung an DIN 15459 Anhang A und E wie folgt festgelegt: 50 Jahre (Wärmeschutz) / 30 Jahre (Fenster) / 15 Jahre (Anlagentechnik).
- Als konstante Größe sind zudem die im **Betriebskostenspiegel 2013/2014** des Deutschen Mieterbundes ausgewiesenen Kosten für Grundsteuer, Wasser inkl. Abwasser, Aufzug, Straßenreinigung, Müllbeseitigung, Gebäudereinigung, Gartenpflege, allgemeiner Strom, Schornsteinfeger, Versicherung, Hauswart, Antenne/Kabel und Sonstige berücksichtigt. Die Energiekosten für Wärme und Warmwasser sind dagegen für das jeweilige Gebäude berechnet.
- Die Kosten für die **laufende Instandhaltung** der Gebäude sind in Anlehnung an die Verwaltungs- und Instandhaltungskostenpauschalen bei Sozialwohnungen ab 1.1.2014 festgelegt. Gemäß § 28 Abs. 2 II. BV dürfen für Wohnungen, deren Bezugfertigkeit weniger als 22 Jahre zurückliegt als Instandhaltungskosten höchstens 8,62 €/m²a) angesetzt werden; für Wohnungen, deren Bezugfertigkeit am Ende des

Kalenderjahres mindestens 22 Jahre zurückliegt, höchstens 10,93 €/m²a) und für Wohnungen, deren Bezugfertigkeit am Ende des Kalenderjahres mindestens 32 Jahre zurückliegt, höchstens 13,97 €/m²a). Damit ergibt sich eine Stufung nach Baualtersklassen.

Für die Sensitivitätsanalyse wird unterstellt, dass in jedem Fall modernisierte Gebäude verglichen werden. Andererseits ergeben sich aus der energietechnischen Modernisierung der Gebäudehülle keine weiteren zusätzlichen Kosten für die laufende Instandhaltung, so dass für alle untersuchten Standards gleiche Kostenpauschalen von 8,62 €/m²a) angesetzt werden. Die Verwaltungskostenpauschale beträgt gemäß § 28 Abs. 2 II. BV 279,35 €/(aWE).

- Es wird mit **realen** Kosten und Zinsen gerechnet. Dazu muss ausgehend von nominalen Preisen und Zinsen eine allgemeine Inflationsrate festgelegt werden (2 %/a gemäß der langfristigen Zielsetzung der EZB).

In der folgenden Tabelle werden die fixen Rahmenbedingungen der cost-optimal methodology und die ergänzenden Festlegungen der Beispielberechnung zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 16: Rahmenbedingungen und Annahmen EPBD-Methode (Wohngebäude)

Rahmenbedingungen EU-Methode Wohngebäude	
Referenzgebäude	Bestand: MFH57a
Maßnahmen	Einzelmaßnahmen und Maßnahmenpakete
Energiebilanzberechnungen	Studie: Leitfaden Energiebewusste Gebäudeplanung – LEG (Bestand) und DIN V 4108-6 in Verbindung mit DIN V 4701-10 – in der für die EnEV 2012 anzuwendenden Fassung
Kostenkategorien	Investitionsvollkosten, Entsorgungskosten, Ersatzinvestitionen, Restwerte, Instandhaltungs- und Verwaltungskosten, Energiekosten (Heizung / Warmwasser / Haushaltsstrom), Betriebskosten (alle brutto)
Verfahren der Wirtschaftlichkeitsberechnung	Kapitalwertmethode Berechnung mit realen Größen (inflationbereinigt)
Lebensdauer der Bauteile	50 Jahre (Wärmeschutz) / 30 Jahre (Fenster) / 15 Jahre (Anlagentechnik)
Beurteilungskriterium	Gesamtkostenoptimum bzw. kostenoptimaler Bereich
Betrachtungszeitraum	30 Jahre
Allgemeine Inflationsrate	2 %/a
Kalkulationszins	3,0 % (real)
Teuerung Wartung und Instandhaltung bzw. Ersatzinvestition	0 %/a (real)
Jährliche Kosten für Wartung u. Instandhaltung (nur Anlagentechnik)	2 % der Investitionssumme (pauschal)
Aktueller Energiepreis	6,5 Cent/kWh (Gas)

Teuerung Energiepreis	2,0 %/a (real)
-----------------------	----------------

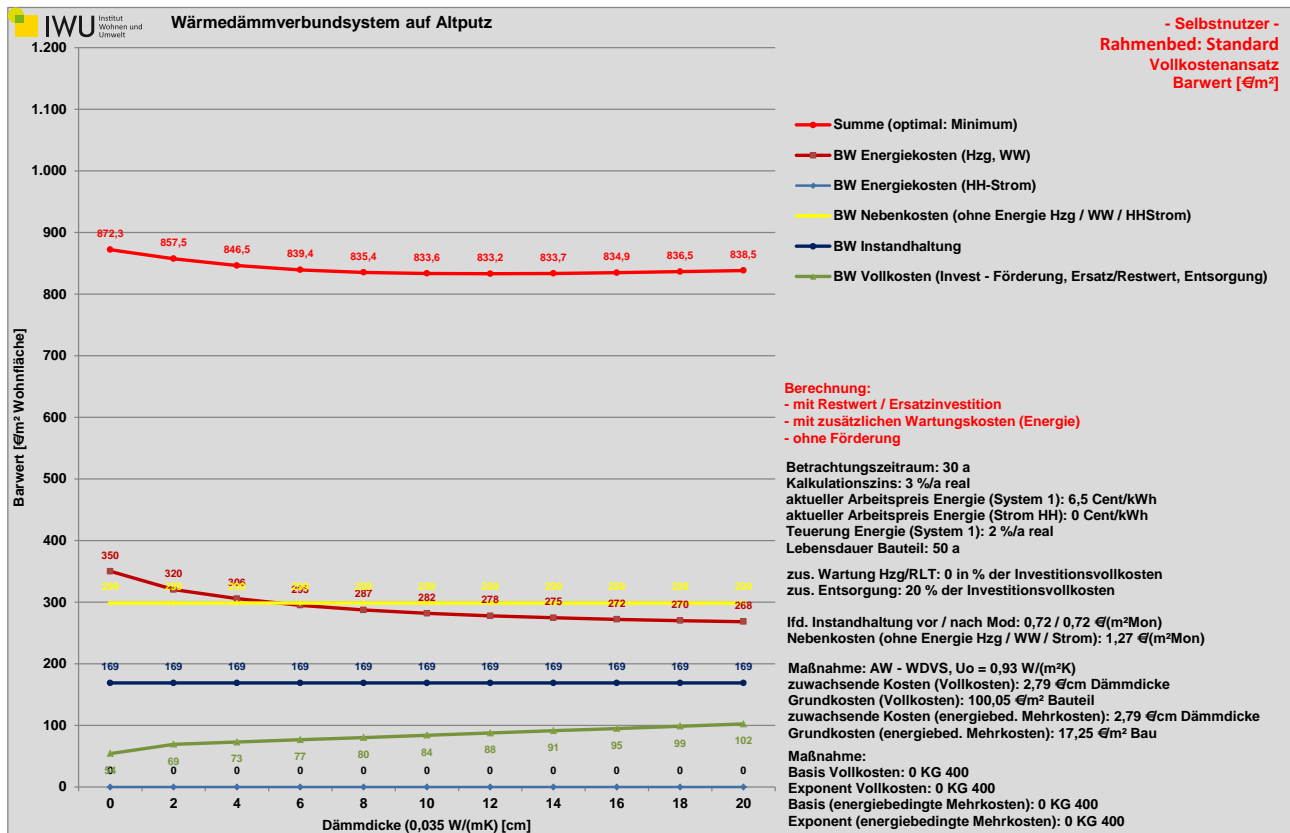
Quelle: IWU

Barwert der Gesamtkosten

Abbildung 16 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen für das MFH am Beispiel einer Außenwanddämmung mit einem Wärmedämmverbundsystem.

- Die grüne Kurve zeigt den Verlauf der Kosten für das Wärmedämmverbundsystem. Die Kosten steigen linear mit zunehmender Dämmdicke entsprechend der linearen Kostenfunktion. Die Maßnahme wird ohne investive Förderung gerechnet. Da der Betrachtungszeitraum 30 Jahre beträgt, die technische Lebensdauer des Wärmedämmverbundsystems jedoch mit 50 Jahren angesetzt ist, wird bei der Berechnung des Barwertes ein Restwert für das Wärmedämmverbundsystem berücksichtigt. Nach dem Ansatz ergibt sich für den Wärmeschutz am Ende des Betrachtungszeitraums von 30 Jahren ein Restwert von 24 % der Investitionskosten für das Wärmedämmverbundsystem, der im Rahmen der Kapitalwertberechnung auf den Investitionszeitpunkt abdiskontiert wird. Die Kosten für die in der Abbildung ebenfalls ausgewiesene „0 cm Dämmdicke“ resultieren aus der reinen Putzsanierung, für die mit einer Lebensdauer von 50 Jahren ebenfalls ein Restwert nach Ende des Betrachtungszeitraums angesetzt wird.
- Die blaue waagerechte Linie resultiert aus den für alle Varianten definitionsgemäß konstanten Kosten für die laufende Instandhaltung des Gebäudes, die gelbe waagerechte Linie aus den von der Dämmdicke unabhängigen sonstigen Betriebskosten (ohne Energie) für das Gebäude.
- Die mit zunehmender Dämmdicke abfallende braune Kurve beschreibt den Barwert der über den Betrachtungszeitraum anfallenden Energiekosten für Heizung & Warmwasser.
- Die obere rote Kurve beschreibt den Barwert der Gesamtkosten für den Betrieb des Gebäudes bei einer Putzsanierung (auf der Abszisse: „0 cm Dämmdicke“) und bei zuwachsender Dämmdicke von 2 cm bis 20 cm. Das Minimum der Kurve liegt bei einem Barwert von $833,2 \text{ €/m}^2_{\text{Wohnfläche}}$. Da hier die Gesamtkosten (Investitionskosten und Energiekosten) über den Betrachtungszeitraum betrachtet werden, stellt dieses Minimum der Kurve den optimalen Barwert dar. Die dazugehörige Dämmdicke beträgt 11,5 cm im Wärmedämmverbundsystem. Unter den gewählten Rahmenbedingungen ist diese Maßnahme somit optimal. Auffällig ist der extrem flache Verlauf der Kurve. Lässt man eine Abweichung vom Kostenminimum von lediglich $\pm 2 \%$ (d. h. $\text{BW} < 849,8 \text{ €/m}^2_{\text{Wohnfläche}}$) zu, so resultieren vertretbare optimale Dämmdicken im Wärmedämmverbundsystem von etwa 3 cm bis deutlich über 20 cm. Werden die gleichen Berechnungen ohne Berücksichtigung des Restwertes durchgeführt, ergibt sich eine optimale Dämmdicken von ca. 10 cm bei einem Barwert von $857,3 \text{ €/m}^2_{\text{Wohnfläche}}$. Bei zulässigen Abweichungen von $\pm 2 \%$ vom Optimum liegen diese ebenfalls zwischen ca. 3 cm bis deutlich über 20 cm.

Abbildung 16: Barwert der Gesamtkosten für die Maßnahme Wärmedämmverbundsystem im unsanierten MFH-Altbau: unter den gewählten Standardbedingungen sind 11,5 cm Dämmung optimal



Quelle: IWU

Nach dem EU-konformen Ansatz sind die Kosten für die energiesparenden Investitionen inkl. aller damit verbundenen Nebenkosten und laufender zusätzlicher Kosten sowie der Energiekosten über den Betrachtungszeitraum entscheidend für zukünftige Mindeststandards. Das Optimum definiert sich aus der Summe der einzelnen Kostenpositionen. Das Ergebnis kann jedoch deutlich über die Definition der Rahmenbedingungen beeinflusst werden. Der Einfluss dieser Rahmenbedingungen wird daher im Folgenden über eine Parameterstudie am Beispiel der Außenwand im MFH-Modellgebäude systematisch untersucht.

Einfluss der Parameter auf die Gesamtkosten

Wie in Abbildung 16 dargestellt, beträgt das Kostenoptimum (d. h. die minimalen Gesamtkosten) nach EU-konformen Ansatz und unter den Rahmenbedingungen nach Tabelle 16 (im Anhang) für die Dämmung der Außenwand $833,2 \text{ €}/\text{m}^2_{\text{Wohnfläche}}$ bei einer Dämmdicke von 11,5 cm.

Abbildung 17 zeigt den Einfluss verschiedener Parameter auf die Gesamtkosten. Die roten Punkte beschreiben jeweils das Kostenoptimum von $833,2 \text{ €}/\text{m}^2_{\text{Wohnfläche}}$ bei 11,5 cm Dämmdicke unter Standard-Rahmenbedingungen nach Tabelle 16 im Anhang A. Die in der Abbildung aufgetragenen Parameter sind in einzelnen Schritten um jeweils maximal 20 % gegenüber den Standardansätzen variiert. Die Abbildung zeigt als schwarze Punkte die unter diesen modifizierten Standardannahmen berechneten Barwerte, die je nach Einfluss des Parameters zum Teil deutlich vom Kostenoptimum abweichen.

- Betrachtungszeitraum**

Methodisch bedingt muss der Betrachtungszeitraum einen großen Einfluss auf den Barwert haben, wobei sich die Verlängerung des Betrachtungszeitraums absolut weniger auf den Barwert auswirkt als eine Verkürzung.

- **Kalkulationszins, aktueller Energiepreis**

Einen großen Einfluss auf den berechneten Barwert haben auch der Kalkulationszinssatz und der angesetzte aktuelle Energiepreis. Während der Kalkulationszinssatz keinen größeren kurzfristigen Schwankungen unterliegen sollte, ist der aktuelle Energiepreis stark volatil.

- **Teuerungsrate Energie / Investitionsvollkosten / berechnete Einsparung Endenergie**

Dem gegenüber haben die Teuerungsrate Energie, die berechnete Einsparung an Endenergie sowie die Investitionsvollkosten einen deutlich geringeren Einfluss auf den Barwert, wobei in den abgebildeten Investitionskosten auch die Barwerte möglicher Ersatzinvestitionen bzw. Restwerte berücksichtigt sind.

- **Entsorgungskosten / Lebensdauer Bauteil**

Praktisch keinen Einfluss auf den Barwert hat der Parameter Entsorgungskosten. Auch die Lebensdauer des Bauteils beeinflusst das Ergebnis nur unwesentlich, sofern der Restwert des Bauteils bei den Berechnungen berücksichtigt wird.

- **energietechnische Qualität des Gebäudes**

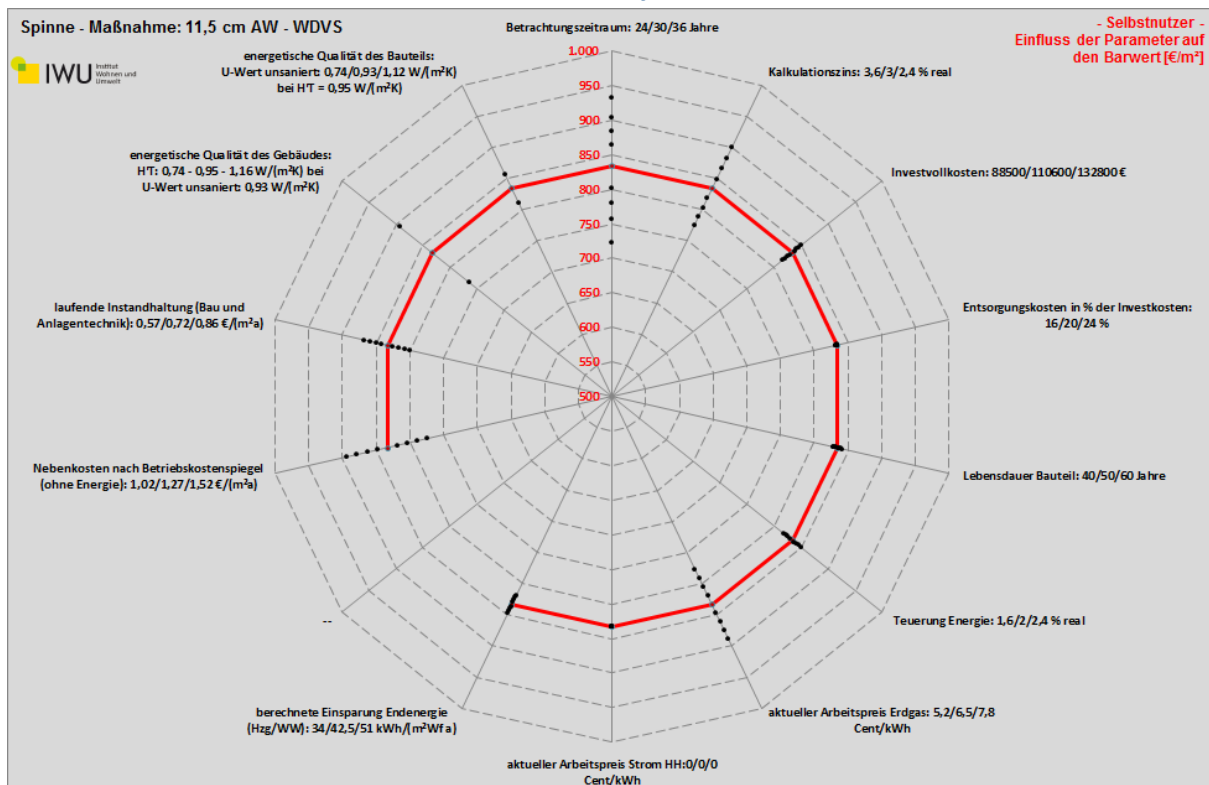
Wie Abbildung 17 zeigt, ist ein wesentlicher Parameter die energietechnische Qualität des Gebäudes. Werden die spezifischen Transmissionswärmeverluste $H'T$ nach EnEV von $0,93 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ durch die Dämmung der obersten Geschossdecke, des Kellers und neue Fenster mit 2-Scheiben-wärmeschutzverglasungen um 20 % verringert, so wird der Barwert über den reduzierten Endenergiebedarf um ca. 70 €/m^2 verringert. Damit wirkt sich der energietechnische Standard ähnlich stark auf das Ergebnis aus wie der Kalkulationszins und der aktuelle Energiepreis.

- **U-Wert der Außenwand im unsanierten Zustand**

Zudem wurde auch der Einfluss der energetischen Qualität der Außenwand im unsanierten Zustand auf den Barwert untersucht. Dazu wurde angenommen, dass die Außenwand im unsanierten einen U-Wert von $0,74 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ bzw. $1,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ entsprechend 80 % bzw. 120 % der Außenwand im Modellgebäude hat. Gleichzeitig wurde die energetische Qualität der weiteren Bauteile so angepasst, dass die spezifischen Transmissionswärmeverluste dieser modifizierten Modellgebäude mit $H'T = 0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ unverändert blieben.

Weitestgehend unabhängig vom U-Wert der ungedämmten Wand wird nach Modernisierung mit dem 11,5 cm WDVS ein ähnlich niedriger U-Wert der Außenwand von ca. $0,23 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ erreicht. Da jedoch die U-Werte der restlichen Bauteile so angepasst wurden, dass $H'T$ vor der Modernisierung mit $0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ unverändert blieb, sind die U-Werte der restlichen Bauteile bei der Variante mit $U_{\text{Wand}} = 0,74 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ schlechter im Vergleich zur Variante mit $U_{\text{Wand}} = 1,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Damit resultiert für das Gebäude mit der energietechnisch besseren Außenwand ($U_{\text{Wand}} = 0,74 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) in dem ansonsten energietechnisch besseren Gebäude ein höherer Barwert über den Betrachtungszeitraum.

Abbildung 17: Einfluss verschiedener Parameter auf den Barwert (Vollkostenansatz nach EU-Methode), Maßnahme: 14 cm Wärmedämmverbundsystem im unsanierten Altbau



Quelle: IWU

Einfluss der Parameter auf die optimale Dämmdicke

Abbildung 18 zeigt den Einfluss verschiedener Parameter auf die optimale Dämmdicke für die nachträgliche Dämmung der Außenwand im Modellgebäude. Die roten Punkte beschreiben die optimale Dämmdicke von 11,5 cm unter den gewählten Standardannahmen.

Die in der Abbildung aufgetragenen Parameter sind in einzelnen Schritten um jeweils maximal 20 % gegenüber den Standardansätzen nach Tabelle 16 (im Anhang) variiert. Die Abbildung zeigt als schwarze Punkte die unter diesen modifizierten Standardannahmen berechneten optimalen Dämmdicken in Schritten von 0,5 cm.

- **Betrachtungszeitraum, aktueller Arbeitspreis, berechnete Einsparung Endenergie**

Die Parameter Betrachtungszeitraum, aktueller Arbeitspreis und die berechnete Einsparung Endenergie beeinflussen wesentlich die resultierende optimale Dämmdicke. Diese liegt bei Variation der Parameter zwischen 10 und 13 cm Dämmung.

- **Investitionsvollkosten**

Einen ähnlichen Einfluss haben die Investitionskosten (inkl. möglicher Ersatzinvestitionen und Restwerte), wobei die optimale Dämmdicke zwischen 10,5 und 13,5 cm schwankt. Dieser Bereich liegt nicht spiegelsymmetrisch um die optimale Dämmdicke unter Standardbedingungen: Entsprechend der Kostenfunktion resultieren niedrige Kosten bei der Variation der Parameter auch aus einem niedrigeren Kostenanstieg je cm Dämmstoffdicke. D. h., die zuwachsenden Kosten je cm Dämmstoff sind geringer. Damit verschiebt sich die optimale Dämmdicke zu größeren Werten. Beim Ansatz höherer Kosten steigen die Kosten je cm Dämmdicke stärker, die optimale Dämmdicke wird hin zu kleineren Werten verschoben. Allerdings wirken die bei kleineren Dämmdicken überproportional zunehmenden Energiekosten (durch die höheren Trans-

missionswärmeverluste der Außenwand) der Verschiebung hin zu kleineren optimalen Dämmdicken entgegen. Dieser Effekt führt zu der nicht spiegelsymmetrischen Verteilung.

- **Lebensdauer Bauteil, Kalkulationszins**

Bei Variation des Kalkulationszinssatzes um +/- 20 % liegen die optimalen Dämmdicken zwischen 11,0 und 12,5 cm. Über die Berücksichtigung von Restwerten hat auch die Lebensdauer des Bauteils einen relevanten Einfluss auf die optimale Dämmdicke, die für 40 Jahre bei 11,0 cm und für 60 Jahren bei 12,5 cm liegt.

- **Teuerungsrate Energie**

Die Variation der Teuerungsrate Energie innerhalb der gewählten Bandbreite hat in diesem Beispiel nur einen vergleichsweise geringen Einfluss auf die optimale Dämmdicke. In Beispielen mit abweichenden Rahmenbedingungen (anderes Modellgebäude, geringere Preissteigerungsrate in der Ausgangssituation, geringerer aktueller Energiepreis) kann der Einfluss der Preissteigerungsrate Energie auf die optimale Dämmdicke größer sein (Enseling/Hinz/Loga 2011: 19).

- **Entsorgungskosten**

Die Variation der Entsorgungskosten innerhalb der gewählten Bandbreite hat nur einen geringen Einfluss auf die optimale Dämmdicke.

- **Nebenkosten Betriebskostenspiegel / laufende Instandhaltung**

Diese beiden Parameter haben systematisch keinen Einfluss auf die optimale Dämmdicke.

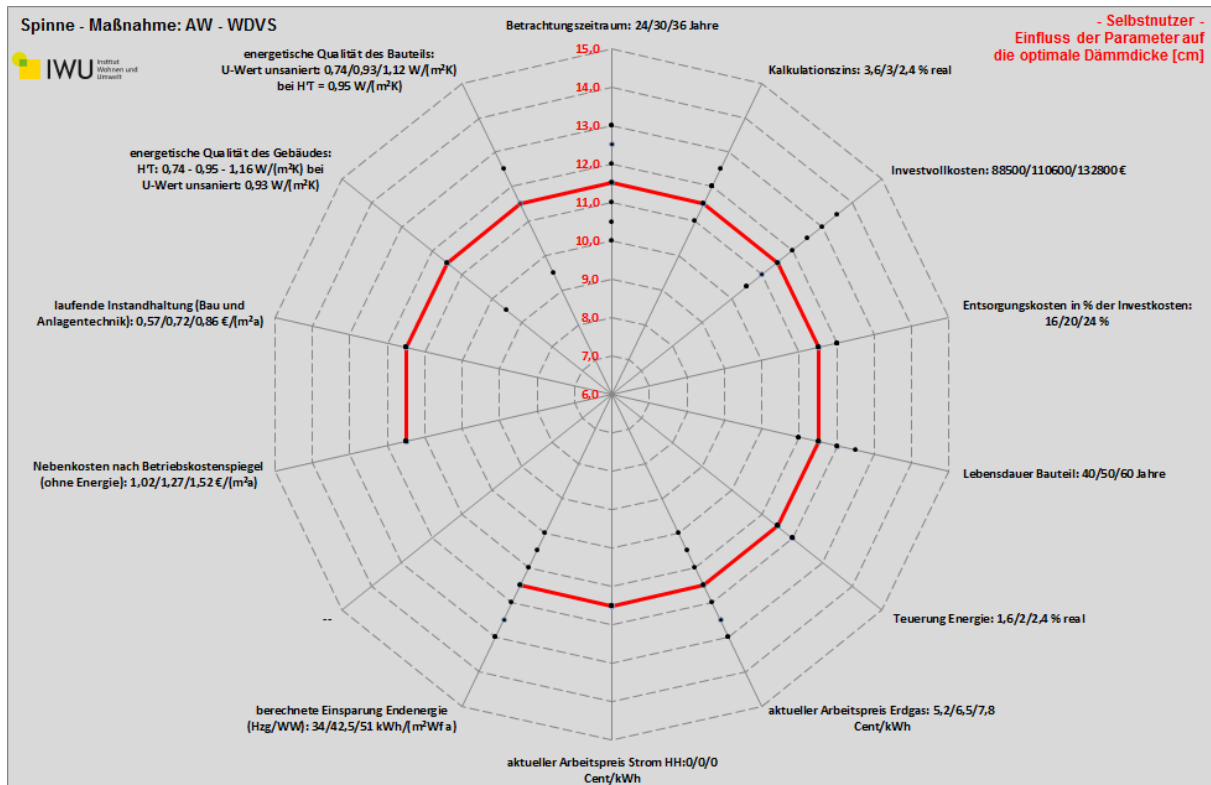
- **energietechnische Qualität des Gebäudes**

Das Ergebnis der Parametervariation für die energietechnische Qualität der Gebäudehülle erscheint widersprüchlich und ist schwer zu interpretieren. Tatsächlich sind dabei zwei gegenläufige Effekte zu berücksichtigen: eine verbesserte energietechnische Qualität der Gebäudehülle verkürzt die Heizperiode durch eine höhere Heizgrenztemperatur. Damit wird die mögliche Endenergieeinsparung infolge einer nachträglichen Dämmung der Außenwand reduziert, woraus eine kleinere optimale Dämmdicke resultiert. Gleichzeitig steigt aber auch die mittlere Raumtemperatur über die Heizperiode im Gebäude an mit dem Effekt, dass eine nachträgliche Dämmung der Außenwand effektiver und die optimale Dämmdicke größer wird. Beide Effekte werden in den Energiebilanzberechnungen abgebildet, sind je nach Rahmenbedingungen unterschiedlich ausgeprägt und gegenläufig. Dies kann im Ergebnis dazu führen, dass die Variation der energietechnischen Qualität der Gebäudehülle um $\pm 20\%$ zu einer geringeren bzw. gleichen optimalen Dämmdicke führt.

- **U-Wert der Außenwand im unsanierten Zustand**

Die Variation des Parameters der energetischen Qualität der Außenwand im unsanierten Zustand um $\pm 20\%$ hat mit optimalen Dämmdicken zwischen 9,5 cm und 12,5 cm einen hohen Einfluss auf das Ergebnis. Dabei führt der um 20 % niedrigere U-Wert der Außenwand zu einer größeren Reduzierung der optimalen Dämmdicke als der um 20 % vergrößerte U-Wert der Außenwand zu einer größeren optimalen Dämmdicke. Der Grund liegt in dem im Vergleich größeren Energieeinsparpotenzial, das über die nachträgliche Dämmung der schlechteren Außenwand erschlossen werden kann.

Abbildung 18: Einfluss verschiedener Parameter auf die optimalen Dämmdicke (Vollkostenansatz nach EU-Methode), Maßnahme: Wärmedämmverbundsystem im unsanierten Altbau



Quelle: IWU

Fazit

Während der Einfluss des Diskontsatzes und der zukünftigen Energiepreissteigerung auf den Barwert der Gesamtkosten hoch ist, ist der Einfluss dieser beiden Parameter auf die optimale Dämmdicke zwar merklich, im Vergleich zu anderen Parametern aber geringer. Nach den Ergebnissen der Parametersimulation gibt es in diesem Beispiel fünf die optimale Dämmdicke noch stärker beeinflussende Parameter: den Betrachtungszeitraum, die Investitionskosten (unter Berücksichtigung von Restwerten), den aktuellen Arbeitspreis Endenergie, die berechnete Endenergieeinsparung sowie den energietechnische Zustand des Bauteils vor der Modernisierung.

Anhang B - Zahlungsflüsse Lebenszykluskostenrechnung

Die grundlegende Idee der Tabelle 17 in diesem Anhang ist es, wesentliche Kostenarten bzw. Zahlungsflüsse zu benennen, zu gliedern und kenntlich zu machen, in welchen Normen, Richtlinien, Verordnungen oder Bewertungssystemen diese berücksichtigt werden bzw. inhaltliche Bezüge erkennbar sind. Es werden hier betrachtet:

- die Baukosten nach DIN 277,
- die Nutzungskosten nach DIN 18960,
- externe Kosten,
- diverse nicht gebäudebezogene Kosten,
- Mietausfallwagnis in der Wohnungswirtschaft.

Die in Deutschland zur Zeit in der Nachhaltigkeitszertifizierung festgelegte Vorgehensweise zur Berechnung der gebäudebezogenen Kosten im Lebenszyklus umfasst ausgewählte Kostengruppen der Baukosten und der Nutzungskosten. Bei den Baukosten sind dies die Kosten für das Bauwerk und die Technischen Anlagen. Die betrachteten Nutzungskosten umfassen die Kosten für Energie, Wasser und Abwasser, Reinigung, sowie die Instandhaltung der Baukonstruktionen und der Technischen Anlagen. Andere Vorschläge und Vorgehensweisen gehen im Umfang darüber hinaus. Diese Unterschiede werden aus der Tabelle ersichtlich. Wenn zudem weitere Zahlungsflüsse im Sinne von Einnahmen berücksichtigt werden, spricht man auch von einer Lebenszykluskostenrechnung im weiteren Sinne. Mögliche Einzahlungen können u.a. erfolgen aus:

- Vermietung und Verpachtung,
- Lieferung von Energie an Dritte,
- Restwert- und Recyclingerlöse,
- Vermietung von Dach- und Außenwandflächen (z.B. für Mobilfunk- und Werbeanlagen).

Ein inhaltlicher Zusammenhang wird, soweit ausreichende Information vorliegen, u.a. hergestellt zu wohnungswirtschaftlichen Verordnungen, Richtlinien der GEFMA und des VDI, zur deutschen, österreichischen und schweizerischen Normung sowie zur internationalen Normung. Die betrachteten Systeme zur Nachhaltigkeitszertifizierung in Deutschland, wie BNB, DGNB, Kleinhausbau und NaWoh, weichen in den Bewertungsumfängen teilweise voneinander ab. U.a. ist dies auf die Berücksichtigung der Besonderheiten verschiedener Nutzungsarten zurückzuführen.

Zahlungsflüsse im Lebenszyklus eines Bauwerks		inhaltlicher Bezug und Zuordnung																						
		LZK i.e.S. nach GEFMA 220	LZK i.w.S. nach GEFMA 220 (LZE)	VDI 2067	DIN EN 15459	SN 506 501	SN 506 511	ÖNORM B 1801-1	ÖNORM B 1801-2	ISO 15686-5 (LCC)	ISO 15686-5 (WLC)	EU-Global Cost	Total Cost of Ownership	II. BV	BetrKov	DIN 31051	BNB vereinfachtes Verfahren	BNB ausführliches Verfahren	NaWoh vereinfachtes Verfahren	NaWoh ausführliches Verfahren	Bewertungssystem Kleinhäusbau	DGNB Geschäftshäuser Neubau	DGNB Wohngebäude Neubau	
Bauphase - Kosten (Auszahlungen)																								
KG Kosten im Bauwesen nach DIN 276-1:2008																								
100	Grundstück	x	x											x	x									
110	Grundstückswert	x	x					x																
120	Grundstücksnebenkosten	x	x																					
121	Vermessungsgebühren	x	x																					
122	Gerichtsgebühren	x	x																					
123	Notariatsgebühren	x	x																					
124	Maklerprovision	x	x																					
125	Grunderwerbssteuer	x	x																					
126	Wertermittlung, Untersuchungen	x	x																					
127	Genehmigungsgebühren	x	x																					
128	Bodenordnung, Grenzregulierung	x	x																					
129	Grundstücksnebenkosten, sonstiges	x	x																					
130	Freimachen	x	x																					
131	Abfindungen	x	x																					
132	Ablösen dringlicher Rechte	x	x																					
139	Freimachen, sonstiges	x	x																					
200	Herrichten und Erschließen	x	x											x	x									
210	Herrichten	x	x																					
211	Sicherungsmaßnahmen	x	x																					
212	Abbruchmaßnahmen	x	x																					
213	Altlastenbeseitigung	x	x																					
214	Herrichten der Geländeoberfläche	x	x																					
219	Herrichten, sonstiges	x	x																					
220	Öffentliche Erschließung	x	x																					
221	Abwasserentsorgung	x	x																					
222	Wasserversorgung	x	x																					
223	Gasversorgung	x	x																					
224	Fernwärmeversorgung	x	x																					
225	Stromversorgung	x	x																					
226	Telekommunikation	x	x																					
227	Verkehrerschließung	x	x																					
228	Abfallentsorgung	x	x																					
229	Öffentliche Erschließung, sonstiges	x	x																					
230	Nichtöffentliche Erschließung	x	x																					
240	Ausgleichsabgaben	x	x																					
250	Übergangsmaßnahmen	x	x																					
251	Provisorien	x	x																					
252	Auslagerungen	x	x																					
300	Bauwerk - Baukonstruktionen	x	x											x	x	x								
310	Baugrube	x	x																					
311	Baugrubenherstellung	x	x																					
312	Baugrubenumschließung	x	x																					
313	Wasserhaltung	x	x																					
319	Baugrube, sonstiges	x	x																					
320	Gründung	x	x		(x)																			
321	Baugrundverbesserung	x	x																					
322	Flachgründungen	x	x																					
323	Tiefgründungen	x	x																					
324	Unterböden und Bodenplatten	x	x																					
325	Bodenbeläge	x	x																					
326	Bauwerksabdichtungen	x	x			x																		
327	Dränagen	x	x																					
329	Gründung, sonstiges	x	x																					
330	Außenwände	x	x			x																		
331	Tragende Außenwände	x	x			x																		
332	Nichttragende Außenwände	x	x			x																		
333	Außenstützen	x	x			x																		
334	Außentüren und -fenster	x	x			x																		
335	Außenwandbekleidungen, außen	x	x			x																		
336	Außenwandbekleidungen, innen	x	x			x																		
337	Elementierte Außenwände	x	x			x																		
338	Sonnenschutz	x	x			x																		
339	Außenwände, sonstiges	x	x			x																		
340	Innenwände	x	x																					
341	Tragende Innenwände	x	x																					
342	Nichttragende Innenwände	x	x																					
343	Innenstützen	x	x																					
344	Innentüren und -fenster	x	x																					
345	Innenwandbekleidungen	x	x																					

Zahlungsflüsse im Lebenszyklus eines Bauwerks		inhaltlicher Bezug und Zuordnung																						
		LZK i.e.S. nach GEFMA 220	LZK i.w.S. nach GEFMA 220 (LZE)	VDI 2067	DIN EN 15459	SN 506 501	SN 506 511	ÖNORM B 1801-1	ÖNORM B 1801-2	ISO 15686-5 (LCC)	ISO 15686-5 (WLC)	EU-Global Cost	Total Cost of Ownership	II. BV	BetrKov	DIN 31051	BNB vereinfachtes Verfahren	BNB ausführliches Verfahren	NaWoh vereinfachtes Verfahren	NaWoh ausführliches Verfahren	Bewertungssystem Kleinhausbau	DGNB Geschäftshäuser Neubau	DGNB Wohngebäude Neubau	
346	Elementierte Innenwände	x	x						x	x							x	x	x	x	x	x	x	x
349	Innenwände, sonstiges	x	x						x	x							x	x	x	x	x	x	x	x
350	Decken	x	x						x	x							x	x	x	x	x	x	x	x
351	Deckenkonstruktionen	x	x						x	x							x	x	x	x	x	x	x	x
352	Deckenbeläge	x	x						x	x							x	x	x	x	x	x	x	x
353	Deckenbekleidungen	x	x						x	x							x	x	x	x	x	x	x	x
359	Decken, sonstiges	x	x						x	x							x	x	x	x	x	x	x	x
360	Dächer	x	x	x					x	x							x	x	x	x	x	x	x	x
361	Dachkonstruktionen	x	x	x					x	x							x	x	x	x	x	x	x	x
362	Dachfenster, Dachöffnungen	x	x	x					x	x							x	x	x	x	x	x	x	x
363	Dachbeläge	x	x	x					x	x							x	x	x	x	x	x	x	x
364	Dachbekleidungen	x	x	x					x	x							x	x	x	x	x	x	x	x
369	Dächer, sonstiges	x	x	x					x	x							x	x	x	x	x	x	x	x
370	Baukonstruktive Einbauten	x	x						x	x							x	x	x	x	x	x	x	x
371	Allgemeine Einbauten	x	x						x	x							x	x	x	x	x	x	x	x
372	Besondere Einbauten	x	x						x	x							x	x	x	x	x	x	x	x
379	Baukonstruktive Einbauten,sonstiges	x	x						x	x							x	x	x	x	x	x	x	x
390	Sonstige Maßnahmen für Baukonstruktionen	x	x						x	x							x	x	x	x	x	x	x	x
391	Baustelleneinrichtung	x	x						x	x							x	x	x	x	x	x	x	x
392	Gerüste	x	x						x	x							x	x	x	x	x	x	x	x
393	Sicherungsmaßnahmen	x	x						x	x							x	x	x	x	x	x	x	x
394	Abbruchmaßnahmen	x	x						x	x							x	x	x	x	x	x	x	x
395	Instandsetzungen	x	x						x	x							x	x	x	x	x	x	x	x
396	Materialentsorgung	x	x						x	x							x	x	x	x	x	x	x	x
397	Zusätzliche Maßnahmen	x	x						x	x							x	x	x	x	x	x	x	x
398	Provisorische Baukonstruktionen	x	x						x	x							x	x	x	x	x	x	x	x
399	Sonstige Maßnahmen für Baukonstruktionen, sonstiges	x	x						x	x							x	x	x	x	x	x	x	x
400	Bauwerk — Technische Anlagen	x	x	x	(x)			x	x	x	x	x				(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)
410	Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen	x	x	x	x				x	x						(x)	x	(x)	x	x	x	x	x	
411	Abwasseranlagen	x	x	x	x				x	x						(x)	x	(x)	x	x	x	x	x	
412	Wasseranlagen	x	x	x	x				x	x						(x)	x	(x)	x	x	x	x	x	
413	Gasanlagen	x	x	x	x				x	x						(x)	x	(x)	x	x	x	x	x	
419	Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen, sonstiges	x	x	x	x				x	x						(x)	x	(x)	x	x	x	x	x	
420	Wärmeversorgungsanlagen	x	x	x	x				x	x						(x)	x	(x)	x	x	x	x	x	
421	Wärmeerzeugungsanlagen	x	x	x	x				x	x						(x)	x	(x)	x	x	x	x	x	
422	Wärmeverteilstetze	x	x	x	x				x	x						(x)	x	(x)	x	x	x	x	x	
423	Raumheizflächen	x	x	x	x				x	x						(x)	x	(x)	x	x	x	x	x	
429	Wärmeversorgungsanlagen,sonstiges	x	x	x	x				x	x						(x)	x	(x)	x	x	x	x	x	
430	Lufotechnische Anlagen	x	x	x	x				x	x						(x)	x	(x)	x	x	x	x	x	
431	Lüftungsanlagen	x	x	x	x				x	x						(x)	x	(x)	x	x	x	x	x	
432	Teilklimaanlagen	x	x	x	x				x	x						(x)	x	(x)	x	x	x	x	x	
433	Klimaanlagen	x	x	x	x				x	x						(x)	x	(x)	x	x	x	x	x	
434	Kälteanlagen	x	x	x	x				x	x						(x)	x	(x)	x	x	x	x	x	
439	Lufotechnische Anlagen,sonstiges	x	x	x	x				x	x						(x)	x	(x)	x	x	x	x	x	
440	Starkstromanlagen	x	x	x	x				x	x						(x)	x	(x)	x	x	x	x	x	
441	Hoch- und Mittelspannungsanlagen	x	x	x	x				x	x						(x)	x	(x)	x	x	x	x	x	
442	Eigenstromversorgungsanlagen	x	x	x	x				x	x						(x)	x	(x)	x	x	x	x	x	
443	Niederspannungsschaltanlagen	x	x	x	x				x	x						(x)	x	(x)	x	x	x	x	x	
444	Niederspannungsinstallationsanlagen	x	x	x	x				x	x						(x)	x	(x)	x	x	x	x	x	
445	Beleuchtungsanlagen	x	x	x	x				x	x						(x)	x	(x)	x	x	x	x	x	
446	Blitzschutz- und Erdungsanlagen	x	x	x	x				x	x						(x)	x	(x)	x	x	x	x	x	
449	Starkstromanlagen, sonstiges	x	x	x	x				x	x						(x)	x	(x)	x	x	x	x	x	
450	Fernmelde- und informationstechnische Anlagen	x	x	x	x				x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	
451	Telekommunikationsanlagen	x	x	x	x				x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	
452	Such- und Signalanlagen	x	x	x	x				x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	
453	Zeitdienstanlagen	x	x	x	x				x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	
454	Elektroakustische Anlagen	x	x	x	x				x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	
455	Fernseh- und Antennenanlagen	x	x	x	x				x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	
456	Gefahrenmelde- und Alarmanlagen	x	x	x	x				x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	
457	Übertragungsnetze	x	x	x	x				x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	
459	Fernmelde- und informationstechnische Anlagen, sonstiges	x	x	x	x				x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	
460	Förderanlagen	x	x	x					x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	
461	Aufzugsanlagen	x	x	x					x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	
462	Fahrtreppen, Fahrsteige	x	x	x					x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	
463	Befahranlagen	x	x	x					x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	
464	Transportanlagen	x	x	x					x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	
465	Krananlagen	x	x	x					x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	
469	Förderanlagen, sonstiges	x	x	x					x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	
470	Nutzungsspezifische Anlagen	x	x						x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	
471	Küchentechnische Anlagen	x	x						x	x														
472	Wäscherei- und Reinigungsanlagen	x	x						x	x														

Zahlungsflüsse im Lebenszyklus eines Bauwerks		inhaltlicher Bezug und Zuordnung																						
		LZK i.e.S. nach GEFMA 220	LZK i.w.S. nach GEFMA 220 (LZE)	VDI 2067	DIN EN 15459	SN 506 501	SN 506 511	ÖNORM B 1801-1	ÖNORM B 1801-2	ISO 15686-5 (LCC)	ISO 15686-5 (WLC)	EU-Global Cost	Total Cost of Ownership	II. BV	BetrKov	DIN 31051	BNB vereinfachtes Verfahren	BNB ausführliches Verfahren	NaWoh vereinfachtes Verfahren	NaWoh ausführliches Verfahren	Bewertungssystem Kleinhäusbau	DGNB Geschäftshäuser Neubau	DGNB Wohngebäude Neubau	
473	Medienversorgungsanlagen	x	x						x	x														
474	Medizin- und labortechnische Anlagen	x	x						x	x														
475	Feuerlöschanlagen	x	x						x	x														
476	Badetechnische Anlagen	x	x						x	x														
477	Prozesswärme-, kälte- und -luftanlagen	x	x						x	x														
478	Entsorgungsanlagen	x	x						x	x														
479	Nutzungsspezifische Anlagen, sonstiges	x	x						x	x														
480	Gebäudeautomation	x	x	x	x				x	x							x	x	x	x			x	
481	Automationssysteme	x	x	x	x				x	x							x	x	x	x			x	
482	Schaltzchränke	x	x	x	x				x	x							x	x	x	x			x	
483	Management- und Bedieneinrichtungen	x	x	x	x				x	x							x	x	x	x			x	
484	Raumautomationssysteme	x	x	x	x				x	x							x	x	x	x			x	
485	Übertragungsnetze	x	x	x	x				x	x							x	x	x	x			x	
489	Gebäudeautomation, sonstiges	x	x	x	x				x	x							x	x	x	x			x	
490	Sonstige Maßnahmen für technische Anlagen	x	x	x	x				x	x													x	
491	Baustelleneinrichtung	x	x	x	x				x	x													x	
492	Gerüste	x	x	x	x				x	x													x	
493	Sicherungsmaßnahmen	x	x	x	x				x	x													x	
494	Abbruchmaßnahmen	x	x	x	x				x	x													x	
495	Instandsetzungen	x	x	x	x				x	x													x	
496	Materialentsorgung	x	x	x	x				x	x													x	
497	Zusätzliche Maßnahmen	x	x	x	x				x	x													x	
498	Provisorische technische Anlagen	x	x	x	x				x	x													x	
499	Sonstige Maßnahmen für technische Anlagen, sonstiges	x	x	x	x				x	x													x	
500	Außenanlagen	x	x					x	x	x			x	x										
510	Geländeflächen	x	x						x	x														
511	Oberbodenarbeiten	x	x						x	x														
512	Bodenarbeiten	x	x						x	x														
519	Geländeflächen, sonstiges	x	x						x	x														
520	Befestigte Flächen	x	x						x	x														
521	Wege	x	x						x	x														
522	Straßen	x	x						x	x														
523	Plätze, Höfe	x	x						x	x														
524	Stellplätze	x	x						x	x														
525	Sportplatzflächen	x	x						x	x														
526	Spielplatzflächen	x	x						x	x														
527	Gleisanlagen	x	x						x	x														
529	Befestigte Flächen, sonstiges	x	x						x	x														
530	Baukonstruktionen in Außenanlagen	x	x						x	x														
531	Einfriedungen	x	x						x	x														
532	Schutzkonstruktionen	x	x						x	x														
533	Mauern, Wände	x	x						x	x														
534	Rampen, Treppen, Tribünen	x	x						x	x														
535	Überdachungen	x	x						x	x														
536	Brücken, Stege	x	x						x	x														
537	Kanal- und Schachtbauanlagen	x	x						x	x														
538	Wasserbauliche Anlagen	x	x						x	x														
539	Baukonstruktionen in Außenanlagen, sonstiges	x	x						x	x														
540	Technische Anlagen in Außenanlagen	x	x						x	x														
541	Abwasseranlagen	x	x						x	x														
542	Wasseranlagen	x	x						x	x														
543	Gasanlagen	x	x						x	x														
544	Wärmeversorgungsanlagen	x	x						x	x														
545	Lufttechnische Anlagen	x	x						x	x														
546	Starkstromanlagen	x	x						x	x														
547	Fernmelde- und informationstechnische Anlagen	x	x						x	x														
548	Nutzungsspezifische Anlagen	x	x						x	x														
549	Technische Anlagen in Außenanlagen, sonstiges	x	x						x	x														
550	Einbauten in Außenanlagen	x	x						x	x														
551	Allgemeine Einbauten	x	x						x	x														
552	Besondere Einbauten	x	x						x	x														
559	Einbauten in Außenanlagen, sonstiges	x	x						x	x														
560	Wasserflächen	x	x						x	x														
561	Abdichtungen	x	x						x	x														
562	Bepflanzungen	x	x						x	x														
569	Wasserflächen, sonstiges	x	x						x	x														
570	Pflanz- und Saatflächen	x	x						x	x														
571	Oberbodenarbeiten	x	x						x	x														
572	Vegetationstechnische Bodenbearbeitung	x	x						x	x														
573	Sicherungsbauweisen	x	x						x	x														
574	Pflanzen	x	x						x	x														

Zahlungsflüsse im Lebenszyklus eines Bauwerks		inhaltlicher Bezug und Zuordnung																						
		LZK i.e.S. nach GEFMA 220	LZK i.w.S. nach GEFMA 220 (LZE)	VDI 2067	DIN EN 15459	SN 506 501	SN 506 511	ÖNORM B 1801-1	ÖNORM B 1801-2	ISO 15686-5 (LCC)	ISO 15686-5 (WLC)	EU-Global Cost	Total Cost of Ownership	II. BV	BetrKov	DIN 31051	BNB vereinfachtes Verfahren	BNB ausführliches Verfahren	NaWoh vereinfachtes Verfahren	NaWoh ausführliches Verfahren	Bewertungssystem Kleinhäusbau	DGNB Geschäftshäuser Neubau	DGNB Wohngebäude Neubau	
575	Rasen und Ansaaten	x	x						x	x														
576	Begrünung unterbauter Flächen	x	x						x	x														
579	Pflanz- und Saatflächen, sonstiges	x	x						x	x														
590	Sonstige Außenanlagen	x	x						x	x														
591	Baustelleneinrichtung	x	x						x	x														
592	Gerüste	x	x						x	x														
593	Sicherungsmaßnahmen	x	x						x	x														
594	Abbruchmaßnahmen	x	x						x	x														
595	Instandsetzungen	x	x						x	x														
596	Materialentsorgung	x	x						x	x														
597	Zusätzliche Maßnahmen	x	x						x	x														
598	Provisorische Außenanlagen	x	x						x	x														
599	Sonstige Maßnahmen für Außenanlagen, sonstiges	x	x						x	x														
600	Ausstattung und Kunstwerke	x	x					x	x	x		x												
610	Ausstattung	x	x						x	x														
611	Allgemeine Ausstattung	x	x						x	x														
612	Besondere Ausstattung	x	x						x	x														
619	Ausstattung, sonstiges	x	x						x	x														
620	Kunstwerke	x	x						x	x														
621	Kunstobjekte	x	x						x	x														
622	Künstlerisch gestaltete Bauteile des Bauwerks	x	x						x	x														
623	Künstlerisch gestaltete Bauteile der Außenanlagen	x	x						x	x														
629	Kunstwerke, sonstiges	x	x						x	x														
700	Baunebenkosten	x	x					x	x	x		x	x											
710	Bauherrenaufgaben	x	x						x	x														
711	Projektleitung	x	x						x	x														
712	Bedarfsplanung	x	x						x	x														
713	Projektsteuerung	x	x						x	x														
719	Bauherrenaufgaben, sonstiges	x	x						x	x														
720	Vorbereitung der Objektplanung	x	x						x	x														
721	Untersuchungen	x	x						x	x														
722	Wertermittlungen	x	x						x	x														
723	Städtebauliche Leistungen	x	x						x	x														
724	Landschaftsplanerische Leistungen	x	x						x	x														
725	Wettbewerbe	x	x						x	x														
729	Vorbereitung der Objektplanung, sonstiges	x	x						x	x														
730	Architekten- und Ingenieurleistungen	x	x						x	x														
731	Gebäudeplanung	x	x						x	x														
732	Freianlagenplanung	x	x						x	x														
733	Planung der raumbildenden Ausbauten	x	x						x	x														
734	Planung der Ingenieurbauwerke und Verkehrsanlagen	x	x						x	x														
735	Tragwerksplanung	x	x						x	x														
736	Planung der technischen Ausrüstung	x	x						x	x														
739	Architekten- und Ingenieurleistungen, sonstiges	x	x						x	x														
740	Gutachten und Beratung	x	x						x	x														
741	Thermische Bauphysik	x	x						x	x														
742	Schallschutz und Raumakustik	x	x						x	x														
743	Bodenmechanik, Erd- und Grundbau	x	x						x	x														
744	Vermessung	x	x						x	x														
745	Lichttechnik, Tageslichttechnik	x	x						x	x														
746	Brandschutz	x	x						x	x														
747	Sicherheits- und Gesundheitsschutz	x	x						x	x														
748	Umweltschutz, Altlasten	x	x						x	x														
749	Gutachten und Beratung, sonstiges	x	x						x	x														
750	Künstlerische Leistungen	x	x						x	x														
751	Kunstwettbewerbe	x	x						x	x														
752	Honorare	x	x						x	x														
759	Künstlerische Leistungen, sonstiges	x	x						x	x														
760	Finanzierungskosten	x	x						x	x														
761	Finanzierungsbeschaffung	x	x						x	x														
762	Fremdkapitalzinsen	x	x						x	x														
763	Eigenkapitalzinsen	x	x						x	x														
769	Finanzierungskosten, sonstiges	x	x						x	x														
770	Allgemeine Baunebenkosten	x	x						x	x														
771	Prüfung, Genehmigungen, Abnahmen	x	x						x	x														
772	Bewirtschaftungskosten	x	x						x	x														
773	Bemusterungskosten	x	x						x	x														
774	Betriebskosten nach der Abnahme	x	x						x	x														
775	Versicherungen	x	x						x	x														
779	Allgemeine Baunebenkosten, sonstiges	x	x						x	x														
790	Sonstige Baunebenkosten	x	x						x	x														

Zahlungsflüsse im Lebenszyklus eines Bauwerks		inhaltlicher Bezug und Zuordnung																							
		LZK i.e.S. nach GEFMA 220	LZK i.w.S. nach GEFMA 220 (LZE)	VDI 2067	DIN EN 15459	SN 506 501	SN 506 511	ÖNORM B 1801-1	ÖNORM B 1801-2	ISO 15686-5 (LCC)	ISO 15686-5 (WLC)	EU-Global Cost	Total Cost of Ownership	II. BV	BetrKov	DIN 31051	BNB vereinfachtes Verfahren	BNB ausführliches Verfahren	NaWoh vereinfachtes Verfahren	NaWoh ausführliches Verfahren	Bewertungssystem Kleinhäusbau	DGNB Geschäftshäuser Neubau	DGNB Wohngebäude Neubau		
Nutzungsphase - Kosten (Auszahlungen)																									
KG Nutzungskosten im Hochbau nach DIN 18960:2008																									
100 Kapitalkosten		x	x			x			x				x	x											
110 Fremdmittel		x	x						x																
111 Zinsen		x	x						x																
112 Bürgschaften		x	x						x																
113 Erbpacht		x	x						x																
114 Dienstbarkeiten und Baulasten		x	x						x																
119 Fremdmittel, sonstiges		x	x						x																
120 Eigenmittel		x	x						x																
121 Zinsen		x	x						x																
129 Eigenmittel, sonstiges		x	x						x																
130 Abschreibung																									
131 Abnutzung																									
139 Abschreibung, sonstiges																									
190 Kapitalkosten, sonstiges		x	x							x															
200 Objektmanagementkosten		x	x										x	x											
210 Personalkosten		x	x																						
220 Sachkosten		x	x																						
230 Fremdleistungen		x	x																						
290 Objektmanagementkosten, sonstiges		x	x																						
300 Betriebskosten		x	x	(x)	(x)	x			x	x	x	x	x	(x)		(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	
310 Versorgung		x	x	(x)	(x)				x	x				(x)		x	x	x	x	x	x	x	x	x	
311 Wasser		x	x						x	x				x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	
312 Öl		x	x	x	x				x	x				x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	
313 Gas		x	x	x	x				x	x				x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	
314 Feste Brennstoffe		x	x	x	x				x	x				x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	
315 Fernwärme		x	x	x	x				x	x				x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	
316 Strom		x	x	x	x				x	x				x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	
317 Technische Medien		x	x						x	x															
319 Versorgung, sonstiges		x	x						x	x															
320 Entsorgung		x	x						x	x				(x)		(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	
321 Abwasser		x	x						x	x				x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	
322 Abfall		x	x						x	x				x											
329 Entsorgung, sonstiges		x	x						x	x															
330 Reinigung und Pflege von Gebäuden		x	x						x	x				x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	
331 Unterhaltsreinigung		x	x						x	x				x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	
332 Glasreinigung		x	x						x	x				x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	
333 Fassadenreinigung		x	x						x	x				x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	
334 Reinigung Technischer Anlagen		x	x						x	x				x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	
339 Reinigung und Pflege von Gebäuden, sonstiges		x	x						x	x				x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	
340 Reinigung und Pflege von Außenanlagen		x	x						x	x				x											
341 Befestigte Flächen		x	x						x	x				x											
342 Pflanz- und Grünflächen		x	x						x	x				x											
343 Wasserflächen (einschl. Uferausbildung)		x	x						x	x				x											
344 Baukonstruktionen in Außenanlagen		x	x						x	x				x											
345 Technische Anlagen in Außenanlagen		x	x						x	x				x											
346 Einbauten in Außenanlagen		x	x						x	x				x											
349 Reinigung und Pflege von Außenanlagen, sonstiges		x	x						x	x															
350 Bedienung, Inspektion und Wartung		x	x	(x)	(x)				x	x				x	x	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	
351 Bedienung, der Technischen Anlagen		x	x	x	x				x	x				x	x		x		x	x	x	x	x	x	
352 Inspektion und Wartung der Baukonstruktionen		x	x						x	x				x	x		x		x	x	x	x	x	x	
353 Inspektion und Wartung der Technischen Anlagen		x	x	x	x				x	x				x	x		x		x	x	x	x	x	x	
354 Inspektion und Wartung der Außenanlagen		x	x						x	x				x	x										
355 Inspektion und Wartung von Ausstattung und Kunstwerken		x	x						x	x						x									
359 Bedienung, Inspektion und Wartung, sonstiges		x	x						x	x					x										
360 Sicherheits- und Überwachungsdienste		x	x						x	x															
361 Kontrollen aufgrund öffentlich-rechtlicher Bestimmungen		x	x						x	x															
362 Objekt- und Personenschutz		x	x						x	x															
369 Sicherheit und Überwachung, sonstiges		x	x						x	x															
370 Abgaben und Beiträge		x	x						x	x															
371 Steuern		x	x						x	x															
372 Versicherungsbeiträge		x	x						x	x						x									
379 Abgaben und Beiträge, sonstiges		x	x						x	x															
390 Betriebskosten, sonstiges		x	x						x	x															
400 Instandsetzungskosten		x	x	(x)	(x)	x			x	x	x	x	x		x	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	
410 Instandsetzung der Baukonstruktionen		x	x	(x)					x	x					x										
411 Gründung		x	x						x	x					x										
412 Außenwände		x	x			x			x	x					x										
413 Innenwände		x	x						x	x					x										
414 Decken		x	x						x	x					x										

Zahlungsflüsse im Lebenszyklus eines Bauwerks		inhaltlicher Bezug und Zuordnung																						
		LZK i.e.S. nach GEFMA 220	LZK i.w.S. nach GEFMA 220 (LZE)	VDI 2067	DIN EN 15459	SN 506 501	SN 506 511	ÖNORM B 1801-1	ÖNORM B 1801-2	ISO 15686-5 (LCC)	ISO 15686-5 (WLC)	EU-Global Cost	Total Cost of Ownership	II. BV	BetrKov	DIN 31051	BNB vereinfachtes Verfahren	BNB ausführliches Verfahren	NaWoh vereinfachtes Verfahren	NaWoh ausführliches Verfahren	Bewertungssystem Kleinhäusbau	DGNB Geschäftshäuser Neubau	DGNB Wohngebäude Neubau	
415	Dächer	x	x		x				x	x						x								
416	Baukonstruktive Einbauten	x	x						x	x						x								
419	Instandsetzungskosten der Baukonstruktionen, sonstiges	x	x						x	x						x								
420	Instandsetzung der Technischen Anlagen	x	x	x	x				x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x
421	Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen	x	x	x	x				x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x
422	Wärmeversorgungsanlagen	x	x	x	x				x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x
423	Lufttechnische Anlagen	x	x	x	x				x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x
424	Starkstromanlagen	x	x	x	x				x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x
425	Fernmelde- und informationstechnische Anlagen	x	x	x	x				x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x
426	Förderanlagen	x	x	x	x				x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x
427	Nutzungsspezifische Anlagen	x	x	x	x				x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x
428	Gebäudeautomation	x	x	x	x				x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x
429	Instandsetzung der Technischen Anlagen, sonstiges	x	x	x	x				x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x
430	Instandsetzung der Außenanlagen	x	x						x	x						x								
431	Geländeflächen	x	x						x	x						x								
432	Befestigte Flächen	x	x						x	x						x								
433	Baukonstruktionen in Außenanlagen	x	x						x	x						x								
434	Technische Anlagen in Außenanlagen	x	x						x	x						x								
435	Einbauten in Außenanlagen	x	x						x	x						x								
439	Instandsetzung der Außenanlagen, sonstiges	x	x						x	x						x								
440	Instandsetzung der Ausstattung	x	x						x	x						x								
441	Ausstattung	x	x						x	x						x								
442	Kunstwerke	x	x						x	x						x								
449	Instandsetzung der Ausstattung, sonstiges	x	x						x	x						x								
490	Instandsetzungskosten, sonstiges	x	x						x	x						x								
externe Kosten										x														
nicht gebäudebezogene Kosten			x							x		x												
Mietausfallwagnis															x									
Nutzungsphase - Leistungen (Einzahlungen)																								
<i>aus Vermietung und Verpachtung</i>			x							x														
<i>Miet- oder Nutzungswert bei Eigennutzung (kalkulatorisch)</i>			x							x														
<i>aus Lieferung von Energie an Dritte</i>			x	x	x					x														
<i>aus Recycling</i>			x							x														
<i>aus Restwerterlösen</i>			x	x	x																			
<i>aus Vermietung von Dachflächen (Mobilfunk, Werbung, PV, ...)</i>			x	x	x					x														
<i>aus Vermietung von Außenwandflächen für Werbung</i>			x							x														
<i>Modernisierungsumlage</i>																x	x							

Tabelle 17: Zahlungsflüsse im Lebenszyklus eines Bauwerks

Quelle: KIT

Anhang C - Einflussnahme von Bauteilen auf ausgewählte Nutzungskosten

Tabelle 18 stellt dar, welche Elemente der Kostengruppen 300 und 400 nach DIN 276 einen geringen, mittleren oder starken Einfluss auf die späteren Folgekosten in der Nutzungsphase ausüben. Als Folgekosten werden ausgewählte Nutzungskosten nach DIN 18690 herangezogen:

- Kapital- und Versicherungskosten,
- Kosten für Energie und Wasser/Abwasser,
- gebäudebezogene Reinigungskosten,
- Bedienung der Technischen Anlagen,
- Inspektion und Wartung von Baukonstruktionen und Technischen Anlagen,
- Instandsetzungen (Anm. der Verfasser: im Sinne von Reparaturen) von Baukonstruktionen und Technischen Anlagen.

Instandsetzungen im Sinne von Ersatzinvestitionen, wenn die rechnerischen Nutzungsdauern kleiner sind als der Betrachtungszeitraum bzw. die Nutzungsdauer des Gebäudes, werden separat ausgewiesen.

Ergänzend wird in Tabelle 18 festgehalten, ob durch den Einsatz bzw. den Betrieb bestimmter Bauteile Erlöse durch die Lieferung von Energie an Dritte erzielbar sind. Das Risiko möglicher Mietminderungen durch den Ausfall oder den vorzeitigen Verschleiß bestimmter Bauteile wird in der letzten Spalte gekennzeichnet.

Bauteile nach DIN 276 (Bauwerk und Technische Anlagen) und ihr Einfluss auf ausgewählte Nutzungskosten (angelehnt an DIN 18960 und Ergänzungen der Verfasser)	Kapitalkosten (Fremd- und Eigenkapital sowie Abschreibung)		Energiekosten		Wasser-/Abwasserkosten		Reinigungskosten (Gebäude)		Bedienung der Technischen Anlagen		Inspektion und Wartung der Technischen Anlagen		Inspektion und Wartung der Baukonstruktionen		Versicherungsbeiträge		Instandsetzungen der Baukonstruktionen		Instandsetzung der Technischen Anlagen		Erneuerung von Bauteilen, wenn rechnerische Lebensdauer kleiner als (bzw. Betrachtungszeitraum)		mögliche Erlöse durch den Verkauf von Energie an Dritte		mögliche Minderungen bei Ausfall oder starker Abnutzung				
	O	++	O	++	O	++	O	++	O	++	O	++	O	++	O	++	O	++	O	++	O	++	O	++	O	++	O	++	
geringer Einfluss (O), mittlerer Einfluss (+), starker Einfluss (++)																													
300 Bauwerk - Baukonstruktionen																													
310 Baugrube																													
311 Baugrubenerstellung		x																											
312 Baugrubenumschließung		x																											
313 Wasserhaltung		x																											
319 Baugrube, sonstiges		x																											
320 Gründung																													
321 Baugrundverbesserung		x																											
322 Flachgründungen		x																											
323 Tiefgründungen		x																											
324 Unterböden und Bodenplatten		x																											
325 Bodenbeläge		x					x																						
326 Bauwerksabdichtungen		x																											
327 Dränagen		x																											
329 Gründung, sonstiges		x																											
330 Außenwände																													
331 Tragende Außenwände		x																											
332 Nichttragende Außenwände		x																											
333 Außensützen		x																											
334 Außentüren und -fenster		x					x																						
335 Außenwandbekleidungen, außen		x					x																						
336 Außenwandbekleidungen, innen		x					x																						
337 Elementierte Außenwände		x					x																						
338 Sonnenschutz		x					x																						
339 Außenwände, sonstiges		x					x																						
340 Innenwände																													
341 Tragende Innenwände		x																											
342 Nichttragende Innenwände		x																											
343 Innenstützen		x																											
344 Innentüren und -fenster		x					x																						
345 Innenwandbekleidungen		x					x																						
346 Elementierte Innenwände		x					x																						
349 Innenwände, sonstiges		x					x																						
350 Decken																													
351 Deckenkonstruktionen		x																											
352 Deckenbeläge		x					x																						
353 Deckenbekleidungen		x					x																						
359 Decken, sonstiges		x					x																						

Bauteile nach DIN 276 (Bauwerk und Technische Anlagen) und ihr Einfluss auf ausgewählte Nutzungskosten (angelehnt an DIN 18960 und Ergänzungen der Verfasser)	Kapitalkosten (Fremd- und Eigenkapital sowie Abschreibung)		Energiekosten		Wasser-/Abwasserkosten		Reinigungskosten (Gebäude)		Bedienung der Technischen Anlagen		Inspektion und Wartung der Technischen Anlagen		Inspektion und Wartung der Baukonstruktionen		Versicherungsbeiträge		Instandsetzungen der Baukonstruktionen		Instandsetzung der Technischen Anlagen		Erneuerung von Bauteilen, wenn rechnerische Lebensdauer kleiner als Nutzungsdauer des Gebäudes (bzw. Betrachtungszeitraum)		mögliche Erlöse durch den Verkauf von Energie an Dritte		mögliche Minderungen bei Ausfall oder starker Abnutzung			
	O	+	++	O	+	++	O	+	++	O	+	++	O	+	++	O	+	++	O	+	++	O	+	++	O	+	++	
360 Dächer																												
361 Dachkonstruktionen																												
362 Dachfenster, Dachöffnungen																												
363 Dachbeläge																												
364 Dachbekleidungen																												
369 Dächer, sonstiges																												
370 Baukonstruktive Einbauten																												
371 Allgemeine Einbauten																												
372 Besondere Einbauten																												
379 Baukonstruktive Einbauten,sonstiges																												
390 Sonstige Maßnahmen für Baukonstruktionen																												
391 Baustelleneinrichtung																												
392 Gerüste																												
393 Sicherungsmaßnahmen																												
394 Abbruchmaßnahmen																												
395 Instandsetzungen																												
396 Materialentsorgung																												
397 Zusätzliche Maßnahmen																												
398 Provisorische Baukonstruktionen																												
399 Sonstige Maßnahmen für Baukonstruktionen, sonstiges																												

Bauteile nach DIN 276 (Bauwerk und Technische Anlagen) und ihr Einfluss auf ausgewählte Nutzungskosten (angelehnt an DIN 18960 und Ergänzungen der Verfasser)	Kapitalkosten (Fremd- und Eigenkapital sowie Abschreibung)		Energiekosten		Wasser-/Abwasserkosten		Reinigungskosten (Gebäude)		Bedienung der Technischen Anlagen		Inspektion und Wartung der Technischen Anlagen		Inspektion und Wartung der Baustrukturen		Versicherungsbeiträge		Instandsetzungen der Baustrukturen		Instandsetzung der Technischen Anlagen		Erneuerung von Bauteilen, wenn rechnerische Lebensdauer kleiner als Nutzungsdauer des Gebäudes (bzw. Betrachtungszeitraum)		mögliche Erlöse durch den Verkauf von Energie an Dritte		mögliche Minderungen bei Ausfall oder starker Abnutzung			
	O	+	++	O	+	++	O	+	++	O	+	++	O	+	++	O	+	++	O	+	++	O	+	++	O	+	++	
geringer Einfluss (O), mittlerer Einfluss (+), starker Einfluss (++)																												
472 Wäscherei- und Reinigungsanlagen			X									X										X						
473 Medienversorgungsanlagen			X									X										X						
474 Medizin- und labortechnische Anlagen			X									X										X						
475 Feuerlöschanlagen			X									X										X						
476 Badetechnische Anlagen			X									X										X						
477 Prozesswärme-, kälte- und -luftanlagen			X									X										X						
478 Entsorgungsanlagen			X									X										X						
479 Nutzungsspezifische Anlagen, sonstiges			X									X										X						
480 Gebäudeautomation																												
481 Automationsysteme			X									X										X						
482 Schaltschränke			X									X										X						
483 Management- und Bedieneinrichtungen			X									X										X						
484 Raumautomationssysteme			X									X										X						
485 Übertragungsnetze			X									X										X						
489 Gebäudeautomation, sonstiges			X									X										X						
490 Sonstige Maßnahmen für technische Anlagen																												
491 Baustelleneinrichtung			X									X										X						
492 Gerüste			X									X										X						
493 Sicherheitsmaßnahmen			X									X										X						
494 Abbruchmaßnahmen			X									X										X						
495 Instandsetzungen			X									X										X						
496 Materialentsorgung			X									X										X						
497 Zusätzliche Maßnahmen			X									X										X						
498 Provisorische technische Anlagen			X									X										X						
499 Sonstige Maßnahmen für technische Anlagen, sonstiges			X									X										X						

Tabelle 18: Einflussnahme von Bauteilen auf ausgewählte Nutzungskosten
Quelle: KIT