





# Leitfaden Wirtschaftlichkeit

Betrachtung energetischer Sanierungen in Ein- und Zweifamilienhäusern

2 Impressum

#### **Impressum**

#### Herausgeber:

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle Frankfurter Straße 29 – 35 65760 Eschborn

Telefon: 06196 908-0 Telefax: 06196 908-1800

E-Mail: poststelle@bafa.bund.de De-Mail: poststelle@bafa.de-mail.de

#### Redaktion:

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) Chausseestraße 128 a 10115 Berlin

Tel.: +49 (0)30 66 777-0 Fax: +49 (0)30 66 777-699 E-Mail: info@dena.de www.dena.de

#### Quelle:

dena-Expertenservice

#### Konzeption & Gestaltung:

Heimrich & Hannot GmbH

#### Bildnachweis:

Titel – pixabay/Nattanan Kanchanaprat; Abb. 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, 13, 14 – dena; Abb. 5, 11, 12, 15 – FEBS; Abb. 6, 7 – BBSR; Seite 7 – pixabay/Steve Buissinne; Seite 11 – pixabay/Alexas\_Fotos; Seite 13 – pixabay/SatyaPrem; Seite 14 – pixabay/Hans-Braxmeier; Seite 25 – unsplash/Milivoj Kuhar; Seite 36 – pixabay/Malchi Witt; Seite 40 – pixabay/Alexander Stein

#### Stand:

12/2019

Sämtliche Inhalte wurden mit größtmöglicher Sorgfalt und nach bestem Wissen erstellt. BAFA und dena übernehmen keine Gewähr für die Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der bereitgestellten Informationen. Für Schäden materieller oder immaterieller Art, die durch Nutzung oder Nichtnutzung der dargebotenen Informationen unmittelbar oder mittelbar verursacht werden, haften BAFA und dena nicht, sofern ihnen nicht nachweislich vorsätzliches oder grob fahrlässiges Verschulden zur Last gelegt werden kann.

Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Common Lizenz

(Namensnennung – Nicht-kommerziell – Weitergabe unter gleichen Bedingungen).

Inhaltsverzeichnis

# Inhaltsverzeichnis

Imp	pressum	2
Einf	führung	4
1 A	llgemeiner Überblick	
	Statische Verfahren	
	Dynamische Verfahren	
1.2	Dynamische verramen	
2. B	esonderheiten der Annuitätenmethode	14
2.1	Annuitätenmethode als eine Variante der Kapitalwertmethode	14
2.2	Zielgruppe dieser Methode	15
2.3	Berechnungssoftware: Das Wirtschaftlichkeitstool	16
2.4	EnEV 2014: Wirtschaftlichkeit im Energieausweis	17
3. D	atenermittlung: Grundlagen und Randbedingungen	21
3.1	Gebäude im Istzustand und Sanierungsvarianten: energetische Kenndaten	
3.2	Wohnfläche als Bezugsgröße	
3.3	Voraussichtliche laufende Instandhaltungskosten	
3.4	Energieverbrauch und -kosten des Gebäudes im Ist-Zustand	
3.5	Prognose des Energieverbrauchs und der Energiekosten bei Sanierungsvariante	
3.6	Randbedingungen in der Betrachtung nach der Annuitätenmethode	
4. D	oifferenzierte Kostenbetrachtung bei Sanierungen und Kostenermittlung	29
4.1	Vollkosten der Sanierung	
4.2	Instandsetzungskosten	
4.3	Energieeffizienzbedingte Mehrkosten	
4.4	Kosten wohnwertverbessernder Maßnahmen	
4.5	Laufende Instandhaltungskosten	33
4.6	Kostenschätzung mit dem Wirtschaftlichkeitstool	
5. M	lethodik und Ergebnisse	36
5.1	Barwerte, Kapitalwert und annuitätischer Gewinn	
5.2	Beispielhafte Ermittlung von Barwerten	
5.3	Ergebnisdarstellung im Wirtschaftlichkeitstool	
5.4		
r i ta	praturvorzojehnie	40

4 Einführung

# Einführung

2017 gab es in Deutschland rund 18,8 Millionen Wohngebäude mit 40,3 Millionen Wohneinheiten und rund 3,7 Milliarden Quadratmeter Wohnfläche<sup>1</sup>. Rund 15,6 Millionen Wohngebäude sind Ein- und Zweifamilienhäuser.

Insgesamt fallen 63 % des Endenergieverbrauchs in Gebäuden auf Wohngebäude (siehe Abbildung 1). 37 % des Endenergiebedarfs fallen auf Nichtwohngebäude mit einer Anzahl von 2.7 Millionen Stück.

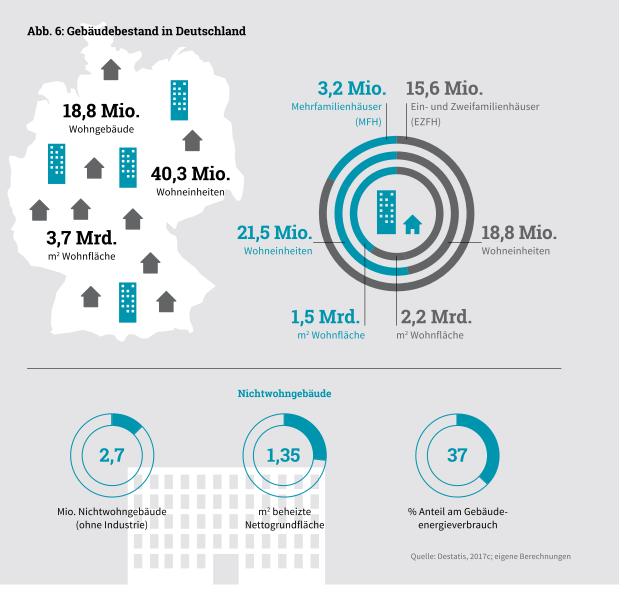


Abb. 1: Gebäudebestand in Deutschland

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Siehe Literaturverzeichnis, S.48

Einführung 5

Fast 12 Millionen Wohngebäude in Deutschland (ca. 62 %) wurden vor 1979 erbaut, also vor der 1. Wärmeschutzverordnung, und weisen – sofern sie nicht energetisch saniert wurden – daher in der Regel eine erheblich schlechtere Energieeffizienz auf als Neubauten. 75 % des Endenergieverbrauchs für Raumwärme und Warmwasser werden durch Wohngebäude verursacht, die vor 1979 errichtet wurden. Ein- und Zweifamilienhäuser haben den größten Anteil am Endenergieverbrauch, sie verursachen allein 63 %. Der Anteil großer Mehrfamilienhäuser ab 13 Wohneinheiten ist mit ca. 5 % sehr klein.

Damit hat der deutsche Wohngebäudebestand ein großes Potenzial zu Energieeinsparung und Effizienzsteigerung. Auch für das Gelingen der Energiewende ist die Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden äußerst wichtig: Bis 2050 soll der Endenergiebedarf in diesem Bereich durch Effizienzmaßnahmen an Gebäudehülle und Heizung um 60 % reduziert werden. Zusammen mit dem Einsatz erneuerbarer Energien können dadurch insgesamt 80 % fossile Primärenergie eingespart werden – so wie es das Energiekonzept der Bundesregierung vorsieht.

Eine energetische Sanierung von Wohngebäuden beginnt für selbstnutzende Eigentümer von Ein- und Zweifamilienhäusern mit dem Prozess der Entscheidungsfindung. Welche Bau- und Anlagenteile sollen erneuert oder müssen saniert werden, weil sie technische Schäden aufweisen oder am Ende ihrer Lebensdauer angekommen sind? Soll ein Effizienzhaus-Standard erreicht werden und wenn ja, welche Förderung kann dabei in Anspruch genommen werden? Wie viel kostet die energetische Sanierung und wie viel Geld ist der Eigentümer bereit zu investieren? Rechnet sich die Investition in die Sanierung aus wirtschaftlicher Sicht?

Der vorliegende Leitfaden unterstützt Architekten und Energieberater bei der Vorgehensweise und bei der Durchführung von Wirtschaftlichkeitsberechnungen im Segment der selbstgenutzten Ein-und Zweifamilienhäuser. Dazu enthält dieser Leitfaden im ersten Kapitel eine Übersicht sowie Erläuterungen zu den relevanten Verfahren der Investitionsrechnung bei energetischen Sanierungen. In weiteren Kapiteln wird das Vorgehen bei einer Wirtschaftlichkeitsberechnung nach der Annuitätenmethode im Detail beleuchtet und die Methodik anhand von Beispielen verständlich dargestellt. Ein Kapitel widmet sich der Betrachtung und Klassifizierung der entstehenden Sanierungskosten, zu denen zum Beispiel Instandsetzungskosten und energieeffizienzbedingte Mehrkosten zählen. Der Methodik liegt der Mehrertragsansatz zugrunde: Die energieeffizienzbedingten Mehrkosten werden den Energiekosteneinsparungen zuzüglich des Vorteils einer Förderung gegenübergestellt. Denn in der Regel erfolgt eine energetische Sanierung im Zuge einer ohnehin anfallenden Instandsetzung des Gebäudes.

Der Leitfaden dient zur Unterstützung von Experten bei der Energieberatung hinsichtlich konkreter Projekte und in individuellen Kundengesprächen. Er enthält Hinweise und Praxistipps, wie für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung notwendige Grundlagen zu ermitteln und erforderliche Randbedingungen festzulegen sind. Dazu zählen zum Beispiel die Ermittlung einer möglichst realistischen Energiekosteneinsparung oder das Festlegen von Größen wie der Energiepreissteigerung und dem Kalkulationszinssatz. Im Leitfaden gibt es zudem wiederkehrend Verweise auf das Wirtschaftlichkeitstool, mit dem eine anwenderfreundliche und fachlich fundierte Wirtschaftlichkeitsberechnung von Energiesparmaßnahmen an Wohngebäuden durchgeführt werden kann.

Das Wirtschaftlichkeitstool steht im Internet unter www.febs.de/toolbox/wirtschaftlichkeit/ zur Verfügung. Es ist auch zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von kleinen Mehrfamilienhäusern geeignet.

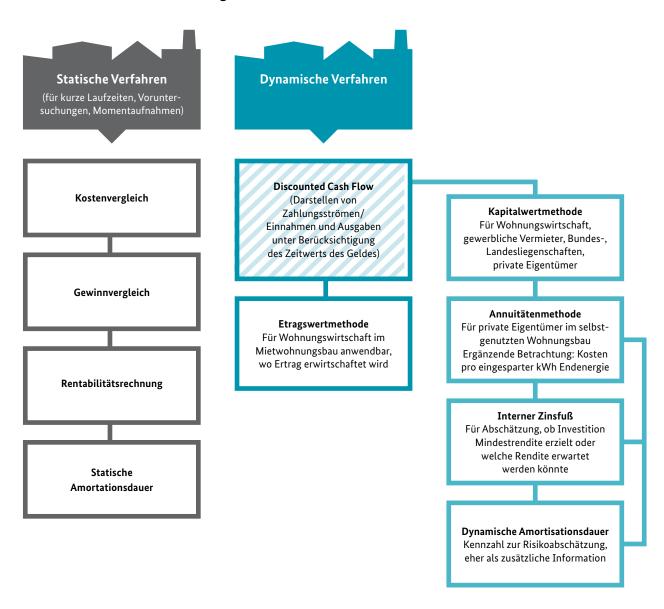
6 Allgemeiner Überblick

# 1. Allgemeiner Überblick

Bei Entscheidungen über die Wirtschaftlichkeit einzelner Investitionen spricht man in der Betriebswirtschaftslehre von einer sogenannten Wahlentscheidung. Sie beinhaltet die Bewertung von Investitionen anhand bestimmter vom Investor vorher festgelegter Kriterien und den Vergleich von Investitionsalternativen.

Zur Bewertung von Investitionen stellt die betriebswirtschaftliche Investitionstheorie eine Reihe von Verfahren zur Verfügung, die sich grundsätzlich in statische und dynamische Verfahren unterteilen lassen.

#### Wirtschaftlichkeit von Sanierungen





#### 1.1 Statische Verfahren

Zu den statischen Methoden der Investitionsrechnung zählen die Kostenvergleichsrechnung sowie die Gewinn- und die Rentabilitätsvergleichsrechnung. Ein häufig angewandtes statisches Verfahren ist zudem das der statischen Amortisationsdauer.

Bei statischen Verfahren ist die relativ einfache Handhabung von Vorteil. Diese Verfahren sind geeignet für Voruntersuchungen und Momentaufnahmen sowie für Investitionen mit kurzen Laufzeiten (ca. zwei bis drei Jahre).

Im Unterschied zu den dynamischen Verfahren berücksichtigen statische Verfahren der Investitionsrechnung nicht die zeitliche Entwicklung der Zahlungsströme über den Betrachtungszeitraum. Hierzu zählen zum Beispiel die Energieverbrauchskosten, die Betriebskosten für eine Lüftungsanlage oder die Einnahmen beispielsweise aus einer Energiekosteneinsparung. Vielmehr werden in den statischen Verfahren Kosten und Aufwendungen, die über einen langen Zeitraum mit jährlich unterschiedlichen Beträgen anfallen, ökonomisch gleich gewichtet. Gerade für Energiesparinvestitionen im Gebäudebereich, bei denen die wirtschaftlichen Effekte über die gesamte Nutzungsdauer – in der Regel über Jahrzehnte – bestehen, führt dies zu einer erheblichen Verzerrung der Ergebnisse: Der Wert einer Anfangsinvestition wird

systematisch überschätzt, Energiekosteneinsparungen über den Betrachtungszeitraum werden systematisch unterschätzt. Im Folgenden werden die statischen Methoden kurz erläutert.

#### Kostenvergleichsrechnung

Die Kostenvergleichsrechnung beurteilt Investitionsalternativen nach den verursachten Kosten. Vergleichsmaßstab sind die durchschnittlichen Kosten einer Periode. Dabei sind die Betriebskosten (z. B. Energiekosten) und die sogenannten Kapitalkosten (Investitionskosten) zu unterscheiden. Zu den Kapitalkosten gehören die kalkulatorischen Abschreibungen und die kalkulatorischen Zinsen auf das durchschnittlich gebundene Kapital. Die Beschränkung auf den Kostenvergleich setzt voraus, dass die Erlöse bei allen betrachteten Investitionsalternativen gleich hoch sind. Die Alternative mit den geringsten Kosten ist vorteilhaft. Nachteilig an dieser Methode ist, dass zwar die kostengünstigste Variante ermittelt wird, jedoch nicht, ob die erzielbaren Erlöse auch zur Kostendeckung ausreichen. Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass man keine Information darüber erhält, ob die Investition an sich (also ohne Vergleich zu einer anderen Alternative) vorteilhaft ist.

Allgemeiner Überblick



Abb. 3: Übersicht über statische Verfahren zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Gebäudesanierungen

#### Gewinnvergleichsrechnung

Die Gewinnvergleichsrechnung baut auf der Kostenvergleichsrechnung auf und berücksichtigt zusätzlich die Erlöse (z. B. Energiekosteneinsparung). Alle anderen Daten werden von der Kostenvergleichsrechnung übernommen. Der Bewertungsmaßstab ist der durchschnittliche Gewinn bzw. der Gewinn der ersten Periode. Die Alternative mit dem höchsten Gewinn ist vorteilhaft. Ein Nachteil dieses Berechnungsverfahrens, der gegenüber der Kostenvergleichsrechnung bestehen bleibt, liegt darin, dass man keine Information darüber erhält, ob die Investition an sich (also ohne Vergleich zu einer anderen Alternative) vorteilhaft ist. Das heißt, es kann eine relative Vorteilhaftigkeit bestehen, jedoch keine absolute Vorteilhaftigkeit.

#### Rentabilitätsrechnung

Die Rentabilitätsrechnung baut wiederum auf der Gewinnvergleichsrechnung auf. Dabei wird der Gewinn zum eingesetzten Kapital in Beziehung gesetzt. Das Ergebnis dieser Rechnung ist daher keine absolute, sondern eine relative Zahl, der sogenannte Rentabilitätsgrad. Der Rentabilitätsgrad wird aus dem Verhältnis des durchschnittlichen Periodengewinns zum durchschnittlichen Kapitaleinsatz ermittelt. Die Alternative mit der höheren Rentabilität ist vorteilhaft. Eine Investition ist vorteilhaft, wenn sie eine vorgegebene Mindestrentabilität übersteigt. Anstelle des durchschnittlichen Gewinns wird oft der Gewinn des ersten Jahres verwendet. Mit dieser Methode ist auch der Vergleich verschiedenartiger Investitionsprojekte möglich.

#### Statische Amortisationsdauer

Bei dieser Methode wird der Zeitraum bestimmt, in dem das eingesetzte Kapital wieder eingespielt wird. Dieses Verfahren bezieht mehrere Perioden (z. B. Jahre) in die Betrachtung ein. Die statische Amortisationsdauer ermittelt sich aus dem Verhältnis der durchschnittlichen Kosten zu den durchschnittlichen Erlösen pro Periode. Die Alternative mit der kürzesten Amortisationszeit (= Wiedergewinnungszeit) ist vorteilhaft. Eine Investition ist vorteilhaft, wenn die Amortisationszeit eine vorgegebene Höchstdauer unterschreitet. Es wird hierbei nicht das unterschiedliche zeitliche Auftreten der Kosten und Erlöse innerhalb des Betrachtungszeitraums berücksichtigt. Auch trifft das Verfahren keine Aussage über die Rentabilität und über die Entwicklung nach dem Return on Investment (ROI).

#### Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Energiesparinvestitionen an Gebäuden

Bei der Anwendung statischer Methoden kann man nur dann einigermaßen sicher sein, tatsächlich vergleichbare Alternativen gegenüberzustellen, wenn sich die Energiesparinvestitionen:

- weder in ihrem Kapitaleinsatz (Investitionskosten)
- noch in ihren Energiekosteneinsparungen und
- in ihrer Nutzungsdauer stark voneinander unterscheiden.

Dies wird in der Realität aber selten der Fall sein. Zudem bleibt das zeitliche Aufkommen der Geldflüsse unberücksichtigt, da nur durchschnittliche Kosten und Erlöse betrachtet werden. Auch Liquiditätsengpässe werden nicht dargestellt. Zur Beurteilung der Vorteilhaftigkeit einer Energiesparinvestition an Gebäuden eignen sich statische Verfahren daher nicht.

Allgemeiner Überblick

#### Ein Beispiel

- Eine Investition mit kurzer Amortisationszeit schneidet bei den statischen Verfahren grundsätzlich am besten ab. So mag die Nachrüstung eines einfach verglasten Fensters mit einer Folie eine Amortisationszeit von drei Jahren haben, der Ersatz des alten durch ein neues Fenster dagegen 20 Jahre. Die Investitionsentscheidung scheint somit eindeutig: Die Folie ist klar im Vorteil! Aber schon auf den ersten Blick erscheint dieses Ergebnis zumindest fragwürdig: Hält die Folie überhaupt drei Jahre? Ist nicht über die Lebensdauer des Fensters die Energiekosteneinsparung durch den verbesserten Wärmeschutz deutlich größer als die Anfangsinvestition für das Fenster? Und ist, über einen längeren Zeitraum betrachtet, dieser mögliche Gewinn nicht höher als die Ersparnis durch die im Vergleich niedrigere Investition in die Folie (und deren periodische Erneuerung) mit ihrer nur geringen Energiekosteneinsparung?
- Diese zentrale Frage der ökonomischen Bewertung bleibt unbeantwortet, da die Amortisationszeit definitionsgemäß keine Aussage über den Gewinn, das eigentliche ökonomische Vergleichskriterium, trifft: Die Gewinnphase beginnt ja erst nach Ablauf der Amortisationszeit.
- Die Amortisationszeit kann aber auch länger sein als die Nutzungsdauer. Für unser Beispiel heißt das: Die Folie zerreißt nach zwei Jahren. In diesem Fall ist die Investition nicht wirtschaftlich und das Ergebnis völlig irreführend. Das eingesetzte Kapital kann gar nicht zurückfließen, denn die Ersatzinvestition steht schon vor Ablauf der Amortisationszeit an. Die Investition ist also nicht mit einem Gewinn, sondern mit einem Verlust verbunden, der über die Amortisationszeit aber nicht ausgewiesen wird. Das Fenster mit 20 Jahren Amortisationszeit und einem möglichen Gewinn ist bei dieser Berechnungsmethode keine Alternative zu einer Maßnahme, die offensichtlich unwirtschaftlich ist.
- Die Höhe eines Gewinns oder eines Verlusts muss also bekannt sein, um Investitionsalternativen vergleichen zu können. Da sie aber über die Amortisationszeit nicht ausgewiesen wird, ist das Verfahren prinzipiell ungeeignet, um Investitionsalternativen zu vergleichen.

#### 1.2 Dynamische Verfahren

Dynamische Verfahren der Investitionsrechnung (auch als finanzmathematische Verfahren bezeichnet) wollen die finanziellen Auswirkungen einer Investitionsentscheidung über den gesamten Betrachtungszeitraum (von z. B. 25 Jahren) erfassen und auswerten. Grundlage der Wirtschaftlichkeitsberechnung sind also die für den Betrachtungszeitraum zu prognostizierenden Zahlungsströme (Einnahmen und Ausgaben wie z. B. Energiekosteneinsparung und Energiekosten).

Ein wesentliches Merkmal von dynamischen Verfahren besteht darin, dass die zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallenden Zahlungsströme mithilfe der Zinseszinsrechnung unter Verwendung des Kalkulationszinssatzes auf einen gemeinsamen Vergleichszeitpunkt auf- oder abgezinst werden. Damit wird der Zeitwert des Geldes mit berücksichtigt. Einnahmen und Ausgaben haben somit nicht nur über ihren Betrag, sondern auch über den Zeitpunkt des Geldflusses (Cashflow) einen Einfluss auf das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Dies ist der entscheidende Vorteil gegenüber den statischen Verfahren der Investitionsrechnung. Zu den gängigsten dynamischen Verfahren zählen die Kapitalwertmethode, die Annuitätenmethode, die Methode des internen Zinsfußes, die Methode der dynamischen Amortisationsdauer und die Ertragswertmethode.

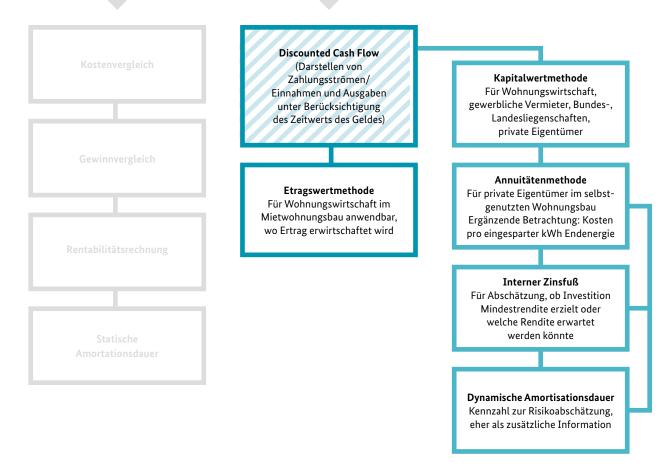


Abb. 4: Übersicht über dynamische Verfahren zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Gebäudesanierungen

#### Kapitalwertmethode

Zur Ermittlung des Kapitalwerts einer Investitionsalternative werden die zu unterschiedlichen Zeitpunkten erwarteten Zahlungen (Einnahmen/Einzahlungen und Ausgaben/Auszahlungen) mit dem Kalkulationszins abgezinst und aufsummiert. Man erhält so den Barwert aller laufenden Zahlungssalden (Einzahlungsreihen minus Auszahlungsreihen), von dem die Anfangsinvestition (z. B. einmalige Sanierungskosten) subtrahiert wird. Das Ergebnis ist der Kapitalwert.

Der Kapitalwert gibt die Vermögensänderung an, die ein Investor zu Beginn des Betrachtungszeitraums erfährt, wenn er die Investition realisiert. Ein (positiver) Kapitalwert gibt den Vermögensüberschuss an, den die Investition zusätzlich zum eingesetzten Kapital und zu der vom Investor geforderten Mindestverzinsung erzielt und den der Investor deshalb zu Beginn des Betrachtungszeitraums entnehmen könnte. Beim Vergleich mehrerer Alternativen ist diejenige mit dem höchsten Kapitalwert die wirtschaftlichste.

Die Kapitalwertmethode ist die am häufigsten angewandte Methode der dynamischen Investitionsrechnung. Sie ist geeignet für Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen von Sanierungen im Bereich von Wohn- und Nichtwohngebäuden sowie von großen Liegenschaftsbeständen. Private Eigentümer können

diese Methode für ihre Investitionsentscheidungen genauso nutzen wie die Wohnungswirtschaft, gewerbliche Vermieter oder Eigentümer von Bundes- und Landesliegenschaften.

#### Annuitätenmethode

Die Annuitätenmethode ist eine Variante der Kapitalwertmethode und baut auf dieser auf. Der annuitätische Gewinn ist der in gleich große Jahreswerte umgerechnete Kapitalwert. Dazu wird der Kapitalwert mit dem sogenannten Annuitätenfaktor multipliziert. Der Annuitätenfaktor setzt sich aus dem Kalkulationszins und dem Betrachtungszeitraum zusammen. Insgesamt kommt die Berechnung somit zur gleichen Entscheidung über die Vorteilhaftigkeit einer Investition wie die Kapitalwertmethode. Eine Investition ist dann positiv zu beurteilen, wenn der annuitätische Gewinn größer als Null ist. Wertmäßig ist es dabei gleich, ob man heute den Kapitalwert oder über den Betrachtungszeitraum gleichmäßig verteilt den annuitätischen Gewinn erhält.

Als Annuität (lat. annus – Jahr) bezeichnet man in der Investitionsrechnung eine regelmäßig jährlich fließende Zahlung.





Der annuitätische Gewinn in Euro pro Jahr gibt dabei aus ökonomischer Sicht den durchschnittlichen Betrag an, den ein Investor bei Realisierung der Investition in jedem Jahr zusätzlich zu der von ihm geforderten Mindestverzinsung des eingesetzten Kapitals mit dem Kalkulationszinssatz entnehmen kann, ohne die Vorteilhaftigkeit der Investition zu gefährden (Vermögenszuwachs, der über die geforderte Mindestverzinsung hinaus zur regelmäßigen Entnahme zur Verfügung steht).

Die Annuitätenmethode eignet sich für private Eigentümer, insbesondere für selbstnutzende Eigentümer von Ein- und Zweifamilienhäusern.

#### Methode des internen Zinsfußes

Dieses Verfahren baut ebenfalls auf der Kapitalwertmethode auf. Eine Investition mit dem Kapitalwert Null bringt dem Investor bei Fremdfinanzierung keinen Reinvermögenszuwachs. Die Einzahlungsüberschüsse reichen lediglich aus, um die Anschaffungsauszahlungen zu kompensieren und die Finanzierungskosten zu decken. Das investierte Kapital verzinst sich gerade zum Kalkulationszinssatz. Eine Investition mit einem positiven Kapitalwert verzinst sich dagegen zu einem Zinssatz, der über dem Kalkulationszinssatz liegt.

Dementsprechend verzinst sich eine Investition mit einem negativen Kapitalwert zu einem Zinssatz, der unter dem Kalkulationszinssatz liegt. Demnach ist der interne Zinsfuß der Zins, den eine Investition verkraftet, ohne unvorteilhaft zu werden.

Er zeigt an, zu welchem Prozentsatz sich das in einem Investitionsprojekt gebundene Kapital verzinst (interne Verzinsung, Investitionsnutzen). Zur Beurteilung der Vorteilhaftigkeit einer einzelnen Investition vergleicht man den internen Zinsfuß mit dem Kalkulationszinssatz: Der interne Zinsfuß soll einen höheren Wert haben als der Kalkulationszinssatz. Stehen mehrere Investitionsmöglichkeiten zur Wahl, sollte sich der Investor für die Variante mit dem höchsten internen Zinsfuß entscheiden (vorausgesetzt, der interne Zinsfuß liegt über dem Kalkulationszinssatz).

Bei einer ökonomischen Betrachtung kann der interne Zinsfuß als "Rendite" der Investition angesehen werden. Die Methode eignet sich für eine Abschätzung, ob die Investition eine Mindestrendite erzielt oder welche Rendite erwartet werden könnte. Bei vollständiger Eigenfinanzierung gibt der interne Zinsfuß die Verzinsung des eingesetzten Eigenkapitals an. Bei vollständiger Fremdfinanzierung gibt der

12 Allgemeiner Überblick

interne Zinsfuß an, bis zu welchem Zinssatz der Kreditgeber die Kreditzinsen anheben könnte, ohne dass das Projekt für den Investor unrentabel wird.

Die Methode des internen Zinsfußes ist geeignet für Investorengesellschaften, die Wohnungswirtschaft und gewerbliche Vermieter.

#### Methode der dynamischen Amortisationsdauer

Die dynamische Amortisationsrechnung ist ein Verfahren, das jene Zeitspanne ermittelt, die notwendig ist, um den Kapitaleinsatz einer Investition zuzüglich der Verzinsung in Höhe des Kalkulationszinssatzes aus den Rückflüssen wiederzugewinnen. Einfach ausgedrückt wird der Zeitpunkt ermittelt, zu dem die kumulierten Rückflüsse einer Investition gleich den Anschaffungsausgaben sind. Die dynamische Amortisationsrechnung, die auf der Kapitalwertmethode basiert, verwendet ebenfalls Zahlungsströme als Rechengrößen. Im Vergleich zur statischen Amortisationsrechnung ist die dynamische Amortisationsrechnung wesentlich präziser. Statt einer Durchschnittsbetrachtung werden die Einund Auszahlungen in den einzelnen Perioden (Jahren) während des gesamten Betrachtungszeitraums exakt erfasst. Des Weiteren wird der unterschiedliche zeitliche Anfall der Periodenüberschüsse durch die Berücksichtigung von Zinseszinsen explizit einbezogen. Für den Investor gilt eine Investition als absolut vorteilhaft, wenn ihre Amortisationszeit kürzer ist als ein vorher festgelegter Grenzwert. Eine Investition ist relativ vorteilhaft, wenn ihre Amortisationszeit kürzer ist als die einer alternativen Investition. Das Verfahren zeigt jedoch nicht die Entwicklung nach dem Amortisationszeitpunkt.

Die dynamische Amortisationsrechnung dient der zusätzlichen Information und kann vor allem bei der Risikobeurteilung einer Investition herangezogen werden. Denn je länger die Zeit bis zur Amortisation andauert, desto unsicherer ist die Investition.

#### Ertragswertmethode

Im Ertragswertverfahren wird eine Immobilie als Kapitalanlage betrachtet. Nutzungsmöglichkeiten der Immobilie haben nur einen Wert, wenn sich daraus Einnahmen ableiten lassen. Das Verfahren ist in der konkreten Anwendung anspruchsvoll und erfordert eine sehr gute Marktkenntnis. Dieses Verfahren wird vor allem bei vermieteten Wohn- und Gewerbeimmobilien angewendet. Auch bei gemischten Wohn- und Gewerbeimmobilien kommt das Ertragswertverfahren zum Einsatz, um den Wert der künftigen Überschüsse aus Einnahmen und Kosten zu berechnen.

Beim Ertragswertverfahren werden zunächst der Wert des Grundstücks und der Wert der baulichen Anlagen getrennt berechnet. Begründet wird die getrennte Wertermittlung damit, dass der Boden seinen Wert nicht verliert, während ein Gebäude nur eine bestimmte Restnutzungsdauer aufweist. Der Verkehrswert als Ergebnis des Ertragswertverfahrens wird daher als Summe des Bodenwerts und des Werts der baulichen Anlagen ermittelt. Der Bodenwert entspricht dabei dem Wert eines unbebauten Grundstücks. Er kann über den Bodenrichtwert näher bestimmt werden. Der Gebäudeertragswert wird durch verschiedene Parameter wie z. B. den Rohertrag (Jahresmiete / übliche Miete), die Bewirtschaftungskosten etc. errechnet.





### 2. Besonderheiten der Annuitätenmethode

Energiesparinvestitionen sollen sich an den Energiekosten, die ohne diese Maßnahmen angefallen wären, messen. Das heißt, sie sind immer im Vergleich zu den sonst entstehenden Energiekosten zu sehen. Die Annuitätenmethode zeigt, ob bestimmte Investitionen in energiesparende Maßnahmen vorteilhafter sind als der Bezug von Endenergie im unsanierten Gebäude.

# 2.1 Annuitätenmethode als eine Variante der Kapitalwertmethode

Für private Hauseigentümer stellt der annuitätische Gewinn als Ergebnis der Annuitätenmethode eine überschaubare Größe dar. Dabei zählt dieses Verfahren zu den dynamischen Investitionsrechnungen und baut auf der Kapitalwertmethode auf. Beide Methoden stellen die im Betrachtungszeitraum anfallenden Zahlungsströme rund um die Investition dar und berücksichtigen den Zeitwert des Geldes. Die Kapitalwertmethode ermittelt durch Auf- und Abzinsen aller erwarteten zukünftigen Zahlungen den Barwert aller Zahlungsströme und subtrahiert von diesem die Anfangsinvestition. Das Ergebnis ist der Kapitalwert. Ist der Kapitalwert positiv, ist die Energiesparmaßnahme wirtschaftlich. Der annuitätische Gewinn ist der in gleich große Jahreswerte umgerechnete Kapitalwert. Der annuitätische Gewinn stellt den jährlichen durchschnittlichen Mehr- oder Minderertrag dar, den eine Investition über den Betrachtungszeitraum erbringt. Eine Investition ist dann positiv zu beurteilen, wenn der annuitätische Gewinn größer als Null ist (siehe Kapitel 5)

### Ergänzende Betrachtung: Kosten pro eingesparter Kilowattstunde Endenergie

Zur greifbaren Einschätzung der Vorteilhaftigkeit von Energiesparmaßnahmen eignet sich die ergänzende Betrachtung, wie viel es kostet, eine Kilowattstunde (kWh) Endenergie einzusparen. Denn im Ergebnis kann der Wert "Kosten pro eingesparter kWh Endenergie" (in €/kWh) unmittelbar mit dem durchschnittlichen Energiepreis je kWh Endenergie verglichen werden. Diese beiden Werte sind insbesondere für private Hauseigentümer verständliche Größen. Liegen die Kosten der eingesparten kWh Endenergie (in €/kWh) unter dem durchschnittlichen Energiepreis (in €/kWh), ist es kostengünstiger, eine kWh Endenergie einzusparen, als sie zu verbrauchen. Das heißt, der Bezug einer kWh Endenergie im unsanierten Gebäude ist in diesem Fall teurer als die Investition in Energiesparmaßnahmen und die Sanierung ist damit wirtschaftlich.

# Differenzierte Kostenbetrachtung bei der Sanierung

Da mit der Annuitätenmethode ermittelt werden soll, ob sich die Investitionen in Energiesparmaßnahmen rentieren, ist es wichtig, die anfallenden Gesamtkosten einer Sanierung differenziert zu betrachten (siehe Kapitel 4). Grundsätzlich wird hierbei zwischen einmaligen Kosten und jährlich anfallenden Kosten unterschieden:

#### 1) Einmalige Investitionskosten

- a) Instandsetzungskosten (Sowieso-Kosten, die bei einer Sanierung des Gebäudes anfallen, um den funktionsfähigen Zustand wiederherzustellen)
- b) Energieeffizienzbedingte Mehrkosten (Mehrkosten zur Steigerung der Energieeffizienz über die bauliche und anlagentechnische Instandsetzung hinaus)
- c) Kosten wohnwertverbessernder Maßnahmen

#### 2) Laufende Kosten über den Betrachtungszeitraum

- a) Jährliche Instandhaltungskosten (Wartung, Reparaturen, kleinere Instandsetzungen)
- b) Energieverbrauchskosten (siehe Kapitel 3)

#### 2.2 Zielgruppe dieser Methode

Mit der Annuitätenmethode können Architekten und Energieberater Wirtschaftlichkeitsberechnungen für Eigentümer von Ein- und Zweifamilienhäusern durchführen. Im Ergebnis werden die energieeffizienzbedingten Mehrkosten und die ihnen gegenüberstehende Energiekosteneinsparung zuzüglich des Vorteils der Förderung verglichen. In der Beurteilung werden sonstige wohnwertverbessernde Maßnahmen und eine notwendige Beseitigung von Gebäudeschäden, die im Zuge einer Instandsetzung und Modernisierung ohnehin durchgeführt werden, nicht betrachtet. Denn diese Maßnahmen ergeben sich aus den Komfortansprüchen der heutigen Zeit und den Mindestanforderungen der Nutzer mit dem Ziel, die langfristige Funktionsfähigkeit des Gebäudes zu sichern.

Diese Betrachtung eignet sich insbesondere für selbstnutzende Eigentümer. Sie sind Investoren, die eine Energiekosteneinsparung nach durchgeführter Sanierung tatsächlich als Einnahmestrom verbuchen können: Private Eigentümer profitieren direkt in Form von niedrigeren Heizkosten. Ebenso können sie direkt von einer Förderung zum Beispiel in Form von Zuschüssen oder einem KfW-Tilgungszuschuss profitieren.

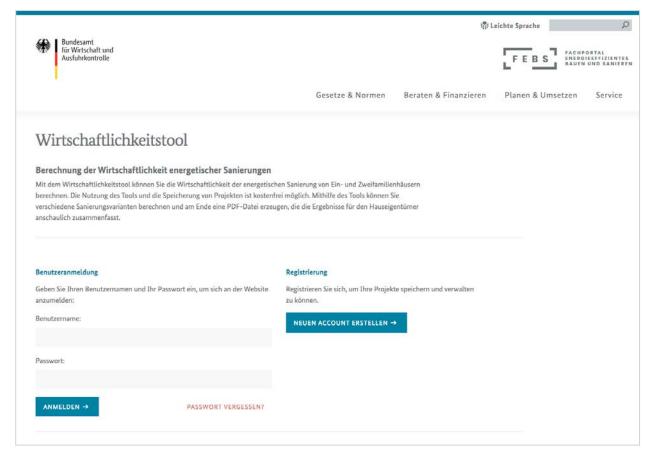


Abb. 5: Startseite des Wirtschaftlichkeitstools

# 2.3 Berechnungssoftware: Das Wirtschaftlichkeitstool

Um Architekten und Energieberatern eine Berechnung der Wirtschaftlichkeit nach der Annuitätenmethode zu ermöglichen, stellt das Fachportal das Wirtschaftlichkeitstool zur Verfügung. Mithilfe des Onlinetools können Experten nachrechnen, ob sich die energetische Sanierung von Ein- und Zweifamilienhäusern und kleineren Mehrfamilienhäusern rechnet. Dabei ist es möglich, sowohl umfassende Sanierungen als auch Einzelmaßnahmen zu betrachten.

Das Onlinetool dient als Ergänzung zur energetischen Bilanzierung von Sanierungsprojekten. Die Ermittlung der energetischen Kennwerte und der Sanierungsmaßnahmen sowie ein Bedarfs-Verbrauchs-Abgleich sollten vorher vorgenommen werden, um alle nötigen Daten für die Wirtschaftlichkeitsberechnung eingeben zu können (siehe Kapitel 3).

Das Wirtschaftlichkeitstool steht im Internet unter www.febs.de/toolbox/wirtschaftlichkeit/zur Verfügung.



### Die wesentlichen Vorteile des Wirtschaftlichkeitstools für den Anwender:

\*\*Standardisierte, wissenschaftlich belegte Kostendaten. Im Expertentool sind die bei Ein- und Zweifamilienhäusern gängigsten Energiesparmaßnahmen an der Gebäudehülle und an der Anlagentechnik (wie z. B. Dämmung der Außenwände mit einem Wärmedämmverbundsystem oder Einbau eines neuen Pelletkessels) mit standardisierten, wissenschaftlich fundierten Kostendaten, angepasst an den aktuellen Preisstand, hinterlegt (siehe Kapitel 4.6). Diese Kostendaten stellen Anhaltswerte bei energetischen Sanierungen dar. Energieberater können auch mit eigenen Kostendaten rechnen.

#### Differenzierte Kostenbetrachtung.

Das Expertentool unterscheidet zwischen Instandsetzungskosten und energieeffizienzbedingten Mehrkosten und stellt diese Kosten dar. Es liegt die Annahme zugrunde, dass die Instandsetzung der eingegebenen Gebäude- und Anlagenteile zum Zeitpunkt der Berechnung notwendig ist. Es fließen lediglich die zum Erreichen einer Energiekosten-einsparung nötigen energieeffizienzbedingten Mehrkosten in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ein (siehe Kapitel 4 und 5).

#### Vergleich von Sanierungsvarianten.

Das Expertentool vergleicht jeweils eine Sanierungsvariante mit dem Wohngebäude im Istzustand. Es können mehrere Sanierungsalternativen angelegt werden, deren Vergleich untereinander anhand der Ergebnisdarstellung möglich ist.

Für Laien verständliche Darstellung der Ergebnisse. Die Ergebnisse werden tabellarisch und grafisch übersichtlich aufbereitet und mit Informationstexten erläutert. So ist auch für Eigentümer gut erkennbar, ob sich die Sanierung rechnet (siehe Kapitel 5). Das Wirtschaftlichkeitstool bietet eine für Architekten und Energieberater anwenderfreundlich durchführbare, fundierte Wirtschaftlichkeitsberechnung von Energiesparmaßnahmen in Ein- und Zweifamilienhäusern. Eigentümer profitieren von einer verständlichen Darstellung der Ergebnisse anhand von Grafiken und Tabellen. Das Onlinetool eignet sich damit ideal für das individuelle Kundengespräch und die Kundenakquise.

# 2.4 EnEV 2014: Wirtschaftlichkeit im Energieausweis

Die ergänzend betrachteten "Kosten pro eingesparter kWh Endenergie" können zukünftig bei den Modernisierungsempfehlungen im Energieausweis freiwillig mit angegeben werden (Novelle der Energieeinsparverordnung, EnEV 2014 <sup>2</sup>). Damit erhalten Eigentümer neben energetischen Kenndaten ihrer Gebäude und möglichen Sanierungsvarianten auch Informationen zur Wirtschaftlichkeit energiesparender Maßnahmen an die Hand.

Am 16. Oktober 2013 hat die Bundesregierung die Novelle zur Energieeinsparverordnung (EnEV 2014²) beschlossen. Diese Neufassung setzt die Europäische Richtlinie zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Energy Performance of Buildings Directive, EPBD Recast) sowie verschiedene Beschlüsse der Bundesregierung zur Energiewende um. Am 21. November 2013 wurde die EnEV 2014 im Bundesgesetzblatt verkündet. Sie tritt am 1. Mai 2014 in Kraft, einige Änderungen entfalten ihre Wirkung durch konkrete Datierung jedoch erst später. Dazu zählt beispielsweise die einstufige Verschärfung der Neubau-Grenzwerte ab 2016.

Ab 1. Januar 2016 müssen dann neu gebaute Wohn- und Nichtwohngebäude höhere energetische Anforderungen erfüllen: Der zulässige Wert für die Gesamtenergieeffizienz (Jahres-Primärenergiebedarf) wird um 25 % gesenkt. Ab 2021 gilt dann für alle Neubauten der von der EU festgelegte Niedrigstenergie-Gebäudestandard. Die hierfür gültigen Richtwerte sollen bis Ende 2018 öffentlich bekanntgegeben werden.

Für den Gebäudebestand sind insgesamt keine wesentlichen Verschärfungen vorgesehen. Trotzdem müssen auch Besitzer von Bestandsgebäuden einige Vorgaben beachten:

#### Austauschpflicht für alte Öl- und Gasheizkessel

Öl- und Gasheizkessel, die vor 1985 eingebaut wurden, müssen ab 2015 außer Betrieb genommen werden. Wurden die entsprechenden Heizungsanlagen nach dem 1. Januar 1985 eingebaut, müssen sie nach 30 Jahren ersetzt werden. Die EnEV 2014 sieht jedoch eine ganze Reihe von Ausnahmen von dieser Regelung vor: So sind etwa Niedertemperatur- und Brennwertkessel von der Austauschpflicht ausgenommen. Auch Ein- und Zweifamilienhausbesitzer, die am Stichtag 1. Februar 2002 in ihrem Haus mindestens eine Wohnung selbst genutzt haben, sind von der Verpflichtung befreit. Im Falle eines Eigentümerwechsels muss der neue Hausbesitzer die Austauschpflicht innerhalb von zwei Jahren erfüllen.

#### Dämmung oberster Geschossdecken

Oberste Geschossdecken, die nicht die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz erfüllen, müssen bis Ende 2015 gedämmt sein. Gemeint sind Decken beheizter Räume, die an ein unbeheiztes Dachgeschoss angrenzen. Die Forderung gilt auch als erfüllt, wenn das Dach darüber gedämmt ist oder den Anforderungen des Mindestwärmeschutzes entspricht. Ausnahmen gelten ebenfalls, wenn die Hausbesitzer zum Stichtag 1. Februar 2002 in ihrem Haus mindestens eine Wohnung selbst genutzt haben.

Mit Blick auf den Energieausweis wird der Endenergiebedarf von Wohngebäuden künftig nicht mehr nur über den bereits bekannten Bandtacho angezeigt, sondern zusätzlich in Form von Energieeffizienzklassen von A+ bis H. Zudem wird der Bandtacho für Wohngebäude neu skaliert auf bis zu 250 kWh/(m²·a). Diese Änderungen gelten jedoch nur für neu ausgestellte Ausweise. Bereits vorliegende Energieausweise ohne Angabe von Effizienzklassen behalten ihre Gültigkeit. Weiterhin sind Verkäufer und Vermieter von Immobilien künftig verpflichtet, den Energieausweis an Käufer bzw. Mieter zu übergeben. Der Energieausweis muss bereits bei der Besichtigung vorgelegt werden. Energetische Kennwerte (Endenergie) müssen künftig im Falle des Verkaufs oder der Vermietung in Immobilienanzeigen angegeben werden. Liegt ein Energieausweis mit Energieeffizienzklasse vor, muss die entsprechende Einstufung auch veröffentlicht werden.

Außerdem stärkt die EnEV 2014 die Modernisierungsempfehlungen im Energieausweis. Diese enthalten sowohl ein Maßnahmenpaket für eine umfassende Sanierung als auch Einzelmaßnahmen, die unabhängig von einer umfangreichen Sanierung durchgeführt werden können. Die ausgewiesenen Modernisierungsempfehlungen können auch freiwillige Angaben zur Amortisationsdauer oder zu den geschätzten Kosten pro eingesparter kWh Endenergie enthalten.

Weitere Informationen zur EU-Gebäuderichtlinie und zur EnEV 2014 sind im Internet unter www.febs.de in der Rubrik "Gesetze und Normen" verfügbar.

# ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom 1

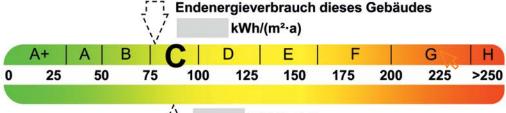
#### Erfasster Energieverbrauch des Gebäudes

Registriernummer<sup>2</sup>

(oder: "Registriernummer wurde beantragt am...")



#### Energieverbrauch



### kWh/(m²⋅a) Lj³ Primärenergieverbrauch dieses Gebäudes

#### Endenergieverbrauch dieses Gebäudes

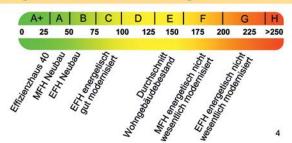
[Pflichtangabe für Immobilienanzeigen]

kWh/(m2·a)

#### Verbrauchserfassung - Heizung und Warmwasser

Zeitraum		Energieträger <sup>3</sup>	Primär- energie-	Energieverbrauch [kWh]	Anteil Warmwasser	Anteil Heizung [kWh]	Klima- faktor
von	bis		faktor	p.v.v.q	[kWh]	[KVVII]	Taktor
		6					

#### Vergleichswerte Endenergie



Die modellhaft ermittelten Vergleichswerte beziehen sich auf Gebäude, in denen die Wärme für Heizung und Warmwasser durch Heizkessel im Gebäude bereitgestellt wird.

Soll ein Energieverbrauch eines mit Fern- oder Nahwärme beheizten Gebäudes verglichen werden, ist zu beachten, dass hier normalerweise ein um 15 bis 30 % geringerer Energieverbrauch als bei vergleichbaren Gebäuden mit Kesselheizung zu erwarten ist.

#### Erläuterungen zum Verfahren

Das Verfahren zur Ermittlung des Energieverbrauchs ist durch die Energieeinsparverordnung vorgegeben. Die Werte der Skala sind spezifische Werte pro Quadratmeter Gebäudenutzfläche  $(A_N)$  nach der Energieeinsparverordnung, die im Allgemeinen größer ist als die Wohnfläche des Gebäudes. Der tatsächliche Energieverbrauch einer Wohnung oder eines Gebäudes weicht insbesondere wegen des Witterungseinflusses und sich ändernden Nutzerverhaltens vom angegebenen Energieverbrauch ab.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> siehe Fußnote 1 auf Seite 1 des Energieausweises

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> siehe Fußnote 2 auf Seite 1 des Energieausweises

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> gegebenenfalls auch Leerstandszuschläge, Warmwasser- oder Kühlpauschale in kWh

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> EFH: Einfamilienhaus, MFH: Mehrfamilienhaus

# ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude

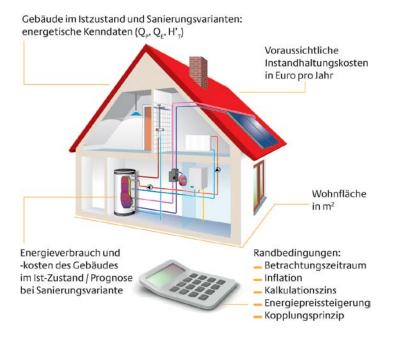
Registriernummer<sup>2</sup>

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom 1

Empreniungen des Ausstellers				(oder: "Registriernummer wurde beantragt am")			
Empfehlungen zur kostengünstigen Modernisierung							
Maßr	nahmen zur kostengü	instigen Verbesserung	der Energieeffizie	enz sind 🔲	möglich		nicht möglich
Empf	fohlene Modernisieru	ngsmaßnahm		and fall to be to the d			
Nr.	Bau- oder Anlagenteile		isierungsempfehlu	irtschaftlichkeit der ungen im Energieausweis in als Zusammenhang Einze		geschätzte	geschätzte Kosten pro
IVII.		einzelnen So	chritten	mit größerer Modernisierung	maß- nahme	tionszeit	t eingesparte Kilowatt- stunde Endenergie
			,				
		8					
				Geschä L Amortis	tzte sationszeit		
		-			ш		
				-			
					tzte Koste oarter kWh	n pro Endenergi	e
		gen auf gesondertem B					
Hinw	Hinweis: Modernisierungsempfehlungen für das Gebäude dienen lediglich der Information. Sie sind nur kurz gefasste Hinweise und kein Ersatz für eine Energieberatung.						
Genauere Angaben zu den Empfehlungen sind erhältlich bei/unter:							
Fraënzondo Erläutorungon zu den Angeben im Energiagusweig (*							
-19	Ergänzende Erläuterungen zu den Angaben im Energieausweis (Angaben freiwillig)						
1 sighs Full acts 1 auf Saits 1 des Engraisaususiess 2 sighs Full acts 2 auf Saits 1 des Engraisaususiess							

# 3. Datenermittlung: Grundlagen und Randbedingungen

Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen nach der Annuitätenmethode sind zuerst Grundlagen zu ermitteln und Randbedingungen zu definieren. Diese Parameter beeinflussen jeweils unterschiedlich die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und werden daher nachfolgend näher erläutert.



Bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nicht erfasst, aber dennoch wichtige Kriterien:

- Komfort und Behaglichkeit (z. B. angenehmeres Raumklima, bequemere Bedienung)
- Wertsteigerung der Immobilie
- Umweltkriterien wie z. B. geringere CO<sub>3</sub>-Emissionen
- Ästhetische Gesichtspunkte u.v.m.



Abb. 8: Überblick über die Grundlagen und Randbedingungen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

# 3.1 Gebäude im Istzustand und Sanierungsvarianten: energetische Kenndaten

Unabhängig von der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sind vorab energetische Kenndaten des Wohngebäudes im Istzustand und mit Sanierungsvarianten separat mittels einer entsprechenden Software zu bilanzieren. Dazu zählen insbesondere die Referenzgrößen Jahresprimärenergiebedarf (QP), Jahresendenergiebedarf (QE) und Transmissionswärmeverlust (H'T), an denen die energetische Qualität eines Gebäudes gemessen wird.

Dabei ist es sinnvoll, diejenigen Sanierungsmaßnahmen zu ermitteln, die sich an den Erfordernissen der geltenden EnEV und der verschiedenen Effizienzhaus-Standards (KfW-Effizienzhäuser 55, 70, 85, 100, 115 und KfW-Effizienzhaus Denkmal) orientieren. Diese Effizienzstandards stehen mit ihren Techniken und Produkten teilweise noch an der Schwelle zur

Wirtschaftlichkeit und ihre Umsetzung wird zur Marktverbreitung mit staatlichen Fördermitteln unterstützt. Eigentümer von Wohngebäuden können zum Beispiel die Förderprogramme der KfW Bankengruppe (KfW) zur Altbausanierung oder die Förderung des Marktanreizprogramms (MAP, ausgeführt durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle BAFA) für Heiztechniken auf Basis erneuerbarer Energien nutzen.

Die Inanspruchnahme einer staatlichen Förderung wirkt sich wiederum positiv auf die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung aus: Aus der Höhe der Zuschüsse zum Beispiel aus dem MAP und des Tilgungszuschusses eines KfW-Kredits sowie dem Vorteil eines KfW-Kredits über die Kreditlaufzeit wird der Wert der Förderung errechnet. Diese Größe wird bei der Kostenbetrachtung von den gesamten einmaligen Investitionskosten abgezogen und der Vorteil der Förderung sozusagen "gutgeschrieben". Zudem fließt der "Wert der Förderung" auch in die Berechnung des Kapitalwerts, des annuitätischen Gewinns und der Kosten pro eingesparter kWh Endenergie mit ein (siehe Kapitel 5).

Für die Berechnungen mit dem Wirtschaftlichkeitstool ist die Wohnfläche einmalig anzugeben. Sie ist relevant bei der Kostenermittlung von Sanierungsmaßnahmen wie der Erneuerung der Wärmeerzeugungsanlagen und dem Einbau von Lüftungsanlagen.



#### 3.2 Wohnfläche als Bezugsgröße

Abweichend von den Berechnungsmethoden der EnEV ist die Wohnfläche des Gebäudes Bezugsgröße für diese Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Die Systematik des Flächenbezugs orientiert sich dabei am Mietwohnungsbau. Bei vermieteten Wohngebäuden sind die Umlagemöglichkeiten von Investitionskosten auf die Miete relevant, die auf die Wohnfläche bezogen wird. Kosten von Investitionen werden zudem meist auf die Wohnfläche bezogen in Euro pro Quadratmeter Wohnfläche (€/m²Wohnfläche) angegeben.

3.3 Voraussichtliche laufende Instandhaltungskosten

Instandhaltungskosten sind als jährliche laufende Kosten zum Erhalt eines Gebäudes und seiner Technik zu veranschlagen (siehe auch Kapitel 4). Diese Kosten fallen sowohl im Gebäude im Istzustand als auch im sanierten Gebäude im Anschluss an eine Sanierung an. Die voraussichtlichen Instandhaltungskosten innerhalb des Betrachtungszeitraums werden in der vorliegenden Wirtschaftlichkeitsberechnung separat für das Gebäude im Istzustand und mit der Sanierungsvariante ermittelt und dargestellt.

Dabei gilt es zu beachten, dass in einem stark sanierungsbedürftigen Gebäude mit Instandhaltungsrückstau im Betrachtungszeitraum in der Regel hohe Instandhaltungskosten anfallen. In diesem Fall muss davon ausgegangen werden, dass in den nächsten Jahren umfassende Maßnahmen wie zum Beispiel eine Fassaden- und Dacherneuerung oder der Austausch des Heizkessels nötig sind, um den funktionsfähigen Zustand des Gebäudes zu erhalten. In einem gerade umfassend sanierten Gebäude fallen dagegen in der Regel geringere Instandhaltungskosten im Betrachtungszeitraum an (jedoch können durchaus höhere Wartungskosten wie beispielsweise zusätzlich für eine Solaranlage oder eine Lüftungsanlage auftreten).

Falls mit der Sanierungsvariante auch die Wohnfläche erweitert wird, ist im Tool einmalig die vergrößerte Wohnfläche einzutragen.

Das Wirtschaftlichkeitstool errechnet sowohl für das Gebäude im Istzustand als auch für die Sanierungsvariante die Instandhaltungskosten über den Betrachtungszeitraum. Zusätzlich wird die Kosteneinsparung als Differenz beider Werte abgebildet.

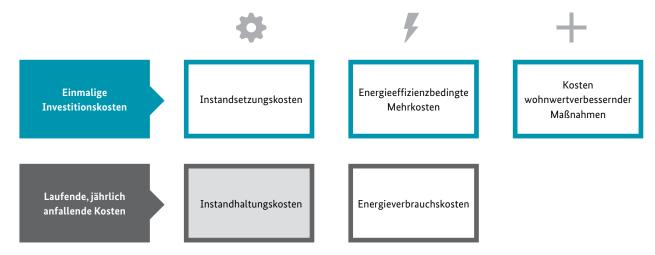


Abb. 9: Kostenkategorien bei Sanierungen von Gebäuden (siehe Kapitel 4)

# Abschätzung der voraussichtlichen Instandhaltungskosten pro Jahr

Bei der Ermittlung der voraussichtlichen Instandhaltungskosten kann vereinfachend davon ausgegangen werden, dass die Kosten für Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Verbesserung gleichmäßig über den Betrachtungszeitraum verteilt sind. Daher ist eine realistische Einschätzung dieser Kosten pro Jahr bei heutigen Preisen zu ermitteln. Für eine überschlägige Kostenermittlung ist es möglich, folgende Anhaltswerte zu verwenden:

- Jährliche Instandhaltungskosten im sanierungsbedürftigen Gebäude: 15 €/m² Wohnfläche
- Jährliche Instandhaltungskosten im sanierten Gebäude (bei Sanierungsvariante): 8 €/m² Wohnfläche

Alternativ können auch die Ansätze für Instandhaltungskosten aus der Zweiten Berechnungsverordnung (eher niedrige Ansätze³) oder nach der Petersschen Formel (eher hohe Ansätze) angewendet werden.

# 3.4 Energieverbrauch und -kosten des Gebäudes im Ist-Zustand

Der Endenergieverbrauch und die entsprechenden Energieverbrauchskosten des Gebäudes im Ist-Zustand sind möglichst realistisch zu ermitteln. Diese Werte fließen in die Berechnung der Wirtschaftlichkeit ein und werden im Ergebnis den Energieverbrauchskosten bei der Sanierungsvariante gegenübergestellt.

#### Ermittlung anhand vorliegender Energieverbrauchsabrechnungen

Ziel der Energieverbrauchserfassung ist es, einen repräsentativen Verbrauchswert des Gebäudes im Ist-Zustand (Heizenergie und Warmwasserbereitung) für ein oder (besser) mehrere Jahre abzuleiten.

Eine genaue Verbrauchserfassung in diesem Sinne ist jedoch oft schwierig – insbesondere, wenn das Gebäude mit nicht leitungsgebundenen Energieträgern versorgt wird. Zudem werden vor allem in kleinen Wohngebäuden zum Beispiel neben einer Zentralheizung oft weitere Heizsysteme zur Beheizung des Gebäudes eingesetzt, wie Kamine oder Kachelöfen. Auch die verbrauchten Energiemengen dieser zusätzlichen Heizsysteme sollten mit erfasst werden. Kurzfristige Effekte eines ungewöhnlichen Nutzerverhaltens (z. B. 50 % der beheizbaren Fläche aufgrund von Baumaßnahmen vorübergehend nicht nutzbar) oder Klimaschwankungen (z. B. ein außergewöhnlich langer und kalter Winter) sind bei der Verbrauchserfassung zu berücksichtigen bzw. herauszurechnen.

Die dena hat zum Thema Energieverbrauchsausweise und Verbrauchserfassung den "Leitfaden Energieausweis. Teil 3 – Energieverbrauchsausweise für Wohn- und Nichtwohngebäude"<sup>4</sup> herausgegeben. Für die Ermittlung des jährlichen, witterungsbereinigten Energieverbrauchs sollten möglichst Abrechnungswerte mehrerer Jahre vorliegen. Mit jedem zusätzlichen Abrechnungsjahr gleichen sich Nutzungs- und Witterungseinflüsse weiter aus. Mindestens sollten jedoch Abrechnungen für ein vollständiges Jahr vorliegen. Ein Berechnungsverfahren zur Witterungsbereinigung des Energieverbrauchs ist in der "Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte im Wohngebäudebestand vom 7. April 2015"5 des BMWi und BMUB zu finden. Multipliziert man den nutzungs- und witterungsbereinigten Energieverbrauch mit dem Energiepreis des/der Energieträger(s) ergeben sich die Energieverbrauchskosten eines Jahres für das Gebäude im Ist-Zustand.

Die Bekanntmachung<sup>s</sup> steht unter **www.febs.de** in der Rubrik "Service, Downloads, ENEV".



#### Ermittlung anhand des berechneten Endenergiebedarfs

Wenn zum Beispiel aufgrund fehlender Abrechnungsunterlagen des Energielieferanten die Ermittlung eines repräsentativen Energieverbrauchs (Heizenergie und Warmwasserbereitung) für das Gebäude nicht möglich ist, kann der bilanzierte Endenergiebedarf des Gebäudes im Ist-Zustand für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung herangezogen werden. Dabei gilt es jedoch zu beachten, dass nach Erfahrungswerten Abweichungen zwischen dem errechneten Energiebedarf nach EnEV und dem gemessenen, nutzer- und witterungsbereinigten Energieverbrauch auftreten. Untersuchungen<sup>1,7,8,9</sup> zeigen gegenüber dem berechneten Energiebedarf systematisch einen geringeren gemessenen Energieverbrauch. Die Abweichung ist für Ein- und Zweifamilienhäuser größer als für große Mehrfamilienhäuser.

Für Wohngebäude: Die detaillierte Herangehensweise bei einem Verbrauchs-Bedarfs-Abgleich bei Wohngebäuden mit Praxistipps und Anhaltswerten für Anpassungen der Bedarfsbilanz ist im "Leitfaden Energieausweis. Teil 1 – Energiebedarfsausweis: Datenaufnahme Wohngebäude" beschrieben

Für eine möglichst realistische Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist es relevant, dass die berechneten Energieeinsparungen mit der Sanierungsvariante auch später in der Praxis annähernd erzielt werden und nicht zu hoch angesetzt sind. Daher wird sehr empfohlen, den bilanzierten Endenergiebedarf des Gebäudes im Ist-Zustand kritisch zu untersuchen und den realen Nutzungsbedingungen anzupassen. Die tatsächliche Nutzung eines Gebäudes kann mehr oder weniger stark von der Normnutzung nach EnEV abweichen. Folgende typische Einflussfaktoren sollten betrachtet werden:

#### Teilbeheizung des Gebäudes

In der Praxis werden oft nicht alle Wohnräume gleichermaßen beheizt. Besonders wenn wenigen Bewohnern eine große Wohnfläche zur Verfügung steht, bleiben häufig selten genutzte Gästezimmer, Hobbyräume oder Nebenräume weitgehend unbeheizt. Dieses Nutzerverhalten kann über eine Absenkung der durchschnittlichen Raumtemperatur berücksichtigt werden.

#### Raumtemperatur

Die tatsächliche Raumtemperatur hat einen erheblichen Einfluss auf den Energieverbrauch eines Wohngebäudes und kann sich stark von der Raumtemperatur des Standardnutzungsprofils (19 °C nach DIN V 4108 oder 20 °C nach DIN V 18599) unterscheiden. Zudem hat der energetische Standard des Gebäudes einen Einfluss darauf, welche Temperatur als behaglich empfunden wird. Nachtabsenkung und räumliche Teilbeheizung tragen bei schlechtem Wärmeschutz stark zu einer Temperaturabsenkung bei. In der Folge liegen die zeitlichen und räumlichen Mittelwerte der Raumtemperatur in Gebäuden mit schlechtem Wärmeschutz meist viel tiefer als bei gut gedämmten Gebäuden. In der dena-Sanierungsstudie Teil 211, die stark sanierungsbedürftige und anschließend energetisch sehr gut sanierte selbstgenutzte Wohngebäude untersucht, wurde beispielsweise im unsanierten Zustand mit einer durchschnittlichen mittleren Raumtemperatur von 16,2 °C bilanziert.

#### Lüftungswärmeverluste und reduzierter Luftwechsel

Eine Dauerbelüftung durch ständig gekippte Fenster in Schlafräumen und Kellern oder geöffnete Dachluken kann den Lüftungswärmebedarf eines Gebäudes erheblich erhöhen. Viele Einfamilienhäuser hingegen weisen sehr viel Platz je Person auf und viele Räume werden nicht aktiv belüftet, dort wirkt oftmals nur ein reduzierter Luftwechsel. Die Luftwechselzahl sollte entsprechend angepasst werden. In der dena-Sanierungsstudie Teil 2<sup>11</sup> wurde beispielsweise für die selbstgenutzten Wohngebäude im Zustand vor der Sanierung ein mittlerer Luftwechsel von 0,3 h-1 (Fensterlüftung) angesetzt.

 Warmwasserverbrauch Der Warmwasserverbrauch von Gebäuden schwankt – wie die anderen Nutzungsranddaten auch – erheblich mit der Personenbelegungsdichte. Der Warmwasserverbrauch sollte dem Nutzerverhalten angepasst werden.

Multipliziert man den abgeglichenen Endenergiebedarf mit dem Energiepreis des/der Energieträger(s) ergeben sich die Energieverbrauchskosten eines Jahres für das Gebäude im Ist-Zustand.

Das IWU stellt unter www.iwu.de den Leitfaden "Energiebewusste Gebäudeplanung"<sup>12</sup> und ein Rechentool zur Verfügung. Es kann der Endenergiebedarf eines Wohngebäudes errechnet werden. Die Energiebedarfskennwerte stimmen im Vergleich zu den Ergebnissen der EnEV besser mit gemessenen Energieverbrauchskennwerten überein.



#### 3.5 Prognose des Energieverbrauchs und der Energiekosten bei Sanierungsvariante

Der prognostizierte jährliche Endenergieverbrauch des Gebäudes bei der Sanierungsvariante und damit die zukünftigen jährlichen Energieverbrauchskosten sind ebenfalls möglichst realistisch abzuschätzen. Diese Werte fließen in die Berechnung der Wirtschaftlichkeit ein und sind relevant für die Ermittlung der jährlichen Energiekosteneinsparung. Dabei gilt es, Folgendes zu beachten:

#### Rebound-Effekte

Die Erfahrung, dass sich ein errechnetes Energieeinsparpotenzial nach der Sanierung nicht vollständig im tatsächlichen Energieverbrauch niederschlägt, wird unter dem Begriff "Rebound-Effekt" diskutiert. Grund hierfür ist zumeist eine Steigerung des Energieverbrauchs seitens der Nutzer. So werden zum Beispiel nach einer Sanierung höhere Raumtemperaturen erreicht oder alle Räume eines Gebäudes werden nun gleichmäßig beheizt. Auch eine Erweiterung der Wohnfläche im Zuge der Sanierung führt zu einem höheren Endenergieverbrauch.

 Berücksichtigung von Rebound-Effekten im Endenergiebedarf der Sanierungsvariante

Bei Bilanzierung der Sanierungsvariante mit einer EnEV-Software wird der Endenergiebedarf für die verschiedenen Energieträger nach Normnutzung der EnEV berechnet. Dieser errechnete Endenergiebedarf stellt für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einen Anhaltswert dar, der auf seine zukünftige Praxistauglichkeit hin überprüft werden sollte. Ein Ansatzpunkt dafür ist die Korrektur der mittleren Raumtemperatur. Nach einer umfassenden energetischen Sanierung steigt zum Beispiel die mittlere Raumtemperatur auf über 19 °C an, je nach energeti-

schem Standard. Über diese erhöhte mittlere Raumtemperatur werden die Lüftungs- und Transmissionswärmeverluste des Gebäudes mit Sanierungsvariante berechnet. Damit kann der empirisch nachgewiesene Effekt höherer Raumtemperaturen nach energetischer Sanierung abgebildet werden. Die resultierende Energieeinsparung wird im Vergleich zur EnEV-Berechnung realistischer, das heißt niedriger berechnet.

- Erfahrungen der dena: Studie zur Verbrauchsauswertung energieeffizienter Gebäude Im Rahmen der Studie¹³ wurden 63 hocheffiziente dena-Projekte analysiert. Dazu wurden die Energieverbrauchsdaten der sanierten und bereits über mehrere Heizperioden bewohnten Gebäude erhoben und kontinuierlich ausgewertet. So konnte bei abweichendem Energieverbrauch frühzeitig gegengesteuert werden. Im Ergebnis konnte der Energieverbrauch über alle Projekte im Mittel um 76 % reduziert werden. Die zuvor prognostizierte Energieeinsparung von im Mittel 80 % wurde damit annähernd erreicht. Bei der Einzelbetrachtung wird deutlich, dass die meisten der untersuchten Projekte in einem Korridor von +/− 10 % von der Energiebedarfsprognose abweichen. Einige Einzelprojekte weisen jedoch einen erheblich höheren Energieverbrauch auf, als nach Energiebedarfsberechnung geplant wurde.
- Individuelles Nutzerverhalten Der Erfolg einer Sanierung und die damit erzielbare Energieverbrauchseinsparung hängen wesentlich von einer guten Planung und Ausführung sowie vom individuellen Nutzerverhalten ab. Eine Nutzereinweisung nach erfolgter Sanierung in zum Beispiel die neue Heiz- und Lüftungstechnik kann die Bewohner für das Thema Energieverbrauch sensibilisieren und das Verhalten nachhaltig beeinflussen.

Rebound: Effekte, die das Einsparpotenzial von Effizienzmaßnahmen reduzieren oder ganz vernichten.



#### 3.6 Randbedingungen in der Betrachtung nach der Annuitätenmethode

Zu den Randbedingungen dieser Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zählen Größen wie der Betrachtungszeitraum, die Inflation, der Kalkulationszins und die Energiepreissteigerung. Je nachdem, welche Werte für die genannten Größen angenommen werden, beeinflussen sie entsprechend die Ergebnisse

der Wirtschaftlichkeitsberechnung. Eine weitere Randbedingung ist das sogenannte "Kopplungsprinzip". Die Randbedingungen werden im Folgenden erläutert und Hinweise für Größenansätze gegeben.



Abb. 10: Überblick über die Randbedingungen in der Betrachtung nach der Annuitätenmethode

#### Betrachtungszeitraum

Als Betrachtungszeitraum wird die Nutzungsdauer der in einer Sanierung erneuerten Bauteile und technischen Komponenten gewählt. So wird ermittelt, ob sie sich innerhalb ihres Lebenszyklus rentieren. Die Nutzungsdauer variiert natürlich zwischen den verschiedenen Teilen eines Gebäudes: Bauteile wie Fenster, Dach und Außenwände sowie deren Dämmvarianten halten für gewöhnlich mindestens 30 Jahre bis mindestens 50 Jahre, Heizung sowie Lüftungs- und Solaranlage mindestens 20 Jahre. Im Rahmen einer Effizienzhaus-Sanierung werden gewöhnlich Bauteile und Anlagenkomponenten mit verschiedenen Nutzungsdauern erneuert. Um die Komplexität der Berechnung zu begrenzen, wird für diese Fälle ein "mittlerer" Betrachtungszeitraum von 20 Jahren empfohlen.

Das BMVBS veröffentlicht unter www.nachhaltigesbauen.de Nutzungsdauern von Bauteilen. Anhaltswerte für die Lebensdauer von technischen Anlagen und Komponenten bietet die VDI 2067<sup>14</sup>.

#### Ersatzbeschaffungen und Restwerte

Übersteigt der gewählte Betrachtungszeitraum die Nutzungsdauer einzelner Bauteile, so ist nach VDI 2067 mit Kosten für die Ersatzbeschaffungen und Restwerten dieser Bauteile zu rechnen. Diese werden barwertig zu den Investitionskosten addiert.

#### Inflation (nominal)

Die Inflation (nominal) ist die angenommene allgemeine Teuerungsrate für den Betrachtungszeitraum. Bei einer Inflation sinkt der entsprechende Geldwert bzw. das allgemeine Preisniveau steigt. Das Geld wird entwertet. Mit der Inflationsrate wird dargestellt, wie stark die Lebenshaltungskosten zukünftig steigen werden. Nach der Europäischen Zentralbank (EZB) liegt eine Preisstabilität bei einer Inflation von bis zu 2 % vor.

Im Wirtschaftlichkeitstool ist ein Betrachtungszeitraum von 20 Jahren voreingestellt, der individuell modifiziert werden kann.

Die Inflationsrate hat in der Wirtschaftlichkeitsberechnung Auswirkung auf verschiedene Größen. Je höher die Inflationsrate, umso attraktiver ist das Vorziehen von Investitionen, weil sie heute noch weniger kosten. Angaben zur aktuellen Inflationsrate sind beim Statistischen Bundesamt unter www. destatis.de zu finden.

#### Kalkulationszins (nominal)

Der Kalkulationszins (nominal) ist der auf das Jahr bezogene Zinssatz, mit dem sämtliche Zahlungsströme (Einnahmen/ Einzahlungen und Ausgaben/Auszahlungen) rund um die Investition auf den Bezugszeitpunkt abgezinst werden. Er sagt aus, welche Verzinsung eine Investition haben sollte, und ist von verschiedenen Parametern abhängig, wie zum Beispiel dem Zinssatz des Fremdkapitals, dem Risikoaufschlag, dem Wagnis oder der Dauer der Investition. Wenn beispielsweise mit einer Investition eine Mindestrendite erreicht werden soll, so ist diese als Kalkulationszins anzugeben.

Vereinfachend kann bei einer reinen Fremdfinanzierung der Investition der marktübliche Zinssatz des aufzunehmenden Kredits angesetzt werden. Bei reiner Eigenfinanzierung hängen die Kapitalkosten vom entgangenen Nutzen, zum Beispiel von entgangenen Zinsen einer alternativen Kapitalanlage, ab. Zuweilen kann der Einsatz von Eigenkapital auch "teurer" sein als der Einsatz von Fremdkapital. Bei Mischfinanzierungen aus Eigenund Fremdkapital kann der Kalkulationszins gewichtet werden (aus Weighted Average Cost of Capital).

#### Ein Beispiel:

- 25 % Eigenkapital zu 3 % und
- 75 % Fremdkapital zu 5 % ergeben
- einen Kalkulationszins von 4,5 %
- (25 × 3 %) / 100 + (75 × 5 %) / 100 = 0,75 % + 3,75 % = 4,5 %

#### **Energiepreissteigerung (nominal)**

Die Energiepreissteigerung gibt an, wie der Preis eines Energieträgers als Betrag (nominal) zukünftig steigen wird. Wird angenommen, dass sich Energie proportional zum allgemeinen Preisniveau verteuert, ist hier der Wert der Inflationsrate einzugeben. Wird erwartet, dass sich Energie überproportional verteuert, ist ein höherer Wert einzugeben. Wird angenommen, dass sich Energie weniger verteuert, als das allgemeine Preisniveau steigt, ist ein geringerer Wert als die allgemeine Inflationsrate einzugeben. In der nominalen Energiepreissteigerung ist die Inflation bereits mit enthalten. Bei der Ermittlung der Energiepreissteigerung kann auf Daten des Statistischen Bundesamtes zurückgegriffen werden, das Angaben zu Energiepreisen der letzten Jahre unter www.destatis.de zur Verfügung stellt.

# Bei der Festlegung der Energiepreissteigerung ist Folgendes zu beachten:

- Viele Investoren neigen zu der Annahme, dass die Energiepreise im Betrachtungszeitraum konstant bleiben. Dies kann für kurz- bis mittelfristige Betrachtungszeiträume durchaus angebracht sein.
- Gerade bei langfristigen Investitionen wie zum Beispiel der Modernisierung der Gebäudehülle wirkt sich eine unterschätzte Energiepreissteigerung nachteilig auf die Bewertung der Wirtschaftlichkeit der Maßnahme aus. Der Blick auf die Energiepreisentwicklung der letzten Jahre zeigt: Die Verbraucherpreise für Heizenergie haben sich im Zeitraum von 1995 bis 2012 mehr als verdoppelt (gewichtetes Mittel der Verbraucherpreise für Öl, Gas, Strom, Fernwärme und Kohle). Die Teuerungsrate für Energie wird daher zukünftig voraussichtlich höher als die allgemeine Inflationsrate oder zumindest gleich hoch ausfallen. Mit der Durchführung von Energiesparmaßnahmen kann sich ein Investor somit unabhängiger von zukünftigen Energiepreissteigerungen machen.

#### Kopplungsprinzip

Die in diesem Leitfaden vorgenommene Bewertung der Instandsetzungskosten und der energieeffizienzbedingten Mehrkosten (siehe Kapitel 4) basiert auf dem sogenannten "Kopplungsprinzip". Energiesparmaßnahmen werden nur dann durchgeführt, wenn am Bauteil ohnehin aus Gründen der Instandhaltung bzw. Verkehrssicherungspflicht Maßnahmen erforderlich werden. Im Falle einer vorzeitigen Sanierung von Bau- und Anlagenteilen sind die energieeffizienzbedingten Mehrkosten der entsprechenden Energiesparmaßnahmen in der Regel höher und beinhalten mehr Leistungen, als im vorliegenden Leitfaden beschrieben. Denn beispielsweise fallen bei Sanierung der Außenwände bei intaktem Deckputz geringere Instandhaltungskosten an.

Die im Wirtschaftlichkeitstool angesetzten energieeffizienzbedingten Mehrkosten basieren auf dem Kopplungsprinzip. Hierbei wird davon ausgegangen, dass Baubzw. Anlagenteile in sanierungsbedürftigem Zustand sind. Falls eine Maßnahme vorzeitig umgesetzt wird, können die jeweiligen Kostenanteile vom Anwender individuell angepasst werden.

# Grundlagen und Randbedingungen im Wirtschaftlichkeitstool

Im Wirtschaftlichkeitstool sind die Grundlagendaten und Randbedingungen anzugeben bzw. auszuwählen. Voreingestellte Werte können bei Bedarf individuell verändert werden. Die Energiepreise für die verschiedenen Energieträger (Erdgas, Fernwärme, Flüssiggas, Heizöl, Holz, Holzpellets, Kohle, Strom, Wärmepumpenstrom, Hilfsstrom) sind voreingestellt und können vom Anwender bei Bedarf angepasst werden. Abbildung 22 zeigt die ausgewählten Randbedingungen eines Beispielgebäudes.

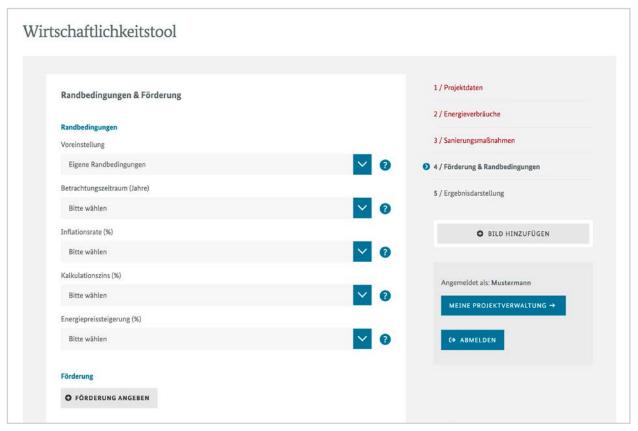


Abb. 11: Wirtschaftlichkeitstool: Grundlagen und Randbedingungen eines Beispielgebäudes

# 4. Differenzierte Kostenbetrachtung bei Sanierungen und Kostenermittlung

Voraussetzung für eine verlässliche Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist die genaue Differenzierung der anfallenden Gesamtkosten einer energetischen Sanierung. Dabei ist zwischen einmaligen Investitionskosten im Rahmen einer Sanierung und jährlich anfallenden Kosten am Wohngebäude zu unterscheiden. Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die einzelnen Kostenkategorien:

Einmalige Investitionskosten zur Sanierung des Wohngebäudes				
Vollkosten der Sanierung	Instandset- zungskosten	Anteilige Kosten für Maßnahmen zur Wiederherstellung des funktionsfähigen Zustands von (technischen) Anlagen, Geräten, Bauelementen und Funktionseinheiten des Gebäudes. Instandsetzung bedeutet oft die Reparatur bzw. den Austausch von Bauteilen. Auch das Verbessern von Bau- und Anlagenteilen auf den Stand der Technik zählt zur Instandsetzung. In der Regel wird mit einer energetischen Sanierung das Gebäude auch instand gesetzt.		
	Energieeffizi- enzbedingte Mehrkosten	Anteilige Kosten zum Erreichen einer Energieeinsparung, die gegenüber einer reinen Instandsetzungsmaßnahme anfallen, das heißt anteilige Kosten für energetisch wirksame Bestandteile und Mehraufwendungen an einem Bauteil.		
Kosten wohnwert Maßnahmen	everbessernder	Kosten für Maßnahmen wie unter anderem Wohnraumerweiterung (z.B. Dachausbau, Balkonausbau), Modernisierung des Innenausbaus (z.B. Badmodernisierung), Erneuerung von Außenanlagen oder nachträglichen Einbau eines zentralen Warmwasser- und Wärmeverteilsystems und von Heizkörpern.		

Laufende, jährlich anfallende Kosten am Wohngebäude

Instandhaltungskosten (Wartung und Instandsetzung)	Nach DIN 31051: 2012 <sup>15</sup> technische und administrative Maßnahmen während des Lebenszyklus eines Gebäudes, die zur Erhaltung (und Verbesserung) des funktionsfähigen Zustands oder zur Rückführung in diesen dienen, sodass das Gebäude ordnungsgemäß genutzt werden kann. Zur Instandhaltung gehören Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Verbesserung.
Energieverbrauchskosten	Kosten zur Beheizung des Wohngebäudes und zur Warmwasserbereitung (siehe Kapitel 3.4). Dazu können ein oder mehrere Energieträger verwendet werden.

Tab. 1: Erläuterung zu den Kostenkategorien bei Sanierungen von Gebäuden

#### 4.1 Vollkosten der Sanierung

Als Vollkosten der Sanierung werden bei dieser Wirtschaftlichkeitsbetrachtung im selbstgenutzten Wohnungsbau alle Instandsetzungskosten einschließlich der Kosten für die energiesparenden Maßnahmen an der Gebäudehülle (Wärmedämmung/Fenster mit allen damit verbundenen Nebenkosten), der Kosten für eventuellen zusätzlichen baulichen Aufwand und zusätzlichen Planungsaufwand zur Vermeidung von Wärmebrücken sowie der Kosten der energierelevanten Anlagentechnik (Heizung/Lüftung) bezeichnet (Kostengruppe 300 und 400 DIN 276).

# Beispiel Dämmung Außenwand – Wärmedämmverbundsystem (WDVS)

Vollkosten für ein Wärmedämmverbundsystem beziehen sich auf die Kosten einschließlich aller Systemkomponenten und aller relevanten Nebenkosten wie zum Beispiel:

- Baustelleneinrichtung, Flächen abdecken, Altputz abschlagen, Fassade reinigen
- Demontage/Montage neuer Außenfensterbänke mit Antidröhnbändern und ggf. Dämmkeilen, Demontage/Montage von Fenstergittern, Geländern
- Herstellen eines tragfähigen Untergrunds und Deckputzes, Abschlussleisten, Dichtbänder, gegebenenfalls Zierelemente, Farbanstriche/Farbtonzulagen
- Armierung, Gewebelagen, Eckschutzschienen, Armierungsnutz
- Versetzen von Fall- und Standrohren und weitere Spenglerarheiten
- Verlängerung von Dachüberständen Ortgang/Traufe, Anstrich von Dachüberständen und Gesimsen
- Sockelabdichtungen und Sockelputz
- Alle Elektroinstallationen auf der Fassade
- Kosten zur Vermeidung von Wärmebrücken (z. B. Abbruch von Gartenmauern, das Abschlagen von Fensteranschlägen etc.)
- Dämmung von Loggien
- Erschwerniszulagen für zum Beispiel Arbeiten über Kopf

Nicht enthalten sind die Kosten für das Gerüst und die oberseitige nachträgliche Dämmung von Böden auf Balkonen und Loggien.

#### Beispiel neuer Pelletkessel

Die Systemgrenze für die Kostenermittlung ist in diesem Fall der Heizraum mit dem Brennstofflager. Die Vollkosten für den Einbau eines neuen Pelletkessels beinhalten die Kosten für Montage, Inbetriebnahme und Abnahme durch den Schornsteinfeger inklusive aller weiteren Kosten wie zum Beispiel für Durchbrüche von Rohrleitungen im Heizungskeller und deren Dämmung, für Pumpen und Wärmemengenzähler sowie für das Pelletlager und alle Anlagenteile wie beispielsweise Saug- oder Fördereinrichtungen. Zudem sind die Kosten für die Demontage und Entsorgung des alten Kessels und aller alten Anlagenkomponenten wie gegebenenfalls Wasseraufbereitungsanlagen, Speicher und Pumpen sowie für die Entsorgung zum Beispiel alter Öltanks bei Energieträgerwechsel enthalten. Nicht enthalten sind die Kosten für das Wärmeverteilsystem im Gebäude und für Heizkörper bzw. Fußbodenheizungen (wohnwertverbessernde Maßnahmen). Ein hydraulischer Abgleich der neuen Heizungsanlage sollte vorgenommen werden. Diese Kosten werden der Energiesparmaßnahme "Hydraulischer Abgleich" zugeordnet und zählen zu den Vollkosten einer Sanierung.

#### 4.2 Instandsetzungskosten

In der Regel wird mit der energetischen Sanierung das Gebäude auch instand gesetzt. Instandsetzungskosten sind alle Kosten von Maßnahmen zur Wiederherstellung des funktionsfähigen Zustands von (technischen) Anlagen, Geräten, Bauelementen oder Funktionseinheiten des Gebäudes. Instandsetzung bedeutet oft die Reparatur bzw. den Austausch von Bauteilen. Dazu zählt zum Beispiel eine Putzerneuerung, die bei schadhaftem Putz erforderlich wird, oder auch die Erneuerung eines alten Heizkessels bei Ausfall des Brenners.

### Beispiel Dämmung Außenwand – Wärmedämmverbundsystem (WDVS)

- Kosten aus der ohnehin erforderlichen Instandsetzung entstehen aus Vorarbeiten und sonstigen Arbeiten wie:
- Baustelleneinrichtung, Abdecken von Flächen, Abschlagen des Altputzes bzw. Reinigen der Fassade
- Herstellen eines tragfähigen Untergrunds, Herstellen von Sockelfeuchtigkeitsabdichtung und Sockelputz
- Eventuell erforderliche Demontage und Erneuerung von einzelnen Elementen wie Außenleuchten, Steckdosen, Klingelanlagen und Ähnlichem
- Spenglerarbeiten für zum Beispiel neue Regenfallrohre, Balkongeländer oder Fenstergitter
- Herstellen des Grund- und Armierungsputzes, Aufbringen des Deckputzes auf der Fassade und den Fensterlaibungen, Aufbringen von Zierelementen, zusätzliche dekorative Arbeiten an Fensterfaschen, jeweils mit allen Nebenarbeiten und Zulagen

Diese Maßnahmen und die damit verbundenen Kosten sind im Zuge einer umfassenden Instandsetzung der Fassade ohnehin erforderlich und weitgehend unabhängig von einer eventuell an die Instandsetzung gekoppelten Sanierung mit einem Wärmedämmverbundsystem. Diese Kosten zählen daher zu den Instandsetzungskosten.

Instandsetzungskosten fallen auch an, wenn einzelne Bauoder Anlagenteile auf den aktuellen Stand der Technik gebracht werden. Der aktuelle Stand der Technik bezieht sich
hierbei auf die Anforderungen der geltenden Energieeinsparverordnung (EnEV). Mit der EnEV 2014<sup>2</sup> sind im Vergleich zur
EnEV 2009 für bestehende Wohngebäude keine wesentlichen
Verschärfungen vorgesehen (siehe Kapitel 2.4).

#### Beispiel neue 2-Scheiben-Wärmeschutzfenster

Die EnEV fordert den Einbau energetisch verbesserter Fenster für den Fall, dass die Fenster aus Gründen einer ohnehin anstehenden Instandsetzung ausgetauscht werden. Als Standard kann eine 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit Ug = 1,1 W/(m²·K), Kunststoffrahmen mit Uf = 1,35 W/(m²·K) und Alu-Randverbund angesetzt werden. Der Uw-Wert eines solchen Fensters liegt bei etwa 1,3 W/(m²·K) (Anforderung an Fenster siehe Anlage 3, Tabelle 1 EnEV 2014²). Die Kosten für ein solches Fenster werden bei einer Fenstererneuerung als Instandsetzungskosten angesetzt. Energieeffizienzbedingte Mehrkosten entstehen durch den Übergang zur 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit verbessertem Randverbund (siehe Kapitel 4.3).

#### Beispiel neuer Brennwertkessel (Öl/Gas)

Ebenso wird beim Einbau einer neuen Heizungsanlage im Rahmen der Sanierung ein Gas- bzw. Öl-Brennwertkessel als Stand der Technik (Standard nach EnEV 2014²) angesetzt. Die Kosten für den Gas- bzw. Öl-Brennwertkessel bei Ersatz zum Beispiel eines alten Niedertemperaturkessels werden damit den Instandsetzungskosten zugeordnet. Wird eine Ergänzung mit erneuerbaren Energien vorgenommen (beispielsweise Solaranlage zur Unterstützung der Warmwasserbereitung), fließen diese Maßnahmenkosten zu 100 % in die energieeffizienzbedingten Mehrkosten ein (siehe Kapitel 4.3).

#### Beispiel neue Abluftanlage

Der Einsatz einer Abluftanlage ist eine Maßnahme zur Gewährleistung einer dauerhaft hohen Raumluftqualität in Wohnräumen. Abluftanlagen dienen nicht zur Energieeinsparung, sondern sichern vielmehr eine zeitgemäße gute Luftqualität. Eine Abluftanlage wird bei Einbau einer neuen Lüftungsanlage als Stand der Technik (Standard nach EnEV 2014²) angesetzt. Die Kosten für eine Abluftanlage werden den Instandsetzungskosten zugeordnet. Lediglich gegenüber dem Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung entstehen energieeffizienzbedingte Mehrkosten (siehe Kapitel 4.3).

# 4.3 Energieeffizienzbedingte Mehrkosten

Die energieeffizienzbedingten Mehrkosten sind die Kosten, die zusätzlich zu einer ohnehin durchgeführten baulichen oder anlagentechnischen Instandsetzungsmaßnahme anfallen. Ist beispielsweise der Putz erneuerungsbedürftig und wird mit der Fassadensanierung eine Dämmung aufgebracht, so zählen die Kosten für die Dämmschicht, inklusive aller Nebenkosten wie Fensterbankerweiterung, eventueller Verlängerung der Dachauskragung etc., zu den energieeffizienzbedingten Mehrkosten.

### Beispiel Dämmung Außenwand – Wärmedämmverbundsystem (WDVS)

Bei der Dämmung einer Fassade im Zuge einer sowieso anstehenden umfassenden Instandsetzung beinhalten die energieeffizienzbedingten Mehrkosten:

- Dämmstoff verkleben, schleifen
- Alle Nebenarbeiten für das WDVS wie zum Beispiel Dämmung im Sockelbereich sowie im Bereich von Loggien und Fensterlaibungen, Sockelschienen, Montageplatten, das Verdübeln, Dichtungsbänder, eventuell die Vergrößerung von Dachüberständen
- Alle zusätzlichen Maßnahmen zur Vermeidung von Wärmebrücken
- Systemgerechte Fensterbänke mit unterschiedlichen Ausladungen
- Eventuell erforderliche Brandschutzausbildungen
- Kleinere Nebenarbeiten wie zum Beispiel das Versetzen von Elektroanschlüssen

#### Beispiel neue 3-Scheiben-Wärmeschutzfenster

Energieeffizienzbedingte Mehrkosten entstehen durch den Übergang von der 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit Kunststoffrahmen und Alu-Randverbund zur 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit verbessertem Randverbund.

### Heizungsmodernisierung mit Solaranlage bzw. mit regenerativen Energieträgern

Energieeffizienzbedingte Mehrkosten im Zuge einer Heizungsmodernisierung entstehen durch eine Solaranlage zur Unterstützung der Warmwasserbereitung und gegebenenfalls zur Heizungsunterstützung sowie durch den Einsatz von Heizungsanlagen mit regenerativen Energieträgern (Pelletkessel, Erdwärmepumpe, Luft/Wasser-Wärmepumpe).

#### Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Energieeffizienzbedingte Mehrkosten entstehen beim Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (im Vergleich zur Abluftanlage). Auch Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung gewährleisten eine dauerhaft hohe Raumluftqualität, darüber hinaus führen sie zu einer Reduzierung der Lüftungswärmeverluste und tragen damit zur Energieeinsparung bei.

### Beispiel Dämmung Kellerdecke und oberste Geschossdecke

Diese Maßnahmen dienen rein der Energieeinsparung. Daher sind die gesamten Kosten als energieeffizienzbedingte Mehrkosten anzusetzen. Zudem fallen keine Instandsetzungskosten an, da für die Bauteile Kellerdecke und oberste Geschossdecke in der Regel über die Lebensdauer des Gebäudes keine Instandsetzung erforderlich ist.

#### Hydraulischer Abgleich des Heizsystems

Die gesamten Kosten für die Durchführung des hydraulischen Abgleichs zählen zu den energieeffizienzbedingten Mehrkosten, da die Maßnahme rein der Energieeinsparung dient. Zu den Kosten zählen: Kosten für Anfahrten, für das Aufmaß aller Räume und Heizkörper sowie des Rohrnetzes vor Ort, für die Pumpenbemessung, für die Vorlauftemperaturberechnung und eine Berechnung der Einstellparameter für voreinstellbare Thermostatventile sowie für die Einstellung der Parameter vor Ort. Kosten für den Austausch von Pumpen und Thermostatventilen (Material und Arbeitsleistung) sind ebenfalls enthalten.

# 4.4 Kosten wohnwertverbessernder Maßnahmen

Kosten, die den Wohnwert einer Immobilie verbessern, fallen zum Beispiel für eine Badsanierung, den Bau eines Fahrradkellers oder die Gestaltung von Außenanlagen an. Diese Maßnahmen werden häufig mit einer energetischen Sanierung kombiniert, haben aber naturgemäß nichts mit der Energieeffizienz eines Gebäudes zu tun und werden damit im vorliegenden Leitfaden und in den Berechnungen mit dem Wirtschaftlichkeitstool nicht betrachtet. Hintergrund ist, dass diese Kosten nicht aus den Anforderungen der geltenden EnEV, sondern aus den Komfortansprüchen der heutigen Zeit entstehen. Zu den wohnwertverbessernden Maßnahmen zählen weiterhin Aus- und Umbauten (Wohnflächenerweiterung), neue Wohnungsgrundrisse, Sanitäreinrichtungen, Eingangsbereiche, Kellereinbauten, Elektroinstallationen innerhalb des Hauses und Ähnliches. Zudem werden Maßnahmen wie der nachträgliche Einbau eines zentralen Warmwasser- und Wärmeverteilsystems und der Einbau von Heizkörpern oder Fußbodenheizungen den wohnwertverbessernden Maßnahmen zugeordnet.

Beachten Sie, dass auch bei der Beibehaltung des energetischen Zustands im Betrachtungszeitraum umfangreiche Instandhaltungskosten anfallen können. Ein Außerachtlassen dieser Kosten würde das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung künstlich zuungunsten der energetischen Modernisierungsmaßnahmen beeinflussen.

#### 4.5 Laufende Instandhaltungskosten

Unter Instandhaltung nach DIN 31051: 2012 sind technische und administrative Maßnahmen während des Lebenszyklus eines Gebäudes zu verstehen, "die zur Erhaltung (und Verbesserung) des funktionsfähigen Zustands oder Rückführung in diesen dienen"15, sodass das Gebäude ordnungsgemäß genutzt werden kann. Die Instandhaltung wird nach DIN 31051: 2012 in

- Wartung,
- Inspektion,
- Instandsetzung und
- Verbesserung

unterteilt. Zu den Maßnahmen im Rahmen einer Instandhaltung zählen zum Beispiel die Wartung der Heizung und die Überprüfung durch den Schornsteinfeger, eine teilweise Putzerneuerung, die bei schadhaftem Putz erforderlich wird, Ausbesserungsarbeiten am Dach oder der Austausch des Brenners am Heizkessel bei Ausfall.

Damit sind Instandhaltungskosten als laufende, jährlich anfall-ende Kosten zum Erhalt der Funktionsfähigkeit eines Gebäudes zu veranschlagen. Diese Kosten fallen sowohl im unsanierten Gebäude als auch im sanierten Gebäude im Anschluss an eine Sanierung an. Die voraussichtlichen Instandhaltungskosten innerhalb des Betrachtungszeitraums werden in der vorliegenden Wirtschaftlichkeitsberechnung ermittelt und dargestellt.

Eine Abschätzung für Instandhaltungskosten von Anlagenteilen bietet die VDI 2067<sup>14</sup>. Zudem können Instandhaltungskosten für Komponenten, die in der VDI 2067 nicht benannt sind, nach DIN EN 15459<sup>16</sup> ermittelt werden.

Dabei gilt es zu beachten, dass in einem stark sanierungsbedürftigen Gebäude mit Instandhaltungsrückstau im Betrachtungszeitraum in der Regel hohe Instandhaltungskosten anfallen. In diesem Fall muss davon ausgegangen werden, dass in den nächsten Jahren umfassende Maßnahmen wie zum Beispiel eine Fassaden- und Dacherneuerung oder der Austausch des Heizkessels nötig sind, um den funktionsfähigen Zustand des Gebäudes zu erhalten. In einem gerade umfassend sanierten Gebäude fallen dagegen in der Regel geringere Instandhaltungskosten im Betrachtungszeitraum an, jedoch können durchaus höhere Wartungskosten wie beispielsweise zusätzlich für eine Solaranlage oder eine Lüftungsanlage auftreten.

Die im vorliegenden Leitfaden beschriebenen Kostenansätze (15 €/m² Wohnfläche und 8 €/m² Wohnfläche) sind im Wirtschaftlichkeitstool voreingestellt. Diese Kostenansätze kann der Nutzer individuell anpassen.

### Abschätzung der voraussichtlichen Instandhaltungskosten pro Jahr

Bei der Ermittlung der voraussichtlichen Instandhaltungskosten kann vereinfachend davon ausgegangen werden, dass die Kosten für Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Verbesserung gleichmäßig über den Betrachtungszeitraum verteilt sind. Daher ist eine realistische Einschätzung dieser Kosten pro Jahr bei heutigen Preisen zu ermitteln. Für eine überschlägige Kostenermittlung ist es möglich, folgende Anhaltswerte zu verwenden:

- Jährliche Instandhaltungskosten im sanierungsbedürftigen Gebäude: 15 €/m² Wohnfläche
- Jährliche Instandhaltungskosten im sanierten Gebäude (bei Sanierungsvariante): 8 €/m² Wohnfläche

Alternativ können auch die Ansätze für Instandhaltungskosten aus der Zweiten Berechnungsverordnung (eher niedrige Ansätze³) oder nach der Petersschen Formel (eher hohe Ansätze) angewendet werden.

Die Peterssche Formel wird zur Abschätzung der jährlichen Instandhaltungsrücklage von Wohngebäuden genutzt. Sie wurde empirisch ermittelt und beruht auf Auswertungen von statistischen Daten über Instandhaltungskosten von Gebäuden.

Da bei dieser Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für selbstnutzende Eigentümer von Ein- und Zweifamilienhäuern
ermittelt werden soll, ob sich Investitionen in Energiesparmaßnahmen rentieren, fließen in die Berechnung
der Wirtschaftlichkeit als einmalige Investitionskosten
zu Beginn des Betrachtungszeitraums nur die energieeffizienzbedingten Mehrkosten ein. Im Ergebnis werden die energieeffizienzbedingten Mehrkosten und die
ihnen gegenüberstehende Energiekosteneinsparung
zuzüglich des Vorteils der Förderung verglichen.

Der Gebäudeeigentümer muss darüber hinaus in der Regel die zusätzlichen Kosten für sonstige wohnwertverbessernde Maßnahmen und die notwendige Beseitigung von Gebäudeschäden, die im Zuge einer Instandsetzung und Modernisierung ohnehin durchgeführt werden, finanzieren. Maßnahmen der Instandsetzung und Wohnwertverbesserung ergeben sich aus den Mindestanforderungen der Nutzer, mit dem Ziel, die langfristige Funktionsfähigkeit des Gebäudes zu sichern.

# 4.6 Kostenschätzung mit dem Wirtschaftlichkeitstool

Der vorliegende Leitfaden gibt Empfehlungen zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und liefert Hinweise für die Kostenermittlung und -differenzierung bei energetischen Sanierungen in selbstgenutzten Ein- und Zweifamilienhäusern. Für die Ermittlung der Kosten für Energiesparmaßnahmen bietet die Studie "Kosten energierelevanter Bau- und Anlagenteile bei der energetischen Modernisierung von Wohngebäuden."17, die durch das Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, erstellt wurde, Unterstützung. Aus gewerkebezogenen Kostenfeststellungen von 531 Projekten, davon der überwiegende Teil – rund 400 Häuser – Ein- und Zweifamilienhäuser, zum größten Teil mit einer Wohnfläche zwischen 100 m² und 300 m², wurden standardisierte Kostendaten für Energiesparmaßnahmen abgeleitet. Diese Kostendaten sind differenziert für Vollkosten, Instandsetzungskosten und energieeffizienzbedingte Mehrkosten erfasst und stellen Anhaltswerte für eine Kostenabschätzung dar. Zu den ausgewerteten Projekten im Rahmen der Studie zählen unter anderem Projekte aus dem dena-Modellvorhaben Effizienzhäuser (zuvor Niedrigenergiehaus im Bestand), mit dem die dena seit 2003 anhand von Best-Practice-Beispielen zeigt, wie das vorhandene Einsparpotenzial im Gebäudebereich gehoben werden kann.

Über diese im Wirtschaftlichkeitstool abgebildeten Kostendaten hinaus besteht für Nutzer die Möglichkeit, mit eigenen Kostendaten zu rechnen. Vorhandene Kostendaten einzelner Maßnahmen können individuell angepasst werden.

#### Berechnungssoftware für die Kostenabschätzung

Im Wirtschaftlichkeitstool kann berechnet werden, ob sich Investitionen in Energiesparmaßnahmen wirtschaftlich rentieren. Im Onlinetool sind die Kostendaten aus oben genannter Studie, angepasst an den aktuellen Preisstand (Quelle: Statistisches Bundesamt), hinterlegt (Bruttopreise inklusive Mehrwertsteuer). Zu den dort abgebildeten Maßnahmen, deren energieeffizienzbedingte Mehrkosten und Instandsetzungskosten aufgeschlüsselt sind, zählen:

- Dämmung der obersten Geschossdecke (begehbar, nicht begehbar, WLG 035)
- Dämmung Steildach von außen zwischen den Sparren bzw. auf den Sparren (WLG 035)
- Dämmung Flachdach (WLG 035)
- Dämmung der Außenwand mit einem Wärmedämmverbundsystem (WLG 035)
- Dämmung Kellerdecke unterseitig zum unbeheizten Keller (WLG 035)
- Einbau neuer 2- bzw. 3-Scheiben Wärmeschutzverglasung mit konventionellem Rahmen
- Erneuerung von Heizungsanlagen: Öl-/Gas-Brennwertkessel, Pelletkessel
- Einbau von Wärmepumpenanlagen: Erdwärmepumpe (Erdkollektor, Tiefenbohrung), Luft/Wasser-Wärmepumpe
- Einbau von Solaranlagen zur Warmwasserbereitung und Kombi-Solaranlagen inklusive Heizungsunterstützung
- Hydraulischer Abgleich des Heizsystems
- Einbau von Lüftungsanlagen (Abluftanlage ohne Wärmerückgewinnung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung) zentral /dezentral

Abbildung 31 zeigt die Darstellung der Kostenkategorien im Wirtschaftlichkeitstool am Beispiel der Maßnahme "Dämmung Außenwände".

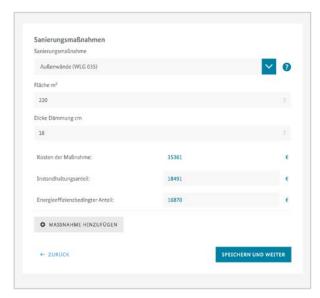


Abb. 12: Kostenübersicht der Maßnahme "Dämmung Außenwände" im Wirtschaftlichkeitstool, Beispielgebäude

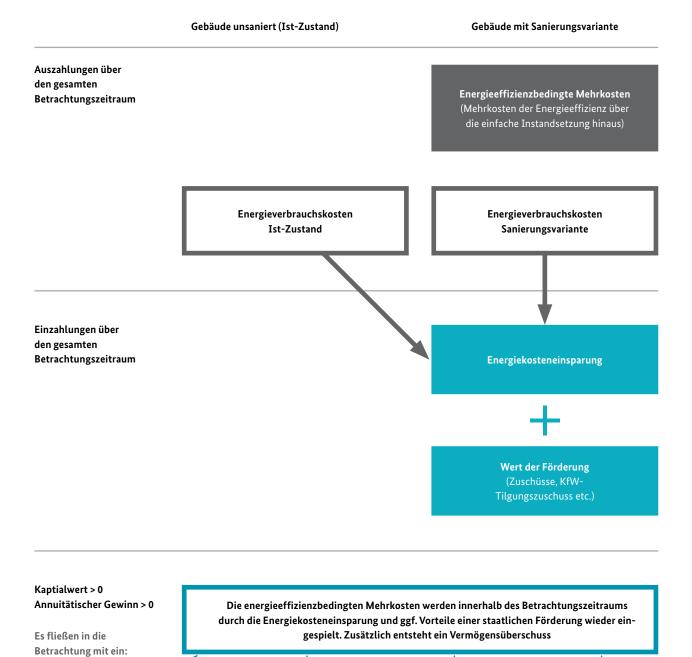
Die im Wirtschaftlichkeitstool angesetzten energieeffizienzbedingten Mehrkosten basieren auf dem Kopplungsprinzip (siehe Kapitel 3.6). Hierbei wird davon ausgegangen, dass Bau- bzw. Anlagenteile in sanierungsbedürftigem Zustand sind. Falls eine Maßnahme vorzeitig umgesetzt wird, können die jeweiligen Kostenanteile vom Anwender individuell angepasst werden.



# 5. Methodik und Ergebnisse

Bei der vorliegenden Wirtschaftlichkeitsberechnung nach der Annuitätenmethode wird der Mehrertragsansatz verwendet. Dabei wird der durch die Energiesparmaßnahmen erzielte Mehrertrag den energieeffizienzbedingten Mehrkosten gegenübergestellt, die durch die Energiesparmaßnahmen verursacht wurden. Der vorliegende Leitfaden betrachtet Wirtschaftlichkeitsberechnungen für selbstgenutzte Ein- und Zweifamilienhäuser. Aus Investorensicht besteht somit der Mehrertrag zum einen aus der resultierenden Energiekosteneinsparung und zusätzlich dazu aus dem Vorteil der Förderung. Selbstnutzende Eigentümer können für energieeffizientes Sanieren staatliche Fördermittel in Anspruch nehmen (in Form von Zuschüssen zum Beispiel aus dem MAP, einem KfW-Tilgungszuschuss etc.). Der Vorteil dieser Förderung wird bei der Berechnung des Mehrertrags mit berücksichtigt.

Die Annuitätenmethode ist eine Variante der Kapitalwertmethode und zählt zu den dynamischen Investitionsrechnungen. Diese stellen die im Betrachtungszeitraum anfallenden Zahlungsströme (Einnahmen und Ausgaben) rund um die Investition dar und berücksichtigen dabei den Zeitwert des Geldes. Vereinfachend formuliert stellen der Kapitalwert und der annuitätische Gewinn den Mehr- oder Minderertrag dar, den eine Investition erbringt. Bei dieser finanzmathematischen Betrachtung wird geprüft, ob die Einnahmen im Betrachtungszeitraum die Ausgaben übersteigen und ob die Investition die Mindesterwartungen erfüllen kann. Ist der Kapitalwert am Ende des Betrachtungszeitraums gleich Null, so erfüllt die Investition gerade die Mindesterwartungen. Liegt der Kapitalwert über Null, erwirtschaftet die Investition sogar einen Vermögensüberschuss über die erwartete Mindestverzinsung hinaus. In diese finanzmathematische Betrachtung fließen neben den Randbedingungen, wie den Jahren des Betrachtungszeitraums, auch die Inflation, der Kalkulationszinssatz (z. B. Fremdkapitalzins oder Mindestrendite-Erwartung) und die Energiepreissteigerung ein. Abbildung 33 stellt diese Zusammenhänge schematisch dar.



Jahre des

Betrachtungs-

zeitraums

Energiepreis-

steigerung

Abb. 13: Schematische Darstellung der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nach der Kapitalwert- und Annuitätenmethode

Kalkulationszins

Inflation

#### 5.1 Barwerte, Kapitalwert und annuitätischer Gewinn

Das Vorgehen bei dieser Wirtschaftlichkeitsbetrachtung kann in drei Schritte gegliedert werden. Dazu gibt folgendes Schema einen Überblick:

1.

#### Barwerte und Ermittlung des Kapitalwerts in €:

Abzinsen aller im Betrachtungszeitraum erwarteten Einzahlungen und Auszahlungen mit dem Kalkulationszins (=Barwerte). Aufsummieren aller abgezinsten Ein- und Auszahlungen und anschließend Subtraktion der einmaligen Investitionskosten, die zu Beginn des Betrachtungszeitraums anfallen, Das Ergebnis ist der Kapitalwert.

2.

#### Jährlicher annuitätischer Gewinn in €/a:

Umrechnung des Kapitalwerts in gleich große Jahreswerte. Dazu wird der Kapitalwert mit dem sogenannten Annuitätsfaktor multipliziert. Der Annuitätenfaktor setzt sich aus dem Kalkulationszins und dem Betrachtungszeitraum zusammen.

3.

#### Ergänzende Betrachtung: Kosten pro eingesparter kWh Endenergie in €/kWh:

Verhältnis der annuitätischen energieeffizienzbedingten Mehrkosten (in €) auf Basis des Kalkulationszinses zur jährlichen Energieeinsparung (in kWh).

Abb. 14: Vorgehen bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nach der Annuitätenmethode

#### Schritt 1: Ermittlung der Barwerte und des Kapitalwerts

Zuerst werden alle mit der Investition verbundenen periodisch anfallenden Einzahlungen und Auszahlungen abgezinst und aufsummiert. Anschließend werden die Investitionskosten, die zum Anfangszeitpunkt anfallen, subtrahiert. Das Ergebnis ist der Kapitalwert. Dabei ist zu beachten, dass nur Investitionen zum Anfangszeitpunkt der Betrachtung subtrahiert werden. Im Laufe der Betrachtung weitere anfallende Investitionskosten werden als Auszahlungen behandelt und sind entsprechend abzuzinsen.

Da bei dieser Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ermittelt werden soll, ob sich Investitionen in Energiesparmaßnahmen rentieren, fließen zur Ermittlung des Kapitalwerts (und anschließend des annuitätischen Gewinns sowie der Kosten pro eingesparter kWh Endenergie) nur folgende Ausgaben und Einnahmen in die Berechnung ein:

- Einmalige Ausgaben (Kosten):
  - Energieeffizienzbedingte Mehrkosten (Mehrkosten zur Steigerung der Energieeffizienz über die ohnehin anstehende bauliche und anlagentechnische Instandsetzung hinaus)

- Laufende Ausgaben (Kosten):
  - Energieverbrauchskosten (um daraus die Energiekosteneinsparung zu ermitteln)
- Laufende Einnahmen:
  - Energiekosteneinsparung (Differenz zwischen den jährlichen Energieverbrauchskosten im unsanierten Zustand des Gebäudes und den zukünftigen jährlichen Energieverbrauchskosten mit der Sanierungsvariante)
  - Wert der Förderung, das heißt ein geldwerter Zuschuss und/oder ein Tilgungszuschuss aus einem KfW-Kredit sowie gegebenenfalls der Vorteil eines KfW-Kredits gegenüber einem Marktdarlehen über die Kreditlaufzeit. Da der vorliegende Leitfaden Energieberater bei ihrer individuellen Beratung von Ein- und Zweifamilienhausbesitzern unterstützen soll, wird durch Einbeziehung des Werts der Förderung als Einnahme ermöglicht, die Vorteile der staatlichen Förderung auch wirtschaftlich abzubilden. Denn im konkreten Fall profitiert der Eigentümer bei Inanspruchnahme von Zuschüssen und/oder eines KfW-Kredits mit Tilgungszuschuss auch finanziell.

Zu den einmaligen Ausgaben zählen ferner die bei Sanierung ohnehin anfallenden baulichen und anlagentechnischen Instandsetzungskosten, die zu Beginn des Betrachtungszeitraums anfallen. Weiterhin gehören zu den laufenden Ausgaben die Instandhaltungskosten (Kosten für Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Verbesserung). Diese Werte werden in dieser Wirtschaftlichkeitsberechnung ebenfalls ermittelt, jedoch gesondert betrachtet.

Eine Investition ist wirtschaftlich, wenn der Kapitalwert (in €) größer als Null ist.

Der Kapitalwert gibt dabei die Vermögensänderung (+/-) an, die ein Investor zu Beginn des Betrachtungszeitraums erfährt, wenn er die Investition realisiert. Ein (positiver) Kapitalwert gibt den Vermögensüberschuss an, den die Investition zusätzlich zum eingesetzten Kapital und der vom Investor geforderten Mindestverzinsung erzielt und den der Investor deshalb zu Beginn des Betrachtungszeitraums entnehmen könnte. Der Kapitalwert stellt somit den Mehrwert (oder Minderwert) der geplanten Investition über den gesamten Betrachtungszeitraum gegenüber der Basisalternative dar.

Bei Betrachtung einer energetischen Sanierung werden bei einem Kapitalwert größer als Null mindestens die energieeffizienzbedingten Mehrkosten über den Betrachtungszeitraum (von z. B. 20 Jahren) durch die Energiekosteneinsparung und gegebenenfalls durch Vorteile einer Förderung (Zuschüsse, KfW-Tilgungszuschuss etc.) wieder eingespielt.

#### Schritt 2: Ermittlung des annuitätischen Gewinns

Zur Berechnung des annuitätischen Gewinns wird der zuvor ermittelte Kapitalwert (Summe aller Barwerte abzüglich der einmaligen Anfangsinvestition) auf gleich große Jahreswerte umgerechnet. Dazu wird der Kapitalwert mit dem sogenannten Annuitätenfaktor multipliziert. Der Annuitätenfaktor setzt sich aus dem Kalkulationszins und dem Betrachtungszeitraum zusammen.

Eine Investition ist wirtschaftlich, wenn der annuitätische Gewinn (in €/a) größer als Null ist.

Der annuitätische Gewinn (in €/a) gibt dabei aus ökonomischer Sicht den durchschnittlichen Betrag (+/-) an, den ein Investor bei Realisierung der Investition in jedem Jahr entnehmen kann, ohne die Vorteilhaftigkeit der Investition zu gefährden. Der annuitätische Gewinn stellt damit den jährlichen durchschnittlichen Mehroder Minderertrag dar, den eine Investition über die Mindestverzinsung erbringt.

Bei Betrachtung einer energetischen Sanierung werden bei einem annuitätischen Gewinn größer als Null mindestens die energieeffizienzbedingten Mehrkosten über den Betrachtungszeitraum (von z. B. 20 Jahren) durch die Energiekosteneinsparung und gegebenenfalls durch Vorteile einer Förderung (Zuschüsse, KfW-Tilgungszuschuss etc.) wieder eingespielt, womöglich wird ein weiterer Vermögenszuwachs erwirtschaftet.

### Schritt 3: Ergänzende Betrachtung: Ermittlung der Kosten pro eingesparter Kilowattstunde (kWh) Endenergie

Um zu errechnen, wie viel es kostet, eine kWh Endenergie einzusparen, werden die annuitätischen energieeffizienzbedingten Mehrkosten (in €) auf Basis des Kalkulationszinses durch die jährliche Energieeinsparung (in kWh) geteilt.

Diese ergänzende Betrachtung eignet sich für selbstnutzende Eigentümer. Denn im Ergebnis kann der Wert "Kosten pro eingesparter kWh Endenergie" (in €/kWh) unmittelbar mit dem durchschnittlichen zukünftigen Energiepreis je kWh Endenergie verglichen werden, in den auch die Energiepreissteigerung mit einfließt. Liegen die Kosten pro eingesparter kWh Endenergie (in €/kWh) unter dem durchschnittlichen zukünftigen Energiepreis (in €/kWh), ist es kostengünstiger, eine kWh Endenergie einzusparen, als sie alternativ zu verbrauchen. Das heißt, der Bezug einer kWh Endenergie im unsanierten Gebäude ist in diesem Fall teurer als die Investition in Energiesparmaßnahmen und die Sanierung ist damit wirtschaftlich.

Eine Investition ist wirtschaftlich, wenn die Kosten pro eingesparter kWh Endenergie (in €/kWh) unter dem durchschnittlichen zukünftigen Energiepreis liegen. Dann ist es kostengünstiger, eine kWh Endenergie einzusparen, als sie alternativ im unsanierten Gebäude zu verbrauchen.

Die geschätzten Kosten pro eingesparter kWh Endenergie können zukünftig auch im Energieausweis auf der Seite mit den Modernisierungsempfehlungen freiwillig mit angegeben werden (Novelle der Energieeinsparverordnung 2014², siehe Kapitel 2.4).

### 5.2 Beispielhafte Ermittlung von Barwerten

Wesentlicher Bestandteil der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nach der Annuitätenmethode ist die Ermittlung der sogenannten Barwerte. Ein Barwert ist der Gegenwartswert von Zahlungen (Auszahlungen/Ausgaben und Einzahlungen/Einnahmen), die erst in der Zukunft anfallen. Er wird durch Auf- und Abzinsen von zukünftigen Zahlungen auf einen Bezugszeitpunkt (meist t0 = Investitionszeitpunkt) und anschließendes Summieren ermittelt. Das heißt, der Barwert rechnet Zahlungen, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallen, auf den Beginn des Betrachtungszeitraums (z. B. das aktuelle Datum) um und berücksichtigt damit den Zeitwert des Geldes.

Dabei ist zu beachten, dass Geld, das in der Zukunft ausgegeben oder gespart wird, weniger wert ist als zum heutigen Zeitpunkt. Die Gründe dafür sind:

- Eine spätere Auszahlung ist weniger hoch, da ich das Geld bis dahin alternativ anlegen kann.
- Eine spätere Auszahlung wird wegen der Inflation eine geringere Kaufkraft aufweisen, also nicht im gleichen Ausmaß zur Befriedigung von Bedürfnissen ausreichen wie eine gegenwärtige Ausgabe.
- Eine spätere Einnahme bedeutet zudem heute einen Konsumverzicht – das Geld kann erst später zur Befriedigung von Bedürfnissen eingesetzt werden.
- Eine spätere Einnahme birgt das Risiko, dass sich die Einnahme verschieben oder auch ganz ausfallen könnte – der Betrag also gar nicht verfügbar sein wird.

Ermittlung einzelner, mit dem Investitionsobjekt verbundener Barwerte als Teilergebnisse dieser Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Barwert der Instandhaltungskosten im gesamten
 Betrachtungszeitraum (= Gegenwartswert zukünftiger
 Instandhaltungskosten).

Der Verzicht auf eine heutige Zahlung (Auszahlung/Ausgabe oder Einzahlung/Einnahme) und deren Verschiebung in die Zukunft wird durch den Kalkulationszins abgegolten und schmälert den Wert des Geldes, das erst in Zukunft verfügbar sein wird. Bei einer Betrachtung über mehr als zwei Jahre muss zudem beachtet werden, dass Zinsen der Vorjahre selbst wiederum Zinsen und Zinseszinsen verursachen.



Der Barwert der Instandhaltungskosten beinhaltet alle laufenden Kosten, die für Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Verbesserung innerhalb des Betrachtungszeitraums anfallen. Zu den Maßnahmen im Rahmen einer Instandhaltung zählen zum Beispiel die Wartung der Heizung und die Überprüfung durch den Schornsteinfeger, eine teilweise Putzerneuerung, die bei schadhaftem Putz erforderlich wird, Ausbesserungsarbeiten am Dach oder der Austausch des Brenners am Heizkessel bei Ausfall (siehe auch Kapitel 4.5). Zur Vereinfachung der Wirtschaftlichkeitsberechnung wird angenommen, dass die Instandhaltungskosten gleichmäßig über den Betrachtungszeitraum verteilt sind und in Form einer Instandhaltungsrücklage anfallen.

Eine Einschätzung der Instandhaltungskosten pro Jahr ist im Wirtschaftlichkeitstool anzugeben. Der errechnete Barwert wird im Tool jeweils für das unsanierte Gebäude und für die Sanierungsvariante dargestellt.

Es ist zu beachten, dass auch bei Beibehaltung des ursprünglichen energetischen Zustands im Betrachtungszeitraum Reparatur- und Ausbesserungsarbeiten am Gebäude anfallen können. Instandhaltungskosten sollten möglichst realistisch angesetzt werden (siehe Kapitel 4.5).

Tabelle 2 zeigt eine beispielhafte Berechnung des Barwerts der Instandhaltungskosten. Dabei wird die Inflation mit einer Steigerung von 1,5 % angenommen und aufgezinst. Die aufgezinsten Instandhaltungskosten werden anschließend mit dem Kalkulationszins, angesetzt bei 3,0 %, abgezinst. Aufsummiert ergibt sich der Barwert der Instandhaltungskosten im Betrachtungszeitraum. Es wird um die Inflation aufgezinst, da angenommen wird, dass die Verbraucherpreise und auch die Preise für zum Beispiel Handwerkerleistungen steigen werden. Daher müsste zukünftig für die gleiche Leistung mehr Geld bereitgestellt werden.

Darstellung des Barwe	Darstellung des Barwerts der Instandhaltungskosten					
Betrachtungs- zeitraum	25 Jahre (siehe Ka	25 Jahre (siehe Kapitel 3.6)				
Kalkulationszins	3,0 % (siehe Kapit	el 3.6)				
Inflation	1,5 % (siehe Kapit	1,5 % (siehe Kapitel 3.6)				
Anhaltswert für die Instandhaltungs- kosten	15 € pro m² Wohnfläche bei einem sanierungsbedürftigen Gebäude mit 100 m² Wohnfläche (siehe Kapitel 3.3 und 4.5)					
Heutiger Jahreswert der Instandhaltungs- kosten (15 €/m² * 100 m²)	1.500 €					
Schritt 1: Aufzinsen der Instandhaltungs- kosten mit der Inflation	Jahr 1 (+1,5%) = 1.500 € * (1+1,5%) = 1.523 €	Jahr 2 (+1,5%) = 1.523 € * (1+1,5%) = 1.545 €	Jahr 3 (+1,5%) = 1.545 € * (1+1,5%) = 1.569 €		Jahr 25 (+1.5%) = 2.144 € * (1+1,5%) = 2.176 €	Summe 45.771 €
Schritt 2: Abzinsen der aufgezinsten Instandhaltungskosten mit dem Kalkulationszins zum Barwert der Instandhaltungskosten	Jahr 1 (-3,0%) = 1.523 € (1+3%) <sup>1</sup> = 1.478 €	Jahr 2 (-3,0%) = 1.545 € (1+3%) <sup>2</sup> = <b>1.457</b> €	Jahr 3 (-3,0%) = 1.569 € (1+3%) <sup>3</sup> = 1.435€		Jahr 25 (-3,0%) = 2.176 € (1+3%) <sup>25</sup> = <b>1.039</b> €	Summe <b>31.136 €</b>
Barwert der Instandhaltungskosten im gesamten Betrachtungszeitraum von 25 Jahren				31.136 €		

Tab. 2: Beispielhafte Darstellung des Barwerts der Instandhaltungskosten

 Barwert der Energiekosten im gesamten Betrachtungszeitraum ( = Gegenwartswert zukünftiger Energieverbrauchskosten).

Zur Vereinfachung wird in der Berechnung angenommen, dass jährlich die gleiche Menge Energie verbraucht wird, unabhängig von Nutzerverhalten und Witterung. Um den Wert zu errechnen, den die im Betrachtungszeitraum von zum Beispiel 25 Jahren verbrauchte Energie hat, reicht es nicht aus, den heutigen Jahreswert der verbrauchten Energie mit der Anzahl der Jahre zu multiplizieren. Zwei Faktoren sind bei der Berechnung zu berücksichtigen:

- Energiepreissteigerung (nominal): Steigende Energiepreise verteuern die im Betrachtungszeitraum verbrauchte Energie und erhöhen den Barwert.
- Kalkulationszins: Ein höherer Kalkulationszins verringert den Barwert der Energiekosten.

Der Barwert der Energiekosten wird im Wirtschaftlichkeitstool jeweils für den Ist-Zustand des Gebäudes und für die Sanierungsvariante ermittelt und dargestellt. Die aus beiden Werten resultierende Einsparung (= Barwert der Energiekosteneinsparung) zeigt das Tool ebenfalls an.

Tabelle 3 zeigt eine beispielhafte Berechnung des Barwerts der Energiekosten. Angenommen wird eine nominale Energiepreissteigerung von 4,5 % pro Jahr, in der die Inflation mit enthalten ist. Das heißt, bei einer Inflation von 1,5 % beträgt die reale Energiepreissteigerung 3,0 %. Zuerst wird die Energiepreissteigerung aufgezinst. Danach werden die aufgezinsten Energiekosten mit dem Kalkulationszins, angesetzt bei 3,0 %, abgezinst. Aufsummiert ergibt sich der Barwert der Energiekosten im gesamten Betrachtungszeitraum.

Darstellung des Barwerts der Energiekosten						
Betrachtungszeit- raum	25 Jahre (siehe Ka	25 Jahre (siehe Kapitel 3.6)				
Kalkulationszins	3,0 % (siehe Kapit	3,0 % (siehe Kapitel 3.6)				
Nominale Energie- preissteigerung	4,5 % (Inflation is	4,5 % (Inflation ist hier bereits enthalten, siehe Kapitel 3.6)				
Heutiger Jahreswert der Instandhaltungs- kosten (15 €/m² * 100 m²)	3.000 €					
Schritt 1:  Aufzinsen der Energiekosten mit der  Energiepreissteigung	Jahr 1 (+4,5%) = 3.000 € * (1+4,5%) = 3.135 €	Jahr 2 (+4,5%) = 3.135 € * (1+4,5%) = 3.276 €	Jahr 3 (+4,5%) = 3.276 € * (1+4,5%) = 3.423 €		Jahr 25 (+4,5%) = 8.628 € * (1+4,5%) = 9.016 €	Summe 139.712 €
Schritt 2: Abzinsen der aufgezinsten Energiekosten mit dem Kalkulationszins zum Barwert der Energiekosten	Jahr 1 (-3,0%) = 3.135 € (1+3%) <sup>1</sup> = <b>3.044</b> €	Jahr 2 (-3,0%) = 3.276 € (1+3%) <sup>2</sup> = <b>3.088 €</b>	,		Jahr 25 (-3,0%) = 9.016 € (1+3%) <sup>25</sup> = <b>4.306</b> €	Summe <b>91.001</b> €
Barwert der Energiekosten im gesamten Betrachtungszeitraum von 25 Jahren				91.001 €		

Tab. 3: Beispielhafte Darstellung des Barwerts der Energiekosten

#### Barwert der Energiekosteneinsparung

Die Differenz zwischen dem Barwert der Energiekosten im Ist-Zustand des Gebäudes und dem Barwert der Energie kosten mit der Sanierungsvariante ergibt die barwertige Energiekosteneinsparung.

Die barwertige Energiekosteneinsparung fließt als Einnahme in die Berechnung des Kapitalwerts, des annuitätischen Gewinns und ergänzend der Kosten pro eingesparter kWh Endenergie ein.

- Wert der Förderung im gesamten Betrachtungszeitraum
   Der Wert der Förderung errechnet sich aus drei verschiedenen Parametern:
  - Sonstige Zuschüsse (z. B. ein Zuschuss aus dem Marktanreizprogramm des BAFA). Diese sonstigen Zuschüsse werden als einmalige Zuschüsse zu Beginn des Betrachtungszeitraums gewertet, es erfolgt keine barwertige Betrachtung.
  - KfW-Tilgungszuschuss (barwertige Betrachtung über den gesamten Betrachtungszeitraum)
  - Vorteil des KfW-Kredits über die Kreditlaufzeit
    (= Kapitalwert des Förderdarlehens) Zum Verständnis:
    Aus der Kreditperspektive wirkt die Darlehenssumme
    als Einnahme denn sie geht auf ein Konto ein. Die zu
    zahlende Annuität, um den Kredit zu bedienen, ist eine
    Ausgabe. Dementsprechend werden die Ausgaben abgezinst und aufsummiert zum gesamten Barwert der
    Annuitäten. Diese Summe wird vom Darlehensbetrag
    subtrahiert. Durch den Tilgungszuschuss und die tilgungsfreien Jahre ist die Summe der Barwerte der Annuitäten kleiner als die Darlehenssumme zu Beginn
    des Betrachtungszeitraums. Demnach ist der Kapitalwert positiv. Grundprämisse ist, dass das Darlehen
    innerhalb der Kreditlaufzeit zurückgezahlt wird, was
    entsprechend hohe Annuitäten zur Folge haben kann.

Der KfW-Tilgungszuschuss wird im Wirtschaftlichkeitstool immer in Periode 3, das heißt im Laufe des dritten Jahres, gezahlt.

Der Wert der Förderung fließt als Einnahme in die anschließende Berechnung des Kapitalwerts, des annuitätischen Gewinns und ergänzend der Kosten pro eingesparter kWh Endenergie ein. Denn bei der individuellen Beratung von Ein- und Zweifamilienhausbesitzern durch Architekten und Energieberater soll die Möglichkeit gegeben sein, die Vorteile der staatlichen Förderung, von der der Bauherr bei Inanspruchnahme profitiert, auch wirtschaftlich abzubilden.

# 5.3 Ergebnisdarstellung im Wirtschaftlichkeitstool

Im Wirtschaftlichkeitstool gibt es eine Ergebnisseite, auf der alle ermittelten Werte der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit Zahlen und einer Grafik veranschaulicht werden. Zum einen werden dort die einmaligen Investitionskosten zu Beginn des Betrachtungszeitraums, das heißt die

Instandsetzungskosten und die energieeffizienzbedingten Mehrkosten, dargestellt. Weiterhin abgebildet werden die Barwerte der Instandhaltungs- und der Energieverbrauchskosten sowie die jeweiligen dazugehörigen Einsparungen mit der Sanierungsvariante im Vergleich zum unsanierten Gebäude (Ist-Zustand). Aufgeführt wird zudem der Wert der Förderung, der sich aus sonstigen Zuschüssen, dem KfW-Tilgungszuschuss und dem Vorteil des KfW-Kredits über die Kreditlaufzeit zusammensetzt.

Zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit einer energetisch relevanten Investition werden die energieeffizienzbedingten Mehrkosten im Verhältnis zu den Energieeinsparungen zuzüglich des Werts der Förderung betrachtet. Die Differenz zwischen den eingesparten Energiekosten zuzüglich des Werts der Förderung und den energieeffizienzbedingten Mehrkosten ergibt den Kapitalwert der Energiesparmaßnahme und anschließend den annuitätischen Gewinn. Ergänzend wird - falls bei der Sanierungsvariante der Energieträger gleich bleibt - angegeben, wie viel es kostet, eine kWh Endenergie einzusparen (= Kosten pro eingesparter kWh Endenergie). Diesem Wert (in €/kWh) wird der durchschnittliche zukünftige Energiepreis (in €/kWh) über den Betrachtungszeitraum gegenübergestellt, in den die gewählte Energiepreissteigerung einfließt (Auswahl der Randbedingungen siehe Kapitel 3.6).

Im Wirtschaftlichkeitstool wird unterstellt, dass alle Bau- und Anlagenteile, die mit der Sanierungsvariante erneuert werden, das Ende ihrer Lebensdauer erreicht haben. Dabei wird die Restlebensdauer einzelner, zu erneuernder Bau- und Anlagenteile berücksichtigt. Auch werden Ersatzinvestitionen von Bau- oder Anlagenteilen, deren Nutzungsdauer innerhalb des Betrachtungszeitraums abläuft, als Restwert berücksichtigt. Für die Lebensdauer von Dämmmaßnahmen werden im Wirtschaftlichkeitstool pauschal 40 Jahre bzw. für Anlagentechnik 20 Jahre angenommen.

Abbildung 37 zeigt die Ergebnisdarstellung einer Beispielrechnung im Wirtschaftlichkeitstool. Es handelt sich um ein Einfamilienhaus im sanierungsbedürftigen Zustand, für das eine Sanierungsvariante zum Effizienzhaus 70 wirtschaftlich betrachtet wurde. Die erzielten Energiekosteneinsparungen zuzüglich des Vorteils der Förderung im Betrachtungszeitraum übersteigen bei diesem Beispiel die energieeffizienzbedingten Mehrkosten. Die gewählten Energiesparmaßnahmen sind unter den definierten Randbedingungen wirtschaftlich.

#### Wirtschaftlichkeitstool

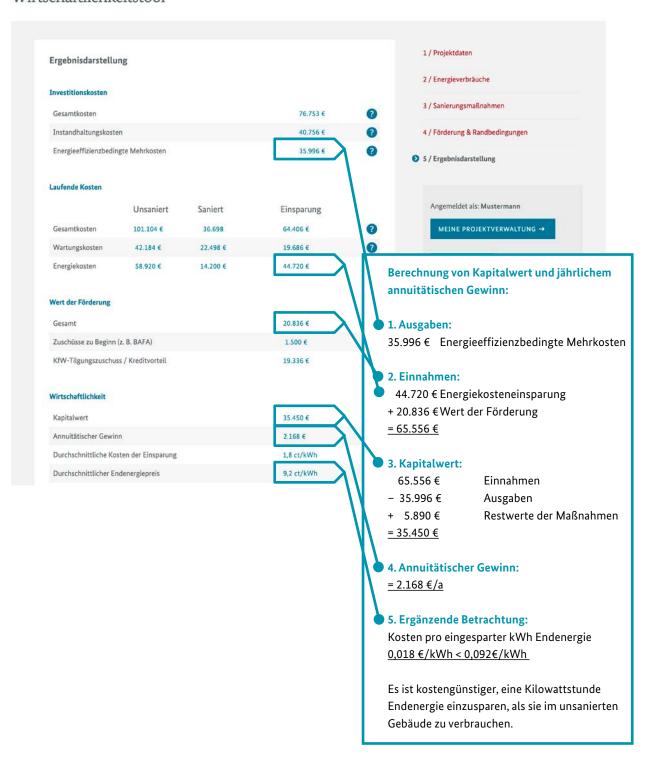


Tabelle 4 zeigt die energetischen Kenndaten der Bilanzierung sowie die Grundlagen und Randbedingungen der

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des Beispielgebäudes aus Abbildung 37:

_			1
<b>Fner</b>	getisch	e Ken	ndaten

Unsaniertes Gebäude (Ist-Zustand)					
Primärenergiebedarf Q <sub>P</sub>	325 kWh/(m².a)				
Endenergiebedarf $Q_{\epsilon}$	285 kWh/(m².a)				
Spezifischer Transmissionswärmeverlust H' <sub>T</sub>	1,229 W/(m².K)				
Gebäudenutzfläche A <sub>N</sub>	177 m²				
Mit Sanierungsvariante					
Primärenergiebedarf Q <sub>p</sub> mit Sanierungsvariante	48 kWh/(m².a)				
Endenergiebedarf Q <sub>E</sub> mit Sanierungsvariante	37 kWh/(m².a)				
Transmissionswärmeverlust H' <sub>T</sub> mit Sanierungsvariante	0,285W/(m².K)				
Gebäudenutzfläche A <sub>N</sub>	177 m²				

#### Grundlagen und Randbedingungen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Grundlagen Gebäude im Ist-Zustand (sanierungsbedürftig)				
Wohnfläche	148 m²			
Voraussichtliche Instandhaltungskosten (Ansatz 15 €/m² <sub>Wohnfläche</sub> )	2.220 €			
Energieverbrauch Erdgas pro Jahr	37.940 kWh			
Energieverbrauch Hilfsstrom pro Jahr	1.160 kWh			
Energieverbrauchskosten pro Jahr	2.946 €			
Grundlagen bei Sanierungsvariante				
Wohnfläche	148m²			
Voraussichtliche Instandhaltungskosten (Ansatz 8 €/m² <sub>Wohnfläche</sub> )	1.184 €			
Energieverbrauch Erdgas pro Jahr	6.960 kWh			
Energieverbrauch Hilfsstrom pro Jahr	890 kWh			
Energieverbrauchskosten	710 €			
Randbedingungen				
Betrachtungszeitraum	20 Jahre			
Inflation	1,5 %			
Kalkulationszins	2,0 %			
Energiepreissteigerung (nominal)	2,0 %			

#### **Energetische Kenndaten**

#### Energiesparmaßnahmen und ihre einmaligen Investitionskosten zur Sanierung

Energiesparmaßnahmen	Kosten	
Dämmung oberste Geschossdecke (WLG 035, Dämmdicke 200 mm)	Instandsetzung: 0 € energieeffizienzbedingt: 5549 €	
Dämmung Außenwände (WLG 35, Dämmdicke 180 mm)	Instandsetzung: 17.650 € energieeffizienzbedingt: 16.103 €	
Dämmung Kellerdecke unterseitig (WLG 035, Dämmstärke 40 mm (max. möglich wegen Deckenhöhe))	Instandsetzung: 0 € energieeffizienzbedingt: 3.390 €	
3-Scheiben-Wärmeschutzfenster	Instandsetzung: 8.339 € energieeffizienzbedingt: 1.216 €	
Heizungsmodernisierung Gas-Brennwertkessel	Instandsetzung: 11.271 € energieeffizienzbedingt: 0 €	
Einbau Solaranlage zur Warmwasserbereitung	Instandsetzung: 0 € energieeffizienzbedingt: 7067 €	
Neue dezentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	Instandsetzung: 3496 € energieeffizienzbedingt: 1722 €	
Hydraulischer Abgleich des Heizsystems	Instandsetzung: 0 € energieeffizienzbedingt: 949 €	
Summe Vollkosten (Instandsetzung und energieeffizienzbedingte Mehrkosten)	76.754€	
davon Instandsetzungskosten davon energieeffizienzbedingte Mehrkosten	40.756€ 35.996€	
Konditionen der Förderung		
Einmalige Zuschüsse (z. B. vom BAFA)	1.500 €	
In Anspruch genommenes KfW-Darlehen: (nach KfW 151/152) - Tilgungszuschuss 22,5 % - 20 Jahre Laufzeit - Anfänglicher effektiver Jahreszins 0,75 %	65.000 €	
Eigenkapital	11.754 €	

Tab. 4: Beispiel sanierungsbedürftiges Einfamilienhaus mit Sanierung zum Effizienzhaus 70 aus Abb. 36: energetische Kenndaten, Grundlagen und Randbedingungen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, Konditionen der Förderung, Energiesparmaßnahmen und ihre einmaligen Investitionskosten zur Sanierung

# 5.4 Grenzen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Dieser Leitfaden unterstützt Architekten und Energieberater bei der individuellen Beratung der Eigentümer von Einund Zweifamilienhäusern im Prozess einer Sanierungsentscheidung. Er dient der Durchführung von Investitionsberechnungen und liefert Informationen, wie die Wirtschaftlichkeit von energetischen Sanierungen im selbstgenutzten Wohnungsbau berechnet werden kann. Damit können Architekten und Energieberater ihren Bauherren eine verständliche, nachvollziehbare Wirtschaftlichkeitsdarstellung vermitteln.

Die Frage, ob sich eine Investition "rechnet", ist ein wichtiger Faktor bei der Beurteilung von Energiesparmaßnahmen und stellt ein zentrales Kriterium bei der Investitionsentscheidung dar. Die reine Betrachtung von ökonomischen Kriterien wäre jedoch einseitig, da Grenzen bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zu beachten sind:

- Wirtschaftlichkeitsberechnungen werden auf Basis von Annahmen erstellt, die gewissen Schwankungen unterliegen (z. B. Kalkulationszins, Energiepreissteigerung etc.). Sie können daher für zukünftige Kosten und künftige Nutzen von Investitionen nur Anhaltswerte liefern.
- Die Finanzierbarkeit der energetischen Sanierung ist häufig ein entscheidendes Kriterium bei Investitionsentscheidungen.
- Durch unterschiedliche Nutzungsdauern der Investitionsalternativen können Verzerrungen beim Vergleich entstehen.

Darüber hinaus gibt es eine Reihe von **subjektiven Kriterien**, die neben der Wirtschaftlichkeit von großer Bedeutung sind:

- Komforterhöhungen (z. B. höhere Behaglichkeit und angenehmeres Raumklima, bequemere Bedienung), die sich meist nicht oder nur schwer messen lassen
- Sicherheitsaspekte wie zum Beispiel größere Versorgungssicherheit durch höhere eigene Reserven an Energieträgern
- Umweltkriterien wie zum Beispiel geringere CO2-Emissionen und damit Schutz der menschlichen Gesundheit und der Ökosysteme
- Wertsteigerungen zum Beispiel durch Erhalt und Konservierung von Bausubstanz
- Gestalterische Aspekte wie zum Beispiel die Umgestaltung des Hauseingangs etc. oder auch Repräsentationswünsche der Eigentümer
- Soziale Auswirkungen wie zum Beispiel das Schaffen von Gebäuden mit Vorbildcharakter, die zur Nachahmung anregen

Betriebswirtschaftliche Kostenberechnungen sind nur ein Kriterium bei der Entscheidung für eine energetische Sanierung. Weitere finanziell schwer quantifizierbare Entscheidungsfaktoren wie Komforterhöhung sowie wertsteigernde und ökologische Kriterien sind bei der Investitionsentscheidung ebenfalls zu berücksichtigen.

48 Literaturverzeichnis

### Literaturverzeichnis

1 Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena): Der dena-Gebäudereport kompakt 2018. Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand; Berlin, Stand April 2018

- 2 Bund, Bundesregierung Deutschland: Energieeinsparverordnung. Nichtamtliche Lesefassung zu der am 16.10.2013 von der Bundesregierung beschlossenen, am 21.11.2013 im Bundesgesetzblatt verkündeten Zweiten Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung; Berlin, November 2013
- 3 Bund, Bundesregierung Deutschland, Fundstellennachweis 2330-2-2: Verordnung über wohnungswirtschaftliche Berechnungen nach dem Zweiten Wohnungsbaugesetz (Zweite Berechnungsverordnung, II BV); Berlin, November 2007
- 4 Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena): Leitfaden Energieausweis. Teil 3 Energieverbrauchsausweise für Wohn- und Nichtwohngebäude; Berlin, Dezember 2009
- 5 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte im Wohngebäudebestand vom 7. April 2015
- 6 Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena): Leitfaden Energieausweis. Teil 1 Energiebedarfsausweis: Datenaufnahme Wohngebäude; Berlin, Dezember 2009
- 7 Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Knissel, Loga: Vereinfachte Ermittlung von Primärenergiekennwerten; in: Bauphysik 28 (2006), Heft 4, S. 270-277, Bedarf-Verbrauch; Darmstadt, 2006
- 8 Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Knissel, Alles, Born, Loga, Müller, Stercz: Vereinfachte Ermittlung von Primärenergiekennwerten zur Bewertung der wärmetechnischen Beschaffenheit in ökologischen Mietspiegeln; Darmstadt, 2006
- 9 Erhorn: Ein Reizthema ohne Ende oder die Chance für sachliche Energieberatung? In: gi Gesundheitsingenieur, Jg. 128, Nr. 5, S. 233-240; 2007
- 10 Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena): Leitfaden Energetische Gebäudebilanzierung nach DIN V 18599; Berlin, November 2011
- 11 Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena): dena-Sanierungsstudie. Teil 2: Wirtschaftlichkeit energetischer Modernisierung in selbstgenutzten Wohngebäuden. Begleitforschung zum dena-Modellvorhaben Effizienzhäuser (vormals Niedrigenergiehaus im Bestand); Berlin, März 2012
- 12 Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Leitfaden "Energiebewusste Gebäudeplanung, Heizenergie im Hochbau (LEG)", 6. Auflage; Darmstadt, 1999
- 13 Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena): Auswertung von Verbrauchskennwerten energieeffizient sanierter Wohngebäude. Begleitforschung zum dena-Modellvorhaben Effizienzhäuser (vormals Niedrigenergiehaus im Bestand); Berlin, Januar 2013
- 14 Verein Deutscher Ingenieure VDI: VDI 2067 "Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen"
- 15 Deutsches Institut für Normung: DIN 31051: 2012-09 "Grundlagen der Instandhaltung"
- 16 Deutsches Institut für Normung: DIN EN 15459: 2008-06 "Energieeffizienz von Gebäuden Wirtschaftlichkeitsberechnungen für Energieanlagen in Gebäuden", deutsche Fassung EN 15459: 2007
- 17 Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Studie "Kosten energierelevanter Bau- und Anlagenteile bei der energetischen Modernisierung von Wohngebäuden."; BMVBS-Online-Publikation 07/2012