

DIN EN 17463

ICS 03.100.01; 27.015

Einsprüche bis 2020-03-10

Entwurf**Methodik zur Bewertung von energiebezogenen Investitionen (ValERI);
Deutsche und Englische Fassung prEN 17463:2020**

Methodology for the Valuation of Energy Related Investments (ValERI);
German and English version prEN 17463:2020

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-01-10 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nagus@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Grundlagen des Umweltschutzes (NAGUS), 10772 Berlin, Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 127 Seiten

DIN-Normenausschuss Grundlagen des Umweltschutzes (NAGUS)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 17463:2020) wurde vom Technischen Komitee CEN/CLC/JTC 14 „Energiemanagement, Energieaudits und Energieeinsparungen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von UNI (Italien) gehalten wird.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NA 172-00-09 AA „Energieeffizienz und Energiemanagement“ im DIN-Normenausschuss Grundlagen des Umweltschutzes (NAGUS) verantwortlich.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 50001:2011 siehe DIN EN ISO 50001:2011-12

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 50001:2011-12, *Energiemanagementsysteme — Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung (ISO 50001:2011); Deutsche Fassung EN ISO 50001:2011*

Methodik zur Bewertung von energiebezogenen Investitionen (ValERI)

Methodology for the Valuation of Energy Related Investments (ValERI)

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.9p

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich.....	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Symbole, Abkürzungen und Indizes.....	9
5 Bewertungsverfahren.....	11
6 A Aufbau des Modells	13
6.1 Bestimmung und qualitative Beschreibung der Vorteile und Lasten	13
6.2 Quantifizierung der Vorteile und Lasten.....	14
6.3 Monetisierung, Bestimmung der relevanten Zeitpunkte, Berücksichtigung von Preisschwankungen und Abbauten.....	15
6.4 Anzahl zu berücksichtigender Zeiträume	17
6.5 Berücksichtigung von Risiken.....	18
6.6 Bestimmung des angemessenen Abzinsungssatzes.....	18
7 B Berechnung	19
7.1 Bestimmung des Kapitalwerts von ERI (wahrscheinlichstes Fallszenario).....	19
7.2 Durchführung einer Sensitivitätsanalyse unter Variation aller Parameter mit erheblicher Unsicherheit.....	21
7.3 Durchführung einer Szenarioanalyse (Best-Case-, Worst-Case- und wahrscheinlichstes Szenario)	23
8 C Beurteilung	23
8.1 Auswertung der Ergebnisse.....	23
8.2 Bewertung der nicht monetisierbaren qualitativen und quantitativen Wirkungen auf die Entscheidung	24
9 D Berichterstattung.....	24
Anhang A (informativ) Die Kapitalwert-Berechnungstabelle (Basisversion) mit sichtbaren Formeln	27
Anhang B (informativ) Umfassende Version der Kapitalwertberechnungstabelle	28
Anhang C (informativ) Auswahl des geeigneten Bewertungsverfahrens.....	35
C.1 Einleitung.....	35
C.2 Unterscheidung zwischen den Verfahren, die den Zeitwert des Geldes berücksichtigen, und anderen, die es nicht tun	35
C.3 Einschränkungen des Verfahrens des internen Zinsfußes (IZF)	41
C.4 Einschränkungen des Verfahrens der diskontierten Amortisationsdauer (DPB oder DPP).....	43
C.5 Zusammenfassung	46
Anhang D (informativ) Fallstudie: Anwendung des Bewertungsverfahrens auf den Einbau einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage in einem Industrieunternehmen	47
D.1 Allgemeines.....	47
D.2 Bestimmung und qualitative Beschreibung aller direkten und indirekten Effekte	47
D.3 Quantifizierung der Vorteile und Lasten.....	48

D.4	Monetisierung, Bestimmung der relevanten Zeitpunkte, Berücksichtigung von Preisschwankungen und des Abbaus.....	49
D.5	Anzahl zu berücksichtigender Zeiträume	50
D.6	Bestimmung des angemessenen Abzinsungssatzes	50
D.7	Berücksichtigung von Risiken.....	50
D.8	Bestimmung des Mehrwerts von ERI (wahrscheinlichstes Fallszenario).....	50
D.9	Durchführung einer Sensitivitätsanalyse unter Variation aller Parameter mit erheblicher Unsicherheit.....	51
D.10	Durchführung einer Szenarioanalyse (Best-Case- und Worst-Case-Szenario).....	52
D.11	Auswertung der Ergebnisse	53
D.12	Transparente und nachvollziehbare Darstellung der Berechnung und der Ergebnisse unter Berücksichtigung nicht quantifizierter und nicht monetisierter Wirkungen	53
	Anhang E (informativ) Checkliste für den Bewertungsbericht	55
	Anhang F (informativ) Berücksichtigung von Risiken.....	57
	Anhang G (informativ) Berücksichtigung von Preisschwankungen.....	60
	Literaturhinweise	61

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 17463:2020) wurde vom Technischen Komitee CEN/CLC/JTC 14 „Energiemanagement, Energieaudits und Energieeinsparungen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von UNI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Einleitung

Damit die energiebezogenen Ziele der EU und ihrer Mitgliedstaaten erreicht werden, müssen die energiebezogenen Investitionen (ERI) zunehmen. Der derzeitige Mangel an Investitionen ist wahrscheinlich nicht nur auf fehlendes verfügbares Kapital zurückzuführen, sondern auch auf einen Mangel an verlässlichen finanziellen Bewertungen der Vorteile von energiebezogenen Investitionen (ERI).

Verschiedene Investitionsideen konkurrieren häufig innerhalb von Organisationen um die verfügbaren Gelder. Daher kann eine Verbesserung der Finanzierbarkeit von ERI durch Aufzeigen des vollen wirtschaftlichen Werts, den sie schaffen können, erreicht werden. Wenn dies ordnungsgemäß erfolgt, sollten die Prioritäten der Budgets für ERI automatisch steigen, wodurch mehr Investitionen getätigt werden.

Der Stand der Bewertung heutiger energiebezogener Projekte in der Praxis macht deutlich, dass es notwendig ist, Folgendes zu vermeiden, um den Anwender bei der Durchführung einer soliden und korrekten Bewertung zu unterstützen:

- falsche Ergebnisse, die sich aus der Vernachlässigung relevanter Parameter und Cashflows ergeben;
- intransparente Berechnungsmodelle, die schwer zu verstehen sind;
- fehlerhafte oder unvollständige Modelle;
- Verwendung von berechneten Kosten anstelle von Cashflows;
- Zeitwert des Geldes wird nicht berücksichtigt;
- Abzinsungssatz wird unreflektiert verwendet;
- Risiken, die nicht oder nicht angemessen berücksichtigt werden;
- fehlende Sensitivitäts- und Szenarioanalysen;
- fehlende Rückverfolgbarkeit;
- fehlende Auswertung der Ergebnisse;
- Preisschwankungsraten (sehr wichtig für die Bewertung von Energieprojekten) werden nicht angemessen berücksichtigt.

Die Ziele dieser Europäischen Norm sind:

- Antragsteller von energiebezogenen Investitionen (ERI) dabei zu unterstützen, ihre Ideen auf einheitliche, transparente und nachvollziehbare Weise wirtschaftlich und qualitativ zu bewerten, indem alle wesentlichen Informationen erfasst werden, die für eine Entscheidung relevant sind;
- vergleichbare Ergebnisse zu erzielen (dafür ist es wichtig sicherzustellen, dass die Schätzung der Cashflows auf vergleichbare Weise erfolgt, indem korrekte Preisschwankungen, Grenzpreise für alle Cashflows usw. verwendet werden)
- dem Bewerter dabei zu helfen, Bewertungsergebnisse zu erzielen, die für diejenigen, die darüber entscheiden, leicht verständlich sind;

- dem Entscheidungsträger und möglichen Finanzinstituten zu helfen, die auf der Grundlage der Bewertungsergebnisse entscheiden und erwarten, dass die Ergebnisse korrekt und vollständig, aber auch leicht verständlich, nachvollziehbar und eindeutig (wesentlich) sind;
- andere Normen oder Protokolle zu ergänzen, die sich auf die technische Bestimmung von Energieeinsparungen konzentrieren und

Um diese Ziele zu erreichen, bietet diese Europäische Norm ein Bewertungsverfahren, eine Berechnungsmethodik (nur eine) und eine Dokumentationsstruktur, die die folgenden Merkmale abdeckt:

- Anwendung nur eines Berechnungsverfahrens;
- korrekte und vollständige Ergebnisse (Kapitalwert, der unter anderem auch alle relevanten Cashflows und deren Preisschwankungsraten über die gesamte Projektlaufzeit berücksichtigt);
- eindeutig (ein Indikator am Ende, der direkt für die Entscheidungsfindung verwendet werden kann);
- einheitlich (eine Norm);
- benutzerfreundlich (tabellenbasiert, eine einheitliche Berechnungstabelle);
- nachvollziehbar und leicht reproduzierbar (Berechnungen sind transparent und die getroffenen Annahmen werden erläutert);
- so einfach wie möglich;
- flexibel (der Anwender kann Parameter anpassen und die Berechnungstabelle individuell abstimmen);
- Durchführung von Sensitivitäts- und Szenarioanalysen;
- die Norm enthält Vorlagen für die Meldung der Berechnungsergebnisse und aller zusätzlichen qualitativen Wirkungen.

Transparente Berechnungen einschließlich nachvollziehbarer Annahmen, die den vollen Wert von ERI belegen, werden Organisationen und Haushalten dabei helfen, den Mehrwert zu ermitteln, der sich aus solchen ERI ergibt. Die vorgeschlagene Methodik könnte auch bei Energieüberprüfungen/-audits (nach EN 16247-1) zur Priorisierung von Energieverbesserungspotentialen verwendet werden.

Ein benutzerfreundliches und standardisiertes Verfahren wäre hilfreich, da die Energiemanagement-Teams möglicherweise nicht immer Personal umfassen, das in der Lage ist, technische Ideen in schlüssige wirtschaftliche Ergebnisse umzusetzen, um eine solide Entscheidungsgrundlage zu gewährleisten.

Diese Europäische Norm bezieht sich auf Normen in Bezug auf Energie im Allgemeinen. Zu den wichtigsten Normen auf internationaler und europäischer Ebene dürften EN ISO 50001 und EN 16247-1, EN 15900 gehören. Diese Normen legen fest, dass ERI bewertet und priorisiert werden sollten, geben jedoch keine Leitlinien zur Methodik und zum Verfahren.

Diese Norm schlägt die Verwendung von „Kapitalwerten“ (NPV, en: Net Present Value) und deren Ergebnis als Entscheidungsgrundlage vor.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Anforderungen für eine Bewertung von energiebezogenen Investitionen (ValERI) fest. Es enthält eine Beschreibung, wie Informationen gesammelt, berechnet, ausgewertet und dokumentiert werden, um solide Geschäftsfälle auf der Grundlage von Kapitalwertberechnungen für ERI zu erstellen. Die Norm gilt für die Bewertung von energiebezogenen Investitionen jeglicher Art.

Das Dokument befasst sich hauptsächlich mit der Bewertung und Dokumentation der wirtschaftlichen Auswirkungen von ERI. Es werden jedoch auch nichtwirtschaftliche Effekte (z. B. Lärminderung) berücksichtigt, die durch eine Investition entstehen können. Somit werden qualitative Wirkungen (z. B. Auswirkungen auf die Umwelt) – auch wenn sie finanziell nicht bewertbar sind – berücksichtigt.

2 Normative Verweisungen

Es gibt keine normativen Verweisungen in diesem Dokument.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

Anpassungsparameter

quantifizierbarer Parameter, der die Ergebnisse des Bewertungsprozesses beeinflusst

BEISPIEL Energieeinsparung (kWh), Abzinsungssatz, Projektlaufzeit, Energiepreisschwankungsraten usw.

3.2

Abbau

Abnahme der Leistungsmerkmale oder der Lebensdauer eines Produkts

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Abbaurate wird als Leistungsabfall jährlich gemessen (z. B. 1 %/Jahr).

Anmerkung 2 zum Begriff: Im Sinne dieses Dokuments wird die Verschlechterung (Rückgang der Leistung einer Effizienzmaßnahme) in das Konzept des Abbaus einbezogen.

[QUELLE: EN 60194:2007-03 – ANMERKUNG hinzugefügt]

3.3

Vorteile

positive Wirkungen aus einer Investition

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Vorteile können qualitativer, quantitativer oder finanzieller/steuerlicher Art sein.

Anmerkung 2 zum Begriff: Vorteile können direkte oder indirekte Wirkungen sein

3.4

Cashflow

Geldbewegung

BEISPIEL Erstzahlung einer Investition

Anmerkung 1 zum Begriff: Abschreibungen sind kein Cashflow

Anmerkung 2 zum Begriff: In diesem Dokument wird der Cashflow auch als Zahlung (P, en: payment) bezeichnet.

Anmerkung 3 zum Begriff: Energieeinsparungen werden als Cashflows in ein Unternehmen oder Projekt betrachtet, da sie die Zahlungen für den Energieverbrauch verringern.

3.5

Abzinsungsfaktor

„q“

Multiplikator $(1 + r)$ eines Cashflows zur Berechnung des Barwerts (en: present value, PV) in Abhängigkeit vom Abzinsungssatz (r) und des Zeitraums (t)

Anmerkung 1 zum Begriff: Für jeden Zeitraum (t) wird der kumulierte Abzinsungsfaktor mit $(1 + r)^t$ oder q^t berechnet.

3.6

Abzinsungssatz

„r“

Zinssatz, der den Zeitwert des Geldes widerspiegelt

Anmerkung 1 zum Begriff: Abgekürzt mit „r“ („r“ für die erforderliche Rendite).

Anmerkung 2 zum Begriff: Bei der Festlegung des Abzinsungssatzes darf auch das Risiko berücksichtigt werden.

3.7

Lasten

negative Wirkungen aus einer Investition

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Lasten können qualitativer, quantitativer oder finanzieller/steuerlicher Art sein.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die negativen Wirkungen können direkt oder indirekt auftreten.

3.8

energiebezogene Investition

ERI

(en: energy related investment)

jede Art von Investition, bei der der Energieverbrauch oder die Energieerzeugung eine Rolle spielen, unabhängig davon, ob es sich um ein Vorhaben für eine Energieeffizienzmaßnahme oder ein Energieversorgungssystem handelt

3.9

interner Zinsfuß

IZF

Abzinsungssatz, bei dem der Kapitalwert aller Cashflows eines Projekts für die Laufzeit des Projekts gleich Null ist

3.10

Investitionsrisiko

die Volatilität der Rendite einer Investition, insbesondere die Wahrscheinlichkeit auftretender Verluste im Verhältnis zur erwarteten Rendite einer bestimmten Investition

Anmerkung 1 zum Begriff: Investitionsrisiken können sich aus Kreditrisiken, Baurisiken, Betriebs- und Instandhaltungsrisiken, Leistungsrisiken usw. ergeben.

3.11

Laufzeit einer Investition

Zeitraum, in dem die Investition Cashflows verursacht

3.12

Monetisierung

Umwandlung von Vorteilen und Lasten in Cashflows

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies geschieht normalerweise durch Multiplikation der quantifizierten Vorteile und Lasten mit dem spezifischen Preis je Einheit.

3.13

Kapitalwert

NPV

(en: net present value)

Summe der diskontierten Cashflows über die gesamte Laufzeit einer Investition

3.14

nicht energiebezogene Wirkungen

Wirkungen, die sich aus einer ERI ergeben, aber nicht direkt mit dem Energieverbrauch oder der Energieerzeugung zusammenhängen

BEISPIEL Motivation der Mitarbeiter, erhöhte Produktionskapazität, weniger Lärm, bessere Arbeitsbedingungen usw.

3.15

Amortisationsdauer

Zeit, die erforderlich ist, um die Auszahlungen für eine Investition wiederzuerlangen

3.16

Risikozuschlag

Entschädigung für Investoren, die das jeweilige Risiko im Vergleich zu einem risikofreien Vermögenswert tragen

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Risikozuschlag kann im Zinssatz enthalten sein oder als zusätzlicher Cashflow definiert werden.

3.17

Szenarioanalyse

Verfahren zur Berechnung extremer, aber dennoch realistischer Ergebnisse

3.18

Sensitivitätsanalyse

Verfahren zur Beurteilung der Auswirkungen geänderter Einstellungen der Anpassungsparameter auf den Kapitalwert

3.19

Bewertung von energiebezogenen Investitionen

ValERI

(en: valuation of energy related investments)

Verfahren zur Beurteilung und Meldung der finanziellen und nichtfinanziellen Wirkungen einer ERI, um eine Grundlage für die Entscheidungsfindung zu schaffen

4 Symbole, Abkürzungen und Indizes

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die in Tabelle 1 aufgeführten Symbole, Abkürzungen und Indizes.

Tabelle 1 — Symbole, Abkürzungen und Indizes

Symbol/Abkürzung	Bezeichnung der Größe	Einheit
AW	Jahreswert (en: Annual Worth) (oder Annuität)	€
degrad	jährlicher Abbau	
KWK	Kraft-Wärme-Kopplungsanlage	
$\text{ded}_{\text{risk}, t}$	Abzug zur Berücksichtigung des Risikos im Zeitraum t (= $\sum P_t \times f_{\text{ded_risk}}$)	€
DPB oder DPP	diskontierte Amortisationsdauer (en: Discounted Payback Period)	Jahre
epr	jährliche Energiepreisschwankungen	
$E_{\text{savings}, A}$	jährliche Energieeinsparung für den Energieträger „A“ ohne Berücksichtigung des Abbaus	kWh/Jahr
$f_{\text{ded_risk}}$	Risikominderungsfaktor (= $p_{\text{loss}} \times R_{\text{loss}}$)	
IZF	Interner Zinsfuß	
it	Einkommensteuersatz	
LCC	Lebenszykluskosten (en: Life Cycle Cost)	€
NPV	Kapitalwert (en: Net Present Value)	€
NS	Nettoeinsparungen (en: Net Savings)	€
P	Zahlung (en: Payment) (als Vergütung oder Auszahlung)	€
PI	Rentabilitätsindex (en: Profitability Index)	
p_{loss}	Wahrscheinlichkeit des eintretenden Nettoenditeverlusts	
pr	jährliche Preisschwankung, keine Energie	
PW	Gegenwartswert (en: Present Worth) oder Barwert	€
q	Abzinsungsfaktor (= $1 + r$)	
r_{debt}	Zinssatz für Fremdkapital	
$r_{\text{debt}}^{\text{bt}}$	Zinssatz für Fremdkapital (vor Steuern)	
$r_{\text{debt}}^{\text{at}}$	Zinssatz für Fremdkapital nach Steuern (= $r_{\text{debt}}^{\text{bt}} \times [1 - \text{it}]$)	
r_{eq}	Zinssatz für Eigenkapital	
$r_{\text{eq}}^{\text{at}}$	erwartete Eigenkapitalrendite nach Steuern (= $r_{\text{eq}}^{\text{bt}} \times [1 - \text{it}]$)	
$r_{\text{eq}}^{\text{bt}}$	erwartete Eigenkapitalrendite (vor Steuern) (= $r_f + \beta \times [r_m - r_f]$)	
r_f	Zinssatz für eine risikofreie Investition	
R_{loss}	in einem quantifizierten Renditeverlust ausgedrücktes Risiko	
r_{nominal}	nominaler Abzinsungssatz	
r_{real}	realer Abzinsungssatz	
r_t	Abzinsungssatz im Zeitraum t	

Symbol/Abkürzung	Bezeichnung der Größe	Einheit
Share _{debt}	Anteil am Fremdkapital (= Fremdkapital/Gesamtinvestitionskapital)	
Share _{eq}	Anteil am Eigenkapital (= Eigenkapital/Gesamtinvestitionskapital)	
SpecPrice _{energy_A, t}	Spezifischer Energiepreis (Energieträger A) im Zeitraum t	€/kWh
SPP oder SPB	einfache Amortisationszeit (en: Simple Payback Period)	Jahre
SIR	Verhältnis von Einsparungen zu Investitionen (en: Saving Investment Ratio)	
SSIR	einfaches Verhältnis von Einsparungen zu Investitionen (en: Simple Savings to Investment Ratio)	
t	Zeitraum	Jahr
T	Laufzeit der Investition	Jahre
T _{tax}	Abschreibungszeitraum (nur relevant, wenn Steuern berücksichtigt werden)	Jahre
VAT	Mehrwertsteuer (en: Value Added Tax)	
WACC _{at}	gewichtete durchschnittliche Kapitalkosten nach Steuern im ersten Jahr (= Share _{eq} × r _{eq} ^{at} + Share _{debt} × r _{debt} ^{at})	
WACC _{bt}	gewichtete durchschnittliche Kapitalkosten vor Steuern im ersten Jahr (= Share _{eq} × r _{eq} ^{bt} + Share _{debt} × r _{debt} ^{bt})	

5 Bewertungsverfahren

Für die Bewertung einer ERI muss die Organisation (wie in Bild 1 dargestellt):

A. Aufbau des Modells

- 1) alle **Vorteile** und **Lasten**, die sich aus der gegebenen ERI ergeben (einschließlich aller relevanten Energieflüsse) bestimmen;
- 2) die Vorteile und Lasten der potentiellen Investition quantifizieren und alle Wirkungen, die nicht quantifiziert werden können, qualitativ beschreiben;
- 3) die Vorteile und Lasten bei Auszahlungen und Einzahlungen (die relevanten Cashflows) unter Berücksichtigung der erwarteten Preisschwankungen bei jedem Cashflow monetisieren und die Wirkungen und den Abbau von Preisschwankungen abschätzen; nicht monetisierbare Wirkungen festlegen;
- 4) die Anzahl der Zeiträume, die berücksichtigt werden sollten, bestimmen (regelmäßig die Laufzeit/Lebensdauer einer Investition) und die Zeitpunkte, zu denen die Cashflows stattfinden, festlegen;
- 5) gegebenenfalls alle relevanten Risikofaktoren abschätzen;
- 6) den angemessenen Abzinsungssatz für die Diskontierung der Cashflows bestimmen;

B. Berechnung

- 7) den Kapitalwert der ERI unter Verwendung der wahrscheinlichsten Parametereinstellungen berechnen, was zum wahrscheinlichsten Fallszenario führt;
- 8) gegebenenfalls eine Sensitivitätsanalyse unter Variation aller Anpassungsparameter, die mit Unsicherheit behaftet sind, durchführen;
- 9) eine Szenarioanalyse durchführen, die mindestens ein Worst-Case- und ein Best-Case-Szenario beinhaltet;

C. Beurteilung

- 10) die quantitativen und qualitativen Ergebnisse auswerten;

D. Berichterstattung

- 11) die Berechnung und ihre Ergebnisse transparent und nachvollziehbar darstellen.

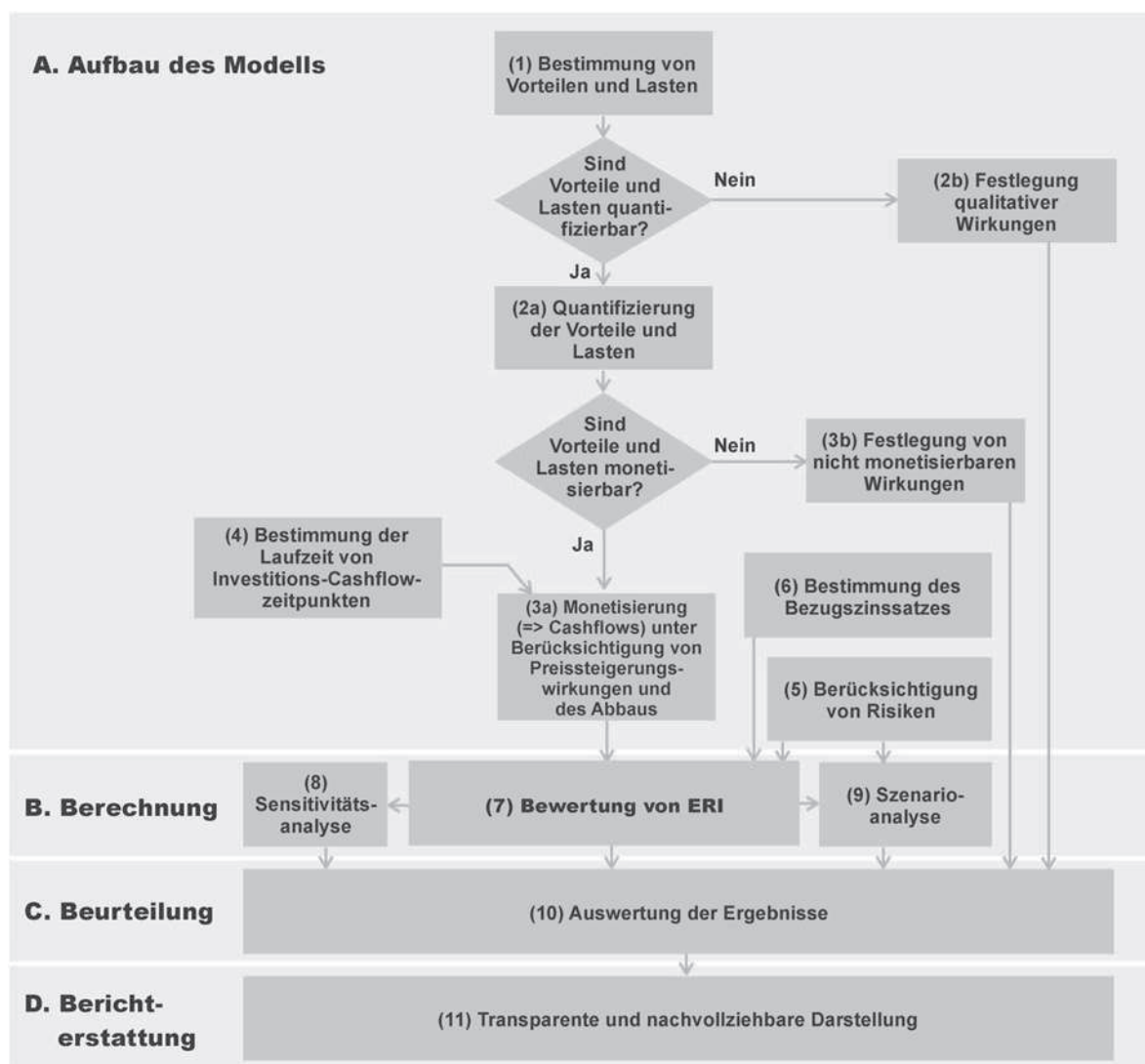


Bild 1 — Bewertungsverfahren

Zur Erläuterung wird das Bewertungsverfahren anhand eines Beispiels für eine ERI (hier: Austauschpumpen für ein Kühlsystem) dargestellt.

6 A Aufbau des Modells

6.1 Bestimmung und qualitative Beschreibung der Vorteile und Lasten

Zuerst müssen alle Vorteile und Lasten, die sich aus einer ERI ergeben, als qualitative Daten beschrieben werden. Dieser Prozess erfordert Überlegungen über die offensichtlichen finanziellen Wirkungen hinaus, um alle relevanten Vorteile und Lasten zu erfassen, die für die Investitionsentscheidung relevant sein könnten.

Die Organisation muss „Vorteile und Lasten“ nach Tabelle 2 in die Unterkategorien

- „Energieflusswirkungen“ (ausgedrückt als Energie- und Finanzwirkungen),
- „zusätzliche Finanzwirkungen“ (die über die Energieflusswirkungen hinausgehen) und
- „sonstige Wirkungen“

unterteilen.

Die Visualisierung von Energieflusswirkungen könnte das Gesamtverständnis verbessern. Dies könnte durch die Erstellung eines Energieflussdiagramms erfolgen (siehe Beispiel in Anhang D).

„Zusätzliche Finanzwirkungen“ und „sonstige Wirkungen“ werden als „nicht energiebezogene Wirkungen“ betrachtet, die einen starken Einfluss auf die Rentabilität einer Investition haben können (z. B. Subventionen, Produktivitätssteigerung, Marketingwirkungen usw.) und daher in die Bewertung einbezogen werden sollten.

Qualitative Wirkungen wie Lärminderung, sauberere Luft, weniger Verschmutzung, weniger Treibhausgasemissionen usw. müssen überprüft werden. Alle Wirkungen müssen aufgelistet und später in den Bewertungsbericht aufgenommen werden, um alle finanziellen und sonstigen Auswirkungen der Investition aufzuzeigen.

Bei der Bestimmung der Vorteile und Lasten der ERI können indirekte Wirkungen auftreten, die sich aus der Investition ergeben, einschließlich:

- Kostensenkung durch niedrigere CO₂-Steuern und Treibhausgasemissionszertifikate,
- andere steuerliche Anreize im Zusammenhang mit energiebezogenen Investitionen.

Beispiel: Eine Maßnahme führt zu einer Senkung des Stromverbrauchs um 150 000 kWh jährlich. Unter der Annahme eines individuellen CO₂-Faktors für Strom von 486 g/kWh führt die Maßnahme zu einer CO₂-Senkung von 72,9 t jährlich. Sollte die CO₂-Steuer 80 € je Tonne betragen, würde dies zu einem zusätzlichen finanziellen Vorteil von 5 832 € jährlich führen.

In dieser Phase werden die Vorteile und Lasten aufgelistet, aber sie werden nicht quantifiziert oder monetisiert. Am Ende dieses Schrittes könnten die Ergebnisse wie in Tabelle 2 aussehen.

Tabelle 2 — Vorteile und Lasten des vorliegenden Beispiels

Wirkungen von ERI		hier: Austausch von Pumpen in einem Kühlturm zur Steigerung der Energieeffizienz
Lasten	zusätzliche Finanzwirkungen	Erstinvestition für neue Pumpen
		Auslegung eines neuen Pumpensystems
	sonstige Wirkungen	Produktionsausfälle bei der Inbetriebnahme
Vorteile	Energieflusswirkungen	jährliche Energieeinsparungen (Strom)
	zusätzliche Finanzwirkungen	geringere Wartungs- und Reparaturkosten
		Schrottwerk alter Pumpen
		mögliche Anreize (z. B. Steuererleichterungen)
	sonstige Wirkungen	Lärmminderung
		verbesserte Produktionssicherheit
		neues Pumpsystem benötigt weniger Platz

Die zu bewertende Investitionsmaßnahme hat in der Regel eine definierte Wirkung auf einen Prozessabschnitt (n) in einer längeren Prozesskette. Bei der Ermittlung der Vorteile und Lasten der geplanten Maßnahme müssen die Wirkungen auf die unmittelbar vorausgehenden (n – 1) und nachgelagerten (n + 1) Prozesse oder andere vor- oder nachgelagerte Prozesse berücksichtigt werden. Die Lasten und die Vorteile können sich auf verschiedene Prozesse auswirken.

Manchmal erfordern Energieeffizienzmaßnahmen zusätzliche Energieflüsse, um einen Netto-Energieeffizienzvorteil zu erzielen (z. B. KWK-Anlagen, siehe Beispiel in Anhang D). Diese zusätzlichen Energieflüsse müssen in dieser Phase ebenfalls berücksichtigt werden (siehe Abschnitt „Lasten“).

6.2 Quantifizierung der Vorteile und Lasten

Im zweiten Schritt müssen alle Wirkungen, die in Schritt 1 gesammelt wurden, nach Möglichkeit quantifiziert werden.

Die Schätzung der

- erwarteten **Energieeinsparung** durch die Maßnahme oder
- **Energieerzeugung** durch den Einsatz neuer oder verbesserter Energieversorgungssysteme

muss auf soliden technischen Berechnungen basieren. Diese Berechnungen können von der Organisation oder einem externen Dienstleister durchgeführt werden.

Bei den Berechnungen sollten auch Informationen über den möglichen zeitlichen Abbau berücksichtigt werden (siehe 6.3).

ANMERKUNG Ein Leitfaden zur Berechnung von Energieeinsparungen ist z. B. in EN 15459-1 oder ISO 50046 zu finden. Die Methodik für diese Berechnungen ist jedoch nicht Gegenstand dieser Norm.

Tabelle 3 zeigt diese Daten für das angegebene Beispiel, in dem die quantifizierten Werte **den wahrscheinlichsten Fall** zeigen.

Tabelle 3 — Quantifizierung der Vorteile und Lasten

Wirkungen von ERI			Menge
Lasten	zusätzliche Finanzwirkungen	Erstinvestition für neue Pumpen	5 Pumpen
		Auslegung eines neuen Pumpensystems	100 h
	sonstige Wirkungen	Produktionsausfälle bei der Inbetriebnahme	15 h beim Austausch der Pumpen
Vorteile	Energieflusswirkungen	jährliche Energieeinsparung (Strom)	150 000 kWh/a
	zusätzliche Finanzwirkungen	geringere Wartungs- und Reparaturkosten	5 h weniger alle zwei Jahre
		Schrottwert alter Pumpen	5 Pumpen
	sonstige Wirkungen	Lärmminderung	Senkung von 90 — > 65 dB
		verbesserte Produktionssicherheit	nicht quantifizierbar
		neues Pumpsystem benötigt weniger Platz	10 m ² Platzersparnis

Wirkungen, die nicht quantifizierbar sind, könnten auch für die Entscheidung relevant sein. Daher müssen sie beschrieben, hinsichtlich ihrer Relevanz gewichtet und – falls entscheidungsrelevant – bewertet (siehe 8.1) und im Bewertungsbericht berücksichtigt werden (siehe 9.1).

6.3 Monetisierung, Bestimmung der relevanten Zeitpunkte, Berücksichtigung von Preisschwankungen und Abbauten

Quantifizierte Vorteile und Lasten müssen nach Möglichkeit in Cashflows überführt werden. Dazu werden die Mengen mit dem spezifischen Wert für jede Einheit multipliziert, während die Multiplikatoren den wahrscheinlichsten Fall aufzeigen.

Für jeden Cashflow muss die Organisation bestimmen:

- ob es sich um einen regulären oder einen einzelnen Cashflow handelt und wann der Cashflow stattfinden wird (Zeitpunkt);
- wie hoch die erwartete Preisschwankung für jede Cashflow-Reihe über die gesamte Laufzeit der Investition sein wird; und
- die Wirkung des Abbaus.

Die Preisschwankungen können für verschiedene Waren und Dienstleistungen unterschiedlich sein; daher müssen gegebenenfalls differenzierte Preisschwankungsraten verwendet werden. Alle Annahmen über Preisschwankungen müssen im Bewertungsbericht erwähnt und erläutert werden. Die angewandte Abbaurate sowie die Informationsquelle müssen im Bewertungsbericht vermerkt werden.

Quantifizierbare Wirkungen, die nicht monetisierbar sind, könnten ebenfalls für die Entscheidung relevant sein. Daher müssen sie beschrieben, hinsichtlich ihrer Relevanz gewichtet und – falls entscheidungsrelevant – bewertet (siehe 8.1) und im Bewertungsbericht berücksichtigt werden (siehe 9.1).

Berücksichtigung von Preisschwankungswirkungen:

Im Allgemeinen gibt es zwei Möglichkeiten, Preisschwankungswirkungen innerhalb der Kapitalwertberechnung zu berücksichtigen:

- Eine Möglichkeit besteht darin, den Kapitalwert mit inflationsbereinigten Cashflows (d. h. nach Herausrechnung der Inflationseffekte), also mit „realen“ Werten, zu berechnen.
- Eine weitere Möglichkeit besteht darin, Nennwerte zu verwenden (d. h. die Preisschwankung der Cashflows im Laufe der Zeit aufzuzeigen).

Für die Bewertung von energiebezogenen Investitionen dürfen nur Nennwerte (keine Realwerte) als Cashflow-Ströme verwendet werden (= Option 2). Eine Inflationsanpassung sollte vermieden werden, solange es die Modelle mit unterschiedlichen Preisschwankungsraten wie z. B. Energieinvestitionen zu tun haben (siehe Erläuterung in Anhang G).

Für das vorliegende Beispiel wurden die Preisschwankungsraten auf 3 % jährlich für Energie und 2 % jährlich für Wartung festgelegt (siehe Tabelle 4).

Die Annahmen zu Preisschwankungsraten müssen im Bewertungsbericht beschrieben werden.

Berücksichtigung des Abbaus:

Abbau heißt Rückgang der Leistung im Laufe der Zeit, entweder differenziert durch

- eine kontinuierliche Verringerung der Stromversorgung (**Energieversorgungssysteme**) oder
- eine Änderung der Leistung von **Energieeffizienzmaßnahmen** nach der Umsetzung, die zu einem Rückgang der jährlichen Energieeinsparungen führt (auch als „Verschlechterung“ bezeichnet). Sie kann sich auf Systemeigenschaften beziehen (z. B. durch Verschmutzung des Wärmetauschers im Kessel) oder auf Verhaltensänderungen von Menschen, die zu ihren alten Gewohnheiten/Verhaltensweisen beim Energieverbrauch zurückkehren oder als Reaktion auf reduzierte spezifische Energiekosten sogar mehr Energie verbrauchen (Rebound-Effekt).

Die Abbaurate wird als Leistungsabfall jährlich gemessen (z. B. 1 %/Jahr).

Für das angegebene Beispiel wird der Abbau auf 0 % gesetzt. Die Ergebnisse für das angegebene Beispiel sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Tabelle 4 — Überblick über alle Wirkungen, deren Merkmale und die zeitliche Zuordnung von Cashflows

Wirkungen von ERI		Menge	Ist Monetisierung möglich?	Wert je Einheit (spezifische Kosten)	Betrag	Zeitpunkt	Preisschwankung	Abbau	Aufnahme in den Abschlussbericht?
Lasten	Erstinvestition für neue Pumpen	5 Pumpen	ja	10 000 €	50 000 €/a	Jahr 0	–	nicht anwendbar	☒
	Auslegung eines neuen Pumpensystems	100 Stunden	ja	50 €/h	5 000 €/a	Jahr 0	–	nicht anwendbar	☒
	Produktionsausfälle bei der Inbetriebnahme	15 Stunden beim Austausch der Pumpen	teilweise	200 €/h	3 000 €/a	Jahr 0	–	nicht anwendbar	☒
Vorteile	jährliche Energieeinsparung (Strom)	150 000 kWh/a	ja	0,18 €/kWh	27 000 €/a	jedes Jahr	+3 %/a	+0 %/a	☒
	geringere Wartung	5 h weniger alle zwei Jahre	ja	50 €/h	250 €/a	alle 2 Jahre	+2 %/a	nicht anwendbar	☒
	Lärmminderung	Minderung von 90 — > 65 dB	nein	–	–	jedes Jahr	–	nicht anwendbar	☒
	Schrottwert alter Pumpen	5 Pumpen	ja	300 €	1 500 €/a	Jahr 0	–	nicht anwendbar	☒
	neues Pumpensystem benötigt weniger Platz	10 m ²	nein	–	–	jedes Jahr	–	nicht anwendbar	☐

ANMERKUNG Die Einheit €/a entspricht €/Jahr.

6.4 Anzahl zu berücksichtigender Zeiträume

Die Organisation muss den Planungshorizont T unter Berücksichtigung der gesamten Zeitspanne, in der die Investition Cashflows generiert (Projektlaufzeit), schätzen.

Der Planungshorizont T muss sorgfältig geschätzt werden, da Unterschiede zwischen erwarteter und tatsächlicher Projektlaufzeit zu erheblichen Ungenauigkeiten und damit zu Fehlentscheidungen führen können.

ANMERKUNG Die folgenden Fragen können helfen, die Laufzeit einer Investition zu bestimmen:

- Wie lange wirkt sich die Investition aus?
- Wie lange kann mit monetisierbaren Vorteilen und Lasten durch die Investition gerechnet werden?
- Wann sind Wiederaufbau, Repowering, Demontage, Generalüberholung, Entsorgung usw. und die damit verbundenen Cashflows zu erwarten?

Wenn verschiedene Investitionsprojekte anhand ihres berechneten Kapitalwerts verglichen und bewertet werden müssen, ist es wirtschaftlich nicht relevant, ob sie sich in ihrer Laufzeit unterscheiden. Um die Ergebnisse vergleichbar zu machen, sind keine zusätzlichen Berechnungen erforderlich, solange der Referenzzinssatz entsprechend eingestellt ist (siehe 6.6).

Alle Annahmen hinsichtlich der Laufzeiteinstellungen müssen im Bewertungsbericht erwähnt und erläutert werden.

Der Planungshorizont für das vorliegende Beispiel ist auf **15 Jahre** festgelegt.

6.5 Berücksichtigung von Risiken

Investitionsrisiken wirken sich auf den Kapitalwert aus. Sie können als die Volatilität der Rendite einer Investition betrachtet werden. Zwei Investitionsmöglichkeiten mit der gleichen Cashflow-Reihe und den gleichen Anpassungsparametereinstellungen, aber mit unterschiedlichen Risiken hinsichtlich ihrer Rendite hätten für den Investor unterschiedliche Werte.

Daher sollten Risiken bei der Kapitalwertberechnung als Risikozuschlag betrachtet werden, der in den Zinssatz einbezogen oder als zusätzlicher Cashflow definiert werden kann.

Neben der Einbeziehung eines Risikozuschlags kann eine Risikobeurteilung durch (a.) Sensitivitäts- und (b.) Szenarioanalysen ergänzt werden, während die Sensitivitätsanalyse diejenigen Parameter mit der stärksten Wirkung auf den Kapitalwert aufzeigt und die Szenarioanalyse das Schwankungsband der Kapitalwert-ergebnisse berücksichtigt („Worst- und Best-Case-Szenario“, siehe 7.3 und 8.1).

Die Organisation sollte ihre Annahmen und Risikoüberlegungen im Bewertungsbericht angeben. Weitere Informationen darüber, wie Risikoannahmen in die Bewertung einbezogen werden können, sind in Anhang F zu finden.

Alle Annahmen zum Risiko sollten im Bewertungsbericht erwähnt und erläutert werden.

6.6 Bestimmung des angemessenen Abzinsungssatzes

Für die Bewertung von ERI muss ein Abzinsungssatz r bestimmt werden. Der Abzinsungssatz wird verwendet, um den Zeitwert des Geldes in die Bewertungsrechnung einzubeziehen. Er muss die Anforderung zum Ausdruck bringen, die von einer Investition erwartet wird (r für die geforderte Rendite).

Die Bestimmung des Abzinsungssatzes hängt von der Art und Weise der Finanzierung einer Investition ab. Wird die Investition mit 100 % **Eigenkapital** finanziert, so muss der Abzinsungssatz r auf den internen Zinsfuß der besten verfügbaren Alternative festgesetzt werden¹.

Ist dagegen Fremdkapital die Grundlage der Investition, so muss der Zinssatz auf die Schulden für den Wert von r verwendet werden.

Für den Fall, dass die Finanzierungsquellen der Investition gemischt sind, können die gewichteten durchschnittlichen Kapitalkosten (WACC, en: Weighted Average Cost of Capital) als r gewählt werden:

$$r = WACC = \frac{\text{equity capital}}{\text{total investment capital}} \cdot r_{\text{eq}} + \frac{\text{debt capital}}{\text{total investment capital}} \cdot r_{\text{debt}}$$

Dabei sind

r_{eq} der Zinssatz für Eigenkapital;

r_{debt} der Zinssatz für Schulden.

¹ Durch die Verwendung des Abzinsungssatzes ist es der Organisation möglich, die Neuinvestition mit der Rendite der normalen Geschäftspraktiken zu vergleichen, da dies in der Regel die gegebene Alternative für Investitionen von Organisationen ist. Dann sollte der Abzinsungssatz auf die Rendite der Vermögenswerte festgelegt werden.

Der verwendete Abzinsungssatz sowie die Quelle der Informationen müssen gegebenenfalls im Bewertungsbericht angegeben und erläutert werden.

Der Abzinsungssatz für das vorliegende Beispiel wird, wie in Tabelle 5 dargestellt, auf **6,96 %** berechnet.

Tabelle 5 — Berechnung des Abzinsungssatzes (WACC)

Bestimmung des Zinssatzes	Wert
Anteil am Eigenkapital Share_{eq} (= Eigenkapital/Gesamtinvestitionskapital)	80 %
Anteil am Fremdkapital $\text{Share}_{\text{debt}}$ (= Fremdkapital/Gesamtinvestitionskapital)	20 %
r_{eq} = Zinssatz für Eigenkapital	7,2 %
r_{debt} = Zinssatz des Fremdkapitals	6,0 %
r = gewichtete durchschnittliche Kapitalkosten WACC (= $\text{Share}_{\text{eq}} \times r_{\text{eq}} + \text{Share}_{\text{debt}} \times r_{\text{debt}}$)	6,96 %

ANMERKUNG 1 Der letzte Beispielwert ergibt sich aus der Berechnung: „80 % $\times$ 7,2 % + 20 % $\times$ 6 % = 6,96 %“.

ANMERKUNG 2 Bei der Bestimmung des Fremdkapitalanteils können Organisationen die Berechnung der Schuldendienstdeckungsgrade (DSCR, en: Debt Service Coverage Ratio) als Indikator für Kreditgeber betrachten.

Der Abzinsungssatz ist in der Regel einer der einflussreichsten Anpassungsparameter der Kapitalwertberechnung. Daher muss dessen Festlegung mit Vorsicht erfolgen und im Bewertungsbericht erläutert werden.

7 B Berechnung

7.1 Bestimmung des Kapitalwerts von ERI (wahrscheinlichstes Fallszenario)

Zur Bestimmung des Mehrwerts von ERI muss der Kapitalwert berechnet werden. Alle monetisierbaren Vorteile und Lasten (Cashflows) müssen für jeden Zeitraum unter Berücksichtigung der vorgegebenen Preisschwankungsraten in eine Kalkulationstabelle aufgenommen werden. Tabelle 6 zeigt eine solche Kalkulationstabelle und die Ergebnisse für das gegebene Beispiel².

² Die verwendeten Formeln für jede Zelle von Tabelle 6 sind in Anhang A dargestellt.

Tabelle 6 — Berechnung des Kapitalwerts für das gegebene Beispiel (wahrscheinlichster Fall)

Referenzzinssatz r	6,96 %	Eingabedaten				
Jährliche Energiepreis-schwankungen epr	3 %	Eingabedaten				
Jährliche Preisschwankung, keine Energie pr	2 %	Eingabedaten				
Tatsächlicher spezifischer Energiepreis	0,18 €/kWh	Eingabedaten				
Anzahl zu berücksichtigender Zeiträume [Jahre]	15	Eingabedaten				
Cashflows	Basiswerte	Ablauf des Betriebszeitraums t				
		0	1	2	...	15
Auszahlungen						
Erstinvestition	60 000 €	(60 000) €				
Planungskosten	5 000 €	(5 000) €				
Produktionsausfälle bei der Inbetriebnahme	3 000 €	(3 000) €				
..						
Einzahlungen						
Energiekosteneinsparungen jährlich	150 000 kWh		27 810 €	28 644 €	...	42 065 €
Geringere Wartung (alle zwei Jahre, mit Beginn des zweiten Jahres)	250 €			260 €	...	
Schrottwert	1 500 €	1 500 €			...	
..						
Ergebnisse						
Gesamt		(66 500) €	27 810 €	28 904 €	...	42 065 €
Barwerte (PV)		(66 500) €	26 000 €	25 265 €	...	15 332 €
Kapitalwert (NPV)		238 202 €				

ANMERKUNG 1 Der Kapitalwert von 238 202 € berücksichtigt eine Projektlaufzeit von 15 Jahren.

ANMERKUNG 2 Ein Zeitraum stellt eine Zeitspanne von einem Jahr dar. Wenn die ERI beispielsweise im April umgesetzt wird, stellt ein Zeitraum die Zeitspanne von April bis März bis zum Ende der Laufzeit der Investition dar.

Die Summe der Cashflows für jeden Zeitraum muss abgezinst werden, um die Barwerte der Netto-Cashflows zu berechnen. Dieses Abzinsungsverfahren kann als Normalisierung künftiger Cashflows auf ihren heutigen Wert angesehen werden.

Die Barwerte müssen zu einem einzigen Indikator, dem Kapitalwert, zusammengefasst werden. Die NPV-Gleichung lautet wie folgt:

$$NPV = P_0 + \frac{P_1}{q} + \frac{P_2}{q^2} + \dots + \frac{P_T}{q^T} = \sum_{t=0}^T \frac{P_t}{q^t}$$

Dabei sind

- $q = (1 + r)$ der Abzinsungsfaktor;
 P_t die Zahlung am Ende des Zeitraums t ;
 r der Abzinsungssatz.

Vor der Berechnung müssen die Prozentwerte in Dezimalwerte umgerechnet werden (z. B. $r = 5 \% \rightarrow r = 0,05$)

Dieses Verfahren ermöglicht es, verschiedene Optionen unabhängig von ihrer Laufzeit zu vergleichen, da der Kapitalwert alle (monetisierbaren) Wirkungen berücksichtigt, die über die gesamte Laufzeit der Investition auftreten.

Berücksichtigung von Steuern

Die Organisation darf steuerliche Wirkungen in die Berechnung einbeziehen. Anhang D veranschaulicht, wie Steuerzahlungen einzubeziehen sind.

Steuereffekte ergeben sich regelmäßig aus den Wirkungen der Investition auf den Gewinn der Organisation, z. B. durch Abschreibungen oder andere Kosten wie Leasingraten usw. Um also Steuern in die Berechnung einzubeziehen, müssen diese Gewinnveränderungen ermittelt und mit dem Ertragsteuersatz der Gesellschaft multipliziert werden. Dennoch dürfen die Abschreibungen selbst bei der Berechnung nicht als Cashflow betrachtet werden, da ihre Werte nur Rechenergebnisse sind (sie können also nur indirekt durch Steuereffekte berücksichtigt werden).

7.2 Durchführung einer Sensitivitätsanalyse unter Variation aller Parameter mit erheblicher Unsicherheit

Um ein tieferes Verständnis für die Sensitivität des Kapitalwerts gegenüber Parameterschwankungen zu gewinnen, kann die Organisation eine Sensitivitätsanalyse durchführen. Die Organisation sollte in einem ersten Schritt bestimmen, welche Parameter eine erhebliche Unsicherheit enthalten und diese als Grundlage für die Sensitivitätsanalyse verwenden. In der Regel beinhalten diese Parameter:

- jährliche Preisschwankungsraten;
- Menge der eingesparten oder produzierten Energie;
- Laufzeit der Investition;
- Abzinsungssatz;
- Capex;
- Opex;
- Cashflows im Zusammenhang mit der Demontage, Veräußerung oder ähnlichem am Ende der Laufzeit.

Die Sensitivitätsanalyse wird durchgeführt, indem die Eingangsparameter einzeln in einem von der Organisation gewählten Intervall variiert werden (z. B. von -50% bis $+50 \%$ der wahrscheinlichsten Werte und Beurteilung von deren Auswirkungen auf den Kapitalwert). Tabelle 7 veranschaulicht die Ergebnisse einer solchen Sensitivitätsanalyse für das vorliegende Beispiel.

Tabelle 7 — Ergebnisse – Sensitivitätsanalyse

Anpassungsparameter	Einstellungen			Kapitalwert			Steigung
	Wert –50 %	Grundein- stellung	Wert +50 %	bei Wert –50 %	bei Grund- einstellung	bei Wert +50 %	
Jährliche Energiepreis- schwankungen	1,5 %	3 %	4,5 %	207 920 €	238 202 €	272 633 €	647 €/Δ %
Jährliche Menge der eingesparten oder produzierten Energie	75 000 kWh/a	150 000 kWh/a	225 000 kWh/a	86 460 €	238 202 €	389 944 €	3 035 €/Δ %
Erwartete durchschnittliche jährliche Preisschwankungs- rate für relevante Dienst- leistungen und Materialien	1,0 %	2,0 %	3,0 %	238 119 €	238 202 €	238 293 €	2 €/Δ %
Laufzeit der Investition T	7,5	15	22,5	97 112 €	238 202 €	307 077 €	2 100 €/Δ %
Abzinsungssatz r mit Risikoeinschätzung	3,48 %	6,96 %	10,44 %	325 354 €	238 202 €	176 957 €	–1 484 €/Δ %
Capex	34 000 €	68 000 €	102 000 €	272 202 €	238 202 €	204 202 €	–680 €/Δ %
Opex	0	0	0	238 202 €	238 202 €	238 202 €	0 €/Δ %
Cashflows im Zusammen- hang mit der Demontage, Veräußerung oder ähnlichem am Ende der Laufzeit	0	0	0	238 202 €	238 202 €	238 202 €	0 €/Δ %

Die Ergebnisse der Analyse können im Bewertungsbericht als Tabelle dargestellt und durch ein Linien-
diagramm ergänzt werden, wie in Bild 2 dargestellt.

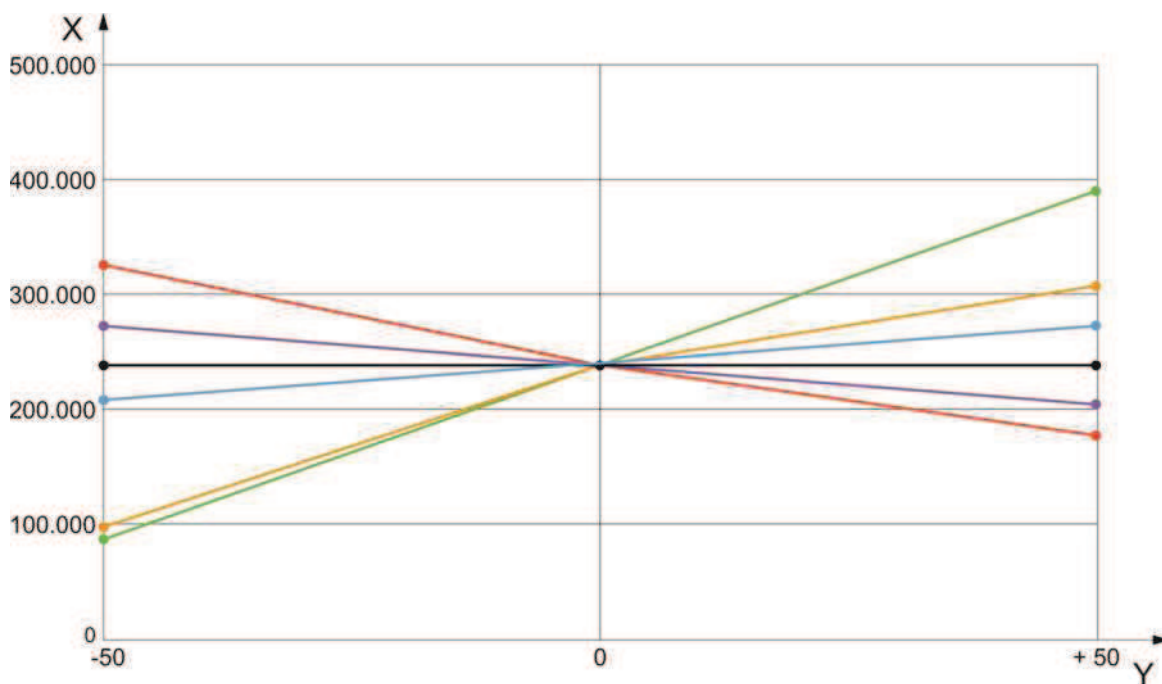


Bild 2 — Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse (jede Linie sollte eine gut zu unterscheidende Farbe aufweisen)

7.3 Durchführung einer Szenarioanalyse (Best-Case-, Worst-Case- und wahrscheinlichstes Szenario)

Die Organisation muss eine Szenarioanalyse durchführen. Ziel ist es, zu zeigen, wie extreme (aber dennoch realistische) Ergebnisse aussehen könnten. Die Analyse erfolgt durch gleichzeitige Variation aller Anpassungsparameter. Diese Parameter müssen mindestens auf einen höchstmöglichen und einen niedrigstmöglichen, aber dennoch realistischen Wert (z. B. Preisschwankungen bei Energie von 1,5 % und 4,5 %) festgelegt werden, was zu einem Best-Case- und einem Worst-Case-Szenario führt. Die Ergebnisse der Szenarioanalyse für das angegebene Beispiel sind in Tabelle 8 aufgeführt.

Tabelle 8 — Ergebnisse – Einstellungen und Ergebnisse der Szenarioanalyse

Anpassungsparameter	Wahrscheinlichster Fall	Worst-Case	Best-Case
Erstinvestition	60 000 €	85 000 €	50 000 €
Jährliche Energieeinsparung oder Energieversorgung	150 000 kWh/a	100 000 kWh/a	175 000 kWh/a
Jährliche Energiepreisschwankungen	3 %	1,5 %	4,5 %
Erwartete durchschnittliche jährliche Preisschwankungsrate für relevante Dienstleistungen und Materialien	2,0 %	3,0 %	1,5 %
Anzahl der Planungszeiträume T	15 Jahre	7,5 Jahre	20 Jahre
Abzinsungssatz r	6,96 %	9 %	5 %
NPV	238 202 €	4 805 €	544 685 €

Für eine ausgefeiltere Szenarioanalyse, die für eine hohe Anzahl von Fällen gleichzeitige Variationen aller relevanten Parameter ermöglicht, können Verfahren wie die „Monte-Carlo-Simulation“ durchgeführt werden.

Die Ergebnisse der Szenarioanalyse müssen im Bewertungsbericht erwähnt und beurteilt werden.

8 C Beurteilung

8.1 Auswertung der Ergebnisse

Die Organisation muss folgende Ergebnisse auswerten:

- Kapitalwertberechnung;
- Szenarioanalyse und
- qualitative Bewertung nicht monetisierbarer Wirkungen

und zwar nach folgenden Auswertungsregeln.

NPV

Für die Auswertung des Kapitalwerts ist es wichtig, dessen Auswirkungen zu verstehen. Dieser zeigt den durch ein bestimmtes Projekt generierten Wert im Vergleich zu einer gegebenen Alternative.

Ein Kapitalwert von 0 – als Beispiel – bedeutet, dass die Investition Renditen generiert, die nicht nur die Anfangszahlung zuzüglich der zusätzlichen Betriebskosten (= Summe der Auszahlungen) decken, sondern auch einen Überschuss schaffen, der dem der besten Alternative entspricht (im Falle einer eigenkapital-finanzierten Investition; ansonsten deckt sie genau die Kapitalkosten des Darlehens ab). Jeder Kapitalwert

über 0 macht deutlich, dass die jeweilige Investition einen Mehrwert generiert, der über die beste Alternative hinausgeht und somit günstig ist.

Szenario- und Sensitivitätsanalysen

Die Anpassungsparameter, die die stärkste Wirkung auf den Kapitalwert haben, sollten hervorgehoben und dokumentiert werden. Die Einstellungen dieser Parameter für die Berechnung des wahrscheinlichsten Falles sollten mit besonderer Sorgfalt vorgenommen werden, da sie eine entscheidende Wirkung auf die Ergebnisse haben.

Die Szenarioanalyse liefert zwei extreme Ergebnisse, die zeigen, was passieren könnte, wenn entweder alles extrem gut (aber immer noch realistisch) (Best-Case) oder extrem schlecht (aber immer noch realistisch) (Worst-Case) ausfällt.

Ein negatives Ergebnis des „Worst-Case-Szenarios“ bedeutet jedoch nicht zwangsläufig, dass die Investition nicht getätigt werden darf, da es nur das monetäre Risiko für den Worst-Case darstellt.

8.2 Bewertung der nicht monetisierbaren qualitativen und quantitativen Wirkungen auf die Entscheidung

Auch die Vorteile und Lasten, die nicht monetisiert und/oder quantifiziert werden können, müssen beurteilt werden. Obwohl diese Wirkungen nicht in den Kapitalwert integriert werden können, können sie für die Organisation und damit für die Entscheidung wichtig sein.

Es kann beispielsweise der Fall sein, dass zwei Alternativen zu einem sehr ähnlichen Kapitalwert führen. Dennoch könnte eine dieser Alternativen zusätzliche nicht monetisierbare Vorteile haben (z. B. weniger Lärm, weniger Luftverschmutzung oder eine höhere Produktionssicherheit). Folglich sollte die Alternative mit den höchsten zusätzlichen Vorteilen gewählt werden. Daher müssen diese Vorteile beurteilt werden.

Die Bedeutung der qualitativen Vorteile und Lasten sollte beurteilt werden, und zwar durch eine Bewertung der Dauer und der Auswirkungen dieser Wirkungen auf

- die Organisation,
- Mitarbeiter der Organisation,
- die Umwelt.

9 D Berichterstattung

Transparente und nachvollziehbare Darstellung der Berechnung und der Ergebnisse unter Berücksichtigung nicht quantifizierbarer und nicht monetisierbarer Wirkungen

Der Bewertungsbericht muss enthalten:

- a) die Übersicht über die Quantifizierung (einschließlich Verbesserung der Energieeffizienz oder der erzeugten Energie, ausgedrückt in kWh oder einer anderen Energieeinheit), die Monetisierung und die qualitative Beschreibung aller identifizierten Vorteile und Lasten, einschließlich der erwarteten Preisschwankungen und der bedeutendsten Wirkungen auf das jeweilige Projekt, wie in Tabelle 4 dargestellt;
- b) eine kurze Beschreibung über die Bestimmung des Abzinsungssatzes und die Berücksichtigung des Risikos;
- c) die Kalkulationstabelle für das wahrscheinlichste, schlechteste und beste Szenario mit transparenter Darstellung der Parametereinstellungen und der Beschreibung der nicht monetisierbaren Wirkungen und ihrer Auswirkungen auf das Projekt;
- d) einen Vorschlag für die Entscheidung auf der Grundlage der Auswertung des Kapitalwerts, der Szenarioanalyse und der Bewertung der nicht monetisierbaren Wirkungen.

Zusätzlich kann das Ergebnis der Sensitivitätsanalyse in den Bericht aufgenommen werden.

Der gesamte Bericht muss dem Personal, das sich für oder gegen das Projekt entscheidet, als editierbare Tabellenkalkulationsdatei ausgehändigt werden, um die Rückverfolgbarkeit und Transparenz der Berechnung zu gewährleisten und damit das Vertrauen in die Ergebnisse zu stärken. Der Bewertungsbericht für das vorliegende Beispiel besteht aus der folgenden verbalen Beurteilung, wie in Bild 3 und Tabelle 4 bis Tabelle 8 dargestellt.

Bewertungsbericht Nr. 1 „Austausch von Kühlturmen in Gebäude 1“

Name des Antragstellers:

Datum: XX.XX.XXXX

Kurze Beschreibung der energiebezogenen Investition:

Um die Energieeffizienz zu erhöhen, sollten die 5 Kühlturme in Gebäude 1 durch neue und energieeffizientere ersetzt werden, da die alten aus dem Jahr 1976 stammen und in naher Zukunft voraussichtlich ausfallen werden.

Vorschlag zur Entscheidung

Die Investition sollte durchgeführt werden, da der positive Kapitalwert einen Mehrwert von 238 202 € für das Unternehmen aufweist. Die zusätzlichen qualitativen Wirkungen unterstreichen diesen Vorschlag.

Alle Ergebnisse und Berechnungen sind in diesem Bewertungsbericht enthalten.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Kapitalwert:

Der Kapitalwert für die angegebene ERI beträgt 238 202 €.

Sensitivitäts- und Szenarioanalyse:

Die Sensitivitätsanalyse zeigt, dass das Ergebnis stark von der „jährlichen Energieeinsparung“ abhängig ist. Ein Rückgang der Einsparung um 1 % führt zu einer Verringerung des Kapitalwerts um 3 035 €. So wurde die technische Berechnung nochmals überprüft, und die zu erwartenden Energieeinsparungen erscheinen sinnvoll. Selbst wenn die Einsparungen um 50 % sinken würden (während alle anderen Parameter gleich bleiben würden), würde der Kapitalwert dennoch 86 460 € betragen.

Die Szenarioanalyse zeigt, dass der Kapitalwert in einem unwahrscheinlichen, aber möglichen Worst-Case auf 4 805 € sinken würde, im Best-Case-Szenario würde er 544 685 € betragen.

Qualitative Beschreibung nicht monetisierbarer Wirkungen:

Neben dem positiven Kapitalwert hat die Investition positive qualitative Wirkungen. Die neuen Pumpen werden die **Zuverlässigkeit der Produktion** erhöhen, da die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls der Pumpen durch die Investition verringert wird. Die neuen Pumpen werden auch **den Geräuschpegel im Gebäude 1 von 85 dB auf 65 dB senken**. Zusätzlich führt die Energieeinsparung zu einer Verringerung des **CO₂-Ausstoßes** von

Einstellungen der Anpassungsparameter:

Abzinsungssatz:

Die WACC wurden berechnet und als Abzinsungssatz verwendet. Unter Berücksichtigung eines Anteils von 80 % Eigenkapital (7,2 %) und eines Anteils von 20 % Fremdkapital (6 %) ergeben sich die WACC von 6,96 %.

Laufzeit:

Die Projektlaufzeit wurde auf 15 Jahre festgelegt, da davon ausgegangen werden kann, dass die Pumpen so lange halten, aber aufgrund der fortschrittlichen Technologie ersetzt werden, die in 15 Jahren ersetzt werden dürfte.

Abbau:

Der Abbau für die Pumpen wurde auf 0 % festgelegt, da der Leistungsabfall aufgrund der regelmäßigen Wartung sehr gering sein soll.

Annahmen über Preisschwankungen:

Die Preisschwankungsraten lagen bei 3 % für Energie und 2 % für nichtenergetische Cashflows.

Risiko:

Das Risiko für die Investition kann als ähnlich wie das normale Geschäftsrisiko betrachtet werden. Daher wurde keine Risikoanpassung vorgenommen.

Anhang

- Tabelle 1: Berechnung des Kapitalwerts (wahrscheinlichstes Fallszenario) nach EN XXXXX.
- Tabelle 2: Berechnung des Kapitalwerts (Best-Case-Szenario) nach EN XXXXX.
- Tabelle 3: Berechnung des Kapitalwerts (Worst-Case-Szenario) nach EN XXXXX.
- Darstellung 1: Sensitivitätsanalyse nach EN XXXXX.

Bild 3 — Bewertungsbericht für das vorliegende Beispiel

Anhang A (informativ)

Die Kapitalwert-Berechnungstabelle (Basisversion) mit sichtbaren Formeln

Tabelle A.1 — Kapitalwert-Berechnungstabelle (Basisversion mit sichtbaren Formeln)

A	B	C	D	E	F		S
2	Referenzzinssatz r	6,96 %	Eingabedaten				
3	Jährliche Energiepreis-schwankungen epr	3 %	Eingabedaten				
4	Jährliche Preisschwan-kung, keine Energie pr	2 %	Eingabedaten				
5	Tatsächlicher spezifischer Energiepreis	0,18 €/kWh	Eingabedaten				
6	Anzahl zu berücksichti-gender Zeiträume [Jahre]	15	Eingabedaten				
7	Cashflows	Basis-werte	Ablauf des Betriebszeitraums t				
8			0	1	2	...	15
9			Berücksichtigte Zeiträume (1 = ja)				
10			1	1	1	...	1
11	Auszahlungen						
12	Erstinvestition	60 000 €	= -C12				
13	Planungskosten	5 000 €	= -C13				
14	Produktionsausfälle bei der Inbetriebnahme	3 000 €	= -C14				
15							
16	Einzahlungen						
17	Energiekosteneinsparung jährlich	150 000 kWh		= \$C\$17 × \$C\$5 × (1 + \$C\$3)^E8	= \$C\$17 × \$C\$5 × (1 + \$C\$3)^F8	...	= \$C\$17 × \$C\$5 × (1 + \$C\$3)^S8
18	Geringere Wartung (alle zwei Jahre, mit Beginn des zweiten Jahres)	250 €			= \$C\$18 × (1 + \$C\$4)^F8	...	
19	Schrottwert	1 500 €	= C19				
20							
21	Ergebnisse						
22	Gesamt		= (SUM(D12:D14) + SUM(D17:D19)) × D10	= (SUM(E12:E15) + SUM(E17:E19)) × E10	= (SUM(F12:F15) + SUM(F17:F19)) × F10	...	= (SUM(S12:S15) + SUM(S17:S19)) × S10
23	Barwerte (PV)		= (D22):(1 + \$C\$2)^D8	= E22:(1 + \$C\$2)^E8	= F22:(1 + \$C\$2)^F8	...	= S22:(1 + \$C\$2)^S8
24	Kapitalwert (NPV)		= SUM(D23:X23)				

Anhang B (informativ)

Umfassende Version der Kapitalwertberechnungstabelle

Die Standardkapitalwertberechnung basiert auf der folgenden Gleichung:

$$NPV = P_0 + \frac{P_1}{q} + \frac{P_2}{q^2} + \dots + \frac{P_T}{q^T} = \sum_{t=0}^T \frac{P_t}{q^t}$$

Diese Gleichung geht implizit davon aus, dass der Abzinsungssatz r über die Zeit konstant ist. Daher hat der Abzinsungsfaktor keinen Index. Benötigt der Kapitalwert-Rechner jedoch zeitspezifische Abzinsungssätze r_t (z. B. bei Änderung der Zinssätze für ein Darlehen), so ist die Kapitalwertgleichung wie folgt abzuändern:

$$NPV = P_0 + \frac{P_1}{q_1} + \frac{P_2}{q_1 \cdot q_2} + \dots + \frac{P_T}{q_1 \cdot q_2 \cdot \dots \cdot q_T}$$

$$q_t = (1 + r_t)$$

Dabei ist

$$\text{ein aggregierter Abzinsungsfaktor } aq_t = \prod_{x=1}^t q_t = q_1 \cdot q_2 \cdot \dots \cdot q_t = (1 + r_1) \cdot (1 + r_2) \cdot \dots \cdot (1 + r_t)$$

$$NVP = P_0 + \sum_{t=1}^T \frac{P_t}{aq_t}$$

Die *umfassende Version der Kapitalwertberechnungstabelle* ermöglicht es auch, die *Einkommensteuer* und die *Mehrwertsteuer* zu berücksichtigen, die im Hauptteil dieses Dokuments nicht in die Berechnungen einbezogen sind.

Tabelle B.1 — Kapitalwertberechnungstabelle (umfassende Version)

A	B	C	D	E	F		S
2	Bestimmung der Zinssätze und Steuern						
3	Anteil am Eigenkapital Share _{eq} (= Eigenkapital/ Gesamtinvestitionskapital)	80 %	Eingabedaten				
4	Anteil am Fremdkapital Share _{debt} (= Fremdkapital/ Gesamtinvestitionskapital)	20 %	Eingabedaten				
5	Erwartete Rendite der besten alternativen Investition r _{alt} = r _{eq} [%] vor Steuern	7,2 %	Eingabedaten				
6	Zinssatz des Fremdkapitals (vor Steuern) r _{debt} ^{bt}	6 %	Eingabedaten				
7	Einkommensteuersatz it	31,4 %	Eingabedaten				

A	B	C	D	E	F		S
8	Berücksichtigung des Einkommensteuersatzes (1 = ja)?	1	Eingabedaten				
9	Erwartete Eigenkapitalrendite nach Steuern r_{eq}^{at} (= $r_{eq}^{bt} \cdot [1 - it]$)	4,9 %	berechnet				
10	Zinssatz für Fremdkapital nach Steuern r_{debt}^{at} (= $r_{debt}^{bt} \cdot [1 - it]$)	4,1 %	Eingabedaten				
11	Gewichtete durchschnittliche Kapitalkosten vor Steuern im ersten Jahr $WACC^{bt}$ (= $Share_{eq} \cdot r_{eq}^{bt}$ + $Share_{debt} \cdot r_{debt}^{bt}$)	6,96 %	berechnet				
12	Gewichtete durchschnittliche Kapitalkosten nach Steuern im ersten Jahr $WACC^{at}$ (= $Share_{eq} \cdot r_{eq}^{at}$ + $Share_{debt} \cdot r_{debt}^{at}$)	4,8 %	berechnet				
13	Mehrwertsteuer (en: Value added tax, VAT)	19 %	Eingabedaten				
14	Referenzzinssatz im ersten Jahr r_1	4,80 %	berechnet				
15	In einem quantifizierten Renditeverlust ausgedrücktes Risiko R_{loss} [%]	50 %	Eingabedaten				
16	Wahrscheinlichkeit des eintretenden Renditeverlusts p_{loss} [%]	20 %	Eingabedaten				
17	Parameter der Cashflows						
18	Jährliche Energiepreisschwankungen epr	3 %	Eingabedaten				
19	Jährliche Preisschwankung, keine Energie pr	2 %	Eingabedaten				
20	Jährliche Energieeinsparungen $E_{savings, A}$ [kWh/a]	150 000	Eingabedaten				
21	Tatsächlicher spezifischer Energiepreis (Energieträger A) $SpecPrice_{energy_A, 0}$	0,18 €/kWh	Eingabedaten				
22	Tatsächlicher spezifischer Energiepreis (Energieträger B) $SpecPrice_{energy_B, 0}$	N.N.	Eingabedaten				
23	Jährlicher Abbau/ degrad	0,0 %	Eingabedaten				
24	Anzahl zu berücksichtigender Zeiträume [Jahre] T	15	Eingabedaten				

A	B	C	D	E	F		S
25	Abschreibungszeitraum (nur relevant, wenn Steuern berücksichtigt werden) [Jahre] _{tax}	10	Eingabedaten				
26	Cashflows	Basiswerte	Ablauf des Betriebszeitraums t				
27			0	1	2	...	15
28			Berücksichtigte Zeiträume (1 = ja)				
29			1	1	1	...	1
30			Jährlicher Referenzzinssatz r (editierbar)				
31			0 %	4,80 %	4,80 %	...	4,80 %
32			Jährlicher Abzinsungsfaktor q (= 1 + r)				
33			1,000	1,048	1,048	...	1,048
34			Aggregierter Abzinsungsfaktor Πq				
35			1,00	1,05	1,10	...	2,02
36	Auszahlungen P _{out}						
37	Erstinvestition	60 000 €	(60 000) €				
38	Planungskosten	5 000 €	(5 000) €				
39	Produktionsausfälle bei der Inbetriebnahme	3 000 €	(3 000) €				
40							
41	Einzahlungen P _{in}						
42	Jährliche Energieeinsparungen [kWh/a]	150 000 kWh/a		27 810 €	28 644 €	...	42 065 €
43	Geringere Wartung	250 €			260 €	...	
44	Schrottwert	1 500 €	1 500 €				
45							
46	Steuerbezogene Zahlungen P _{out} oder P _{in}						
47	Steuern im Zusammenhang mit Kosteneinsparungen (automatisch berechnet)		-471 €	-8 732 €	-9 076 €	...	-13 208 €
48	Steuersenkung durch Abschreibungen (automatisch berechnet)		1 884 €	1 884 €	1 884 €	...	1 884 €
49	Steuersenkung durch Betriebskosten (automatisch berechnet)		2 512 €	0 €	0 €	...	0 €
50							
51	Ergebnisse						
52	Gesamt		(62 575) €	20 962 €	21 712 €	...	30 741 €

A	B	C	D	E	F		S
53	Abzug zur Berücksichtigung von Risiken (= $\text{total}_t \times R_{\text{loss}} \times p_{\text{loss}}$ [bei $t > 0$])			(2 096) €	(2 171) €	...	(3 074) €
54	Barwerte (PV)		(62 575) €	18 001 €	17 792 €	...	13 694 €
55	Kapitalwert (NPV)		174 436 €				
56	Kapitalwert (NPV) nach VAT		207 579 €				

In Tabelle B.2 ist der Inhalt der Zellen von Tabelle B.1 dargestellt.

Tabelle B.2 — Kapitalwertberechnungstabelle (umfassende Version) — mit sichtbaren Formeln

A	B	C	D	E	F		S
2	Bestimmung der Zinssätze und Steuern						
3	Anteil am Eigenkapital Share_{eq} (= Eigenkapital/ Gesamtinvestitionskapital)	80 %	Eingabedaten				
4	Anteil am Fremdkapital $\text{Share}_{\text{debt}}$ (= Fremdkapital/ Gesamtinvestitionskapital)	20 %	Eingabedaten				
5	Erwartete Rendite der besten alternativen Investition vor Steuern $r_{\text{alt}} = r_{\text{eq}}^{\text{bt}}$ [%]	7,2 %	Eingabedaten				
6	Zinssatz des Fremdkapitals (vor Steuern) $r_{\text{debt}}^{\text{bt}}$	6 %	Eingabedaten				
7	Einkommensteuersatz it	31,4 %	Eingabedaten				
8	Berücksichtigung des Einkommensteuersatzes ($1 = ja$)?	1	Eingabedaten				
9	Erwartete Eigenkapitalrendite nach Steuern $r_{\text{eq}}^{\text{at}}$ (= $r_{\text{eq}}^{\text{bt}} \cdot [1 - it]$)	4,9 %	berechnet				
10	Zinssatz für Fremdkapital nach Steuern $r_{\text{debt}}^{\text{at}}$ (= $r_{\text{debt}}^{\text{bt}} \cdot [1 - it]$)	4,1 %	Eingabedaten				

A	B	C	D	E	F		S
11	Gewichtete durchschnittliche Kapitalkosten vor Steuern im ersten Jahr $WACC^{bt}$ (= $Share_{eq} \cdot r_{eq}^{bt} + Share_{debt} \cdot r_{debt}^{bt}$)	6,96 %	berechnet				
12	Gewichtete durchschnittliche Kapitalkosten nach Steuern im ersten Jahr $WACC^{at}$ (= $Share_{eq} \cdot r_{eq}^{at} + Share_{debt} \cdot r_{debt}^{at}$)	4,8 %	berechnet				
13	Mehrwertsteuer (VAT)	19 %	Eingabedaten				
14	Referenzzinssatz im ersten Jahr r_1	4,80 %	berechnet				
15	In einem quantifizierten Renditeverlust ausgedrücktes Risiko R_{loss} [%]	50 %	Eingabedaten				
16	Wahrscheinlichkeit des eintretenden Renditeverlusts p_{loss} [%]	20 %	Eingabedaten				
17	Parameter der Cashflows						
18	Jährliche Energiepreisschwankungen epr	3 %	Eingabedaten				
19	Jährliche Preisschwankung, keine Energie pr	2 %	Eingabedaten				
20	Jährliche Energieeinsparungen $E_{savings, A}$ [kWh/a]	150 000	Eingabedaten				
21	Tatsächlicher spezifischer Energiepreis (Energieträger A) $SpecPrice_{energy_A, 0}$	0,18 €/kWh	Eingabedaten				
22	Tatsächlicher spezifischer Energiepreis (Energieträger B) $SpecPrice_{energy_B, 0}$	N.N.	Eingabedaten				
23	Jährlicher Abbau/degrad	0,0 %	Eingabedaten				

A	B	C	D	E	F		S
24	Anzahl zu berücksichtigender Zeiträume [Jahre] T	15	Eingabedaten				
25	Abschreibungszeitraum (nur relevant, wenn Steuern berücksichtigt werden) [Jahre] T _{tax}	10	Eingabedaten				
26	Cashflows	Basiswerte	Ablauf des Betriebszeitraums t				
27			0	1	2	...	15
28			Berücksichtigte Zeiträume (1 = ja)				
29			1	1	1	...	1
30			Jährlicher Referenzzinssatz r (editierbar)				
31			0 %	4,80 %	4,80 %	...	4,80 %
32			Jährlicher Abzinsungsfaktor q (= 1 + r)				
33			1,000	1,048	1,048	...	1,048
34			Aggregierter Abzinsungsfaktor IIq				
35			1,00	1,05	1,10	...	2,02
36	Auszahlungen P _{out}						
37	Erstinvestition	60 000 €	(60 000) €				
38	Planungskosten	5 000 €	(5 000) €				
39	Produktionsausfälle bei der Inbetriebnahme	3 000 €	(3 000) €				
40							
41	Einzahlungen P _{in}						
42	Jährliche Energieeinsparungen [kWh/a]	150 000 kWh/a		27 810 €	28 644 €	...	42 065 €
43	Geringere Wartung	250 €			260 €	...	
44	Schrottwert	1 500 €	1 500 €				
45							
46	Steuerbezogene Zahlungen P _{out} oder P _{in}						
47	Steuern im Zusammenhang mit Kosteneinsparungen (automatisch berechnet)		(471) €	(8 732) €	(9 076) €	...	(13 208) €

A	B	C	D	E	F		S
48	Steuersenkung durch Abschreibungen (automatisch berechnet)		1 884 €	1 884 €	1 884 €	...	1 884 €
49	Steuersenkung durch Betriebskosten (automatisch berechnet)		2 512 €	0 €	0 €	...	0 €
50							
51	Ergebnisse						
52	Gesamt		$\text{SUM(D37:D50)} \times \text{D29}$	$\text{SUM(E37:E50)} \times \text{E29}$	$\text{SUM(F37:F50)} \times \text{F29}$	...	$\text{SUM(S37:S50)} \times \text{S29}$
53	Abzug zur Berücksichtigung von Risiken (= $\text{total}_t \times R_{\text{loss}} \times p_{\text{loss}}$ [bei $t > 0$])			$-\text{E52} \times \$C\$15 \times \$C\$16$	$-\text{F52} \times \$C\$15 \times \$C\$16$	...	$-\text{S52} \times \$C\$15 \times \$C\$16$
54	Barwerte (PV)		D52:D35	$(\text{E52} + \text{E53}): \text{E35}$	$(\text{F52} + \text{F53}): \text{F35}$	...	$(\text{S52} + \text{S53}): \text{S35}$
55	Kapitalwert (NPV)		SUM(D54:X54)				
56	Kapitalwert (NPV) nach VAT		$\text{D55} \times (1 + \text{C13})$				

Anhang C (informativ)

Auswahl des geeigneten Bewertungsverfahrens

C.1 Einleitung

Es gibt verschiedene Bewertungsverfahren, die angewendet werden können, um Entscheidungen für die Investition in ein Projekt, eine Technologie usw. vorzubereiten, unabhängig davon, ob diese Maßnahmen energiebezogen sind oder nicht. Würden alle bestehenden Verfahren im Einzelfall zu derselben Entscheidungsempfehlung führen, gäbe es keine Probleme bei der Auswahl des geeigneten Verfahrens/Indikators. Das ist aber nicht der Fall.

Einige Verfahren führen zu demselben Bewertungsergebnis, aber auf unterschiedliche Weise, so dass es ausreichen würde, nur eines davon anzuwenden. Andere generieren unterschiedliche Ergebnisse und können daher manchmal zu unterschiedlichen Entscheidungen führen. In diesem Zusammenhang ist es sinnvoll, solche Bewertungsverfahren kritisch zu bewerten und zu vergleichen (im Hinblick auf die Energieeffizienz), d. h. ihre Vor- und Nachteile hinsichtlich des Ergebnisses der Verfahren zu erläutern. Es sollte das Verfahren verwendet werden, das die geringsten Einschränkungen bei der Entscheidungsfindung aufweist. Im Folgenden werden mehrere Verfahren miteinander verglichen.

C.2 Unterscheidung zwischen den Verfahren, die den Zeitwert des Geldes berücksichtigen, und anderen, die es nicht tun

Erstens sollten diejenigen Verfahren, die den Zeitwert des Geldes berücksichtigen –ausgedrückt durch einen Abzinsungssatz $r > 0\%$ – von anderen unterschieden werden, die dies nicht tun. Tabelle C.1 und Tabelle C.2 veranschaulichen die Bedeutung der Anwendung eines Abzinsungssatzes.

**Tabelle C.1 — Endwertberechnung unter Berücksichtigung des Zeitwertes des Geldes
(Abzinsungssatz $r > 0\%$)**

Abzinsungssatz r_t	5 %					
Zeitraum	0	1	2	3	4	5
Zahlung auf das Sparkonto	100 000 €					
Ergebnisse oder Indikatoren						
Endwert = $f(T)$	100 000 €	105 000 €	110 250 €	115 763 €	121 551 €	127 628 €

**Tabelle C.2 — Endwertberechnung ohne Berücksichtigung des Zeitwertes des Geldes
(Abzinsungssatz $r = 0\%$)**

Abzinsungssatz r_t	0 %					
Zeitraum	0	1	2	3	4	5
Zahlung auf das Sparkonto	100 000 €					
Ergebnisse oder Indikatoren						
Endwert = $f(T)$	100 000 €	100 000 €	100 000 €	100 000 €	100 000 €	100 000 €

Werden z. B. 100 000 € zu einem Zinssatz von 5 % auf ein Sparkonto eingezahlt, würde das Vermögen nach fünf Jahren 127 628 € betragen. Das wäre auch das Ergebnis der Berechnung in Tabelle C.1. Die Berechnung in Tabelle C.2 zeigt das Ergebnis, wenn der Zeitwert des Geldes (Zinssatz auf 0 % festgelegt) nicht berücksichtigt wird, was zu einem Ergebnis von 100 000 € führt. Und unter der realistischen Annahme, dass es einen Zeitwert des Geldes gibt, ist dieses Ergebnis falsch, da es nicht die Realität widerspiegelt.

Generell kann daher festgehalten werden, dass alle Verfahren, die den Zeitwert des Geldes nicht berücksichtigen — „**Verfahren der Gruppe 1**“ — Ergebnisse liefern, die die Realität nicht widerspiegeln. Die üblichsten davon sind in Tabelle C.3 aufgeführt.

Tabelle C.3 — „Verfahren der Gruppe 1“ Projektbewertungsverfahren, die den Zeitwert des Geldes nicht berücksichtigen.

Nr.	Bezeichnung	Abkürzung	Zeitwert des Geldes berücksichtigt?
1	Einfaches Verhältnis von Einsparungen zu Investitionen	SSIR	nein
2	Vereinfachtes Amortisationszeitverfahren	SPB oder SPP	nein

Da eines der zentralen Anliegen dieser Norm darin besteht, korrekte und transparente Ergebnisse zu erzielen, werden in diesem Dokument nicht jene Verfahren verwendet, die den Zeitwert des Geldes vernachlässigen.

Bei der Bewertung der „**Verfahren der Gruppe 2**“ wird jedoch der Zeitwert des Geldes berücksichtigt. Eine Übersicht über die gängigsten Verfahren ist in Tabelle C.4 zu finden.

Tabelle C.4 — „Verfahren der Gruppe 2“ Projektbewertungsverfahren, die den Zeitwert des Geldes berücksichtigen

Nr.	Bezeichnung	Abkürzung	Zeitwert des Geldes berücksichtigt?
3	Kapitalwert	NPV	ja
3a	Jahreswert (oder Annuität)	AW	ja
3b	Verhältnis von Einsparungen zu Investitionen	SIR	ja
3c	Rentabilitätsindex	PI	ja
4	Gegenwartswert oder Barwert	PW	ja
5	Nettoeinsparungen	NS	ja
6	Lebenszykluskosten	LCC	ja
7	Interner Zinsfuß	IZF	ja
8	Diskontierte Amortisationsdauer	DPB oder DPP	ja

Die Berechnung des „Jahreswertes“ (Verfahren 3a), des Verhältnisses von Einsparungen zu Investitionen (Verfahren 3b) und des Rentabilitätsindex (Verfahren 3c) basiert auf dem Kapitalwertverfahren (Verfahren 3). Entweder erfordern die Verfahren die Berechnung des Kapitalwerts, um das Ergebnis zu ermitteln (Jahreswert), oder sie stellen den Kapitalwert als Quotienten (SRI und PI) dar. Die Anwendung dieser Verfahren führt also zum gleichen Ergebnis und unterscheidet sich nur in der Art und Weise, wie es dargestellt wird (wenn beispielsweise eine von zehn Optionen den höchsten Kapitalwert hat, hat sie auch die höchste Jahreszahlung, die höchste SIR und den höchsten PI). Damit wäre die Berechnung des Kapitalwerts für die Entscheidungsfindung ausreichend.

Die Verfahren 4 (Barwert), 5 („Nettoeinsparungen“) und 6 (Lebenszykluskostenanalyse [LCCA]) konzentrieren sich nur auf bestimmte Aspekte von Investitionen und sind daher nicht für eine vollständige Projektbewertung geeignet, da sie entweder die Erstzahlung (Kapitalwert und Nettoeinsparungen) oder die Vorteile der Investitionsprojekte (LCCA) vernachlässigen. Alle drei sind Bestandteil des Kapitalwerts. Eine Übersicht über die Ergebnisse der Verfahren ist in Tabelle C.5 zu finden.