



Ulrich Nissen

Investitionsrechnung für Energieeffizienz- und Klimaschutzmaßnahmen unter Berücksichtigung von DIN EN 17463 (VALERI)

Kürzlich erschienen bei der VDI-Verlag
tm BGL Kesseler Verlag

Inhaltsverzeichnis

1	Hinführung zum Thema	1
1.1	Beitrag der Investitionsrechnung für das Schließen der „Energy Efficiency Gap“	1
1.2	Themenspektrum betrieblicher und privater Investitionsprojekte im Energiebereich	3
1.3	Häufig begangene Fehler oder Ungenauigkeiten bei Investitionsrechnungen	4
1.4	Anforderungen an investitionsbezogene Entscheidungsvorlagen	5
2	Ziel und Zielgruppen des Werkes	7
3	Abgrenzung relevanter Begriffe	8
3.1	Relevante Begriffsbestimmungen in Normen und Rechtsakten	9
3.1.1	DIN EN ISO/IEC 13273-1:2016-06	9
3.1.2	DIN/TS 18599-12:2021-04	10
3.1.3	Gesetz zur Steigerung der Energieeffizienz in Deutschland (Energieeffizienzgesetz – EnEFG)	11
3.1.4	Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz – GEG)	12
3.1.5	EU-Energieeffizienz-Richtlinie (Energy Efficiency Directive [EED])	13
3.1.6	Gesetz über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen (Energiedienstleistungsgesetz – EDL-G)	14
3.1.7	DIN EN 17669:2023-03 Energiespar-Contracting – Mindestanforderungen	14
3.1.8	Gesetz zur steuerlichen Förderung von Investitionen in den Klimaschutz (Klimaschutz-Investitionsprämien-Gesetz – Klimaschutz-InvPG)	15
3.1.9	Verordnung über Maßnahmen zur Vermeidung von Carbon-Leakage durch den nationalen Brennstoffemissionshandel (BEHG-Carbon-Leakage-Verordnung – BECV)	15
3.1.10	Gesetz zur Finanzierung der Energiewende im Stromsektor durch Zahlungen des Bundes und Erhebung von Umlagen (Energiefinanzierungsgesetz – EnFG)	16
3.1.11	Verordnung zur Sicherung der Energieversorgung über mittelfristig wirksame Maßnahmen (Mittelfristenergieversorgungssicherungsmaßnahmenverordnung – EnSimiMaV)	16
3.1.12	Gesetz über die energetische Modernisierung von vermietetem Wohnraum und über die vereinfachte Durchsetzung von Räumungstiteln (Mietrechtsänderungsgesetz – MietRÄndG)	16
3.1.13	EU-Gebäuderichtlinie	18
3.2	„Energie“, „Exergie“ und „Anergie“ – Begriffsabgrenzung, artverwandte Begriffe und Beispiele	19
3.3	„Investition“ und „Investitionsart“ – Begriffsabgrenzungen und Beispiele	23
3.4	„Wirtschaftlichkeit“, „Wirtschaftlichkeitsrechnung“, „Investitionsrechnung“, „wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit“, „wirtschaftliche Durchführbarkeit“ – Abgrenzung der Termini und Beispiele	27
3.5	„Energiebezogene Investition“ – Begriffsabgrenzung, artverwandte Begriffe und Beispiele	30
3.6	„Primärenergie“, „Endenergie“ und „Nutzenergie“ sowie „Energiedienstleistung“ und „Energiewertschöpfungskette“ – Begriffsabgrenzungen und Beispiele	31
3.7	„Energiebilanz“, „End- und Nutzenergie erster und zweiter Ordnung“, „physikalisches Minimum“ – Abgrenzungen der Termini und Beispiele	34
3.8	„Energieeffizienz“, „Wirkungsgrad“, „Nutzungsgrad“ – Begriffsabgrenzungen und Beispiele	41

3.9	Energieeffizienzarten, Energieintensitätsarten, „Emissionsintensität“ – Abgrenzungen und Beispiele	43
3.10	„Nutzenergiewirkungsgrad“, „Nutzenergienutzungsgrad“ – Begriffsabgrenzungen und Beispiele	48
3.11	„Verbesserung der Energieeffizienz“ und „Verringerung des Endenergieverbrauchs“ – Abgrenzung der Termini und Beispiele.....	49
3.12	„Verbesserung der energiebezogenen Leistung“ im Vergleich zu „Effizienzverbesserung“	51
3.13	„Energieeffizienzinvestition“, „Energieeinsparinvestition“, „Klimaschutzinvestition“ – Abgrenzung der Termini und Beispiele	54
3.14	„Energieeinsparpotenzial“, „Energieeffizienzverbesserungspotenzial“, Potenzialarten – Begriffsabgrenzungen, artverwandte Begriffe und Beispiele.....	59
4	Etablierte Investitionsrechnungsverfahren mit Beispielen aus dem Energiebereich	65
4.1	Unterscheidung zwischen statischen und dynamischen Berechnungsansätzen	65
4.2	Ermittlung des Endwertes eines Investitionsvorhabens	67
4.2.1	Verfahren zur Ermittlung des Endwertes	67
4.2.2	Endwertermittlung bei unterschiedlichen Fallkonstellationen	69
4.2.2.1	Fall 1: Zahlungen nur in einer Periode, Aufzinsung zu periodenindividuellen Kalkulationszinsen	69
4.2.2.2	Fall 2: Zahlungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten, Aufzinsung zu periodenindividuellen Kalkulationszinsen.....	69
4.2.2.3	Fall 3: Zahlungen nur in einer Periode, konstanter Zins.....	70
4.2.2.4	Fall 4: Zahlungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten, konstanter Zins	71
4.2.2.5	Fall 5: Endwert bei regelmäßigen, gleichbleibenden Zahlungen und konstantem Kalkulationszinsfuß.....	71
4.2.2.6	Vereinfachung der Endwertgleichung für nachschüssige Rentenmodelle	73
4.2.2.7	Vereinfachung der Endwertgleichung für vorschüssige Rentenmodelle.....	74
4.2.2.8	Übersicht der Endwertberechnungsverfahren und Herleitung eines allgemein anwendbaren Endwertberechnungstableaus	75
4.3	Ermittlung des Kapitalwertes eines Investitionsvorhabens – Grundlagen	77
4.3.1	Verfahren zur Ermittlung des Kapitalwertes	77
4.3.2	Kapitalwertermittlung bei unterschiedlichen Fallkonstellationen	80
4.3.2.1	Fall 1 – Zahlungen nur in einer Periode, Aufzinsung zu periodenindividuellen Kalkulationszinsen	80
4.3.2.2	Fall 2 – Zahlungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten, Aufzinsung zu periodenindividuellen Kalkulationszinsen.....	81
4.3.2.3	Fall 3 – Zahlungen nur in einer Periode, konstanter Zins	82
4.3.2.4	Fall 4 – Zahlungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten, konstanter Zins (Standardfall)	83
4.3.2.5	Fall 5 – Kapitalwert bei regelmäßigen, gleichbleibenden Zahlungen und konstantem Kalkulationszinsfuß.....	83
4.3.2.6	Sonderfall 1 – Kapitalwertermittlung bei konstant wiederkehrenden nachschüssigen Zahlungen im Falle unbegrenzter Periodenzahl	85
4.3.2.7	Sonderfall 2 – Kapitalwertermittlung bei konstant wiederkehrenden vorschüssigen Zahlungen im Falle unbegrenzter Periodenzahl.....	86
4.3.2.8	Übersicht der Kapitalwertberechnungsverfahren und Herleitung eines allgemein anwendbaren Kapitalwertberechnungstableaus	87
4.3.2.9	Integration des Kapitalwertes in ein universell einsetzbares Investitionsrechnungstableau.....	88

4.3.3	Der Kapitalwert eines Investitionsprojektes im Betrieb als Beitrag zur Steigerung des Unternehmenswertes	90
4.4	Ermittlung der dynamischen Amortisationszeit eines Investitionsvorhabens	92
4.4.1	Interpretation der Amortisationszeit	93
4.4.2	Integration der Amortisationszeit in ein universell einsetzbares Investitionsrechnungstableau	94
4.5	Ermittlung des Internen Zinsfußes eines Investitionsvorhabens	95
4.5.1	Kalkulation des Internen Zinsfußes	95
4.5.2	Integration des Internen Zinsfußes in ein universell einsetzbares Investitionsrechnungstableau	97
4.6	Ermittlung von Annuitäten eines Investitionsvorhabens	97
4.6.1	Kalkulation einer Annuität	98
4.6.2	Integration der Annuitätenberechnung in ein universell einsetzbares Investitionsrechnungstableau	99
5	Unzulänglichkeiten und Stärken einzelner Investitionsrechnungsverfahren	100
5.1	Methodologische Unzulänglichkeiten des Internen Zinsfußes	100
5.1.1	Geringe Aussagekraft des Internen Zinsfußes	100
5.1.2	Nichterfüllung der sogenannten Wiederanlageprämisse	101
5.1.3	Mehrere Interne Zinsfüße möglich	102
5.1.4	Kein Vorteil durch Wegfall der Festlegung eines Kalkulationszinssatzes	103
5.2	Methodologische Unzulänglichkeiten der Amortisationszeit	104
5.2.1	Geringe Aussagekraft der Amortisationszeit	104
5.2.2	Irrelevanz von Zahlungsströmen nach Erreichen des Amortisationszeitpunktes	104
5.2.3	Festlegung eines Sollwertes für Amortisationszeiten sehr problematisch	106
5.3	Stärke der Kapitalwertmethode: Herausstellung des Wirkungsumfanges einer Investition	107
5.4	Geringe Relevanz des Endwertes und der Annuitäten bei Energieeffizienz- und Klimaschutzmaßnahmen	110
5.4.1	Endwert als Indikator zur Beurteilung einer energie- oder klimaschutzorientierten Investition	110
5.4.2	Annuität als Indikator zur Beurteilung einer energie- oder klimaschutzorientierten Investition	110
5.5	Empfehlungen für die Praxis: Anwendung der Kapitalwertmethode	111
6	Aufbau eines Kalkulationsmodells für energieorientierte Kapitalwertberechnungen	112
6.1	Ermittlung relevanter Zahlungsströme für ein mögliches Investitionsvorhaben	112
6.1.1	Typische Auszahlungen bei energieorientierten Investitionen, ihre Merkmale und Schwierigkeiten ihrer Erfassung	115
6.1.1.1	Einmalige Auszahlungen zu Beginn eines Investitionsprojektes	116
6.1.1.2	Bestimmung einer fiktiven Investitionsausgabe für eine Energieeffizienzmaßnahme ohne Investitionsauszahlung	116
6.1.1.3	Einmalige Auszahlungen zum Ende eines Investitionsprojektes	118
6.1.1.4	Fortlaufende Auszahlungen bei energieorientierten Investitionen	118
6.1.2	Typische Rückflüsse bei energieorientierten Investitionen, ihre Merkmale und Schwierigkeiten ihrer Erfassung	119
6.1.2.1	Zahlungswirksame Erträge	119
6.1.2.2	Zahlungswirksame Einsparungen	119
6.1.2.3	Berücksichtigung fiktiver Rückflüsse für eingesparte interne CO ₂ -Verrechnungskosten	122

6.1.2.4	Umgang mit Fällen, bei denen sich der Nutzen und damit der Rückfluss eines Investitionsvorhabens nicht monetarisieren lässt	124
6.1.2.4.1	Kapitalwertberechnung ohne Berücksichtigung von Rückflüssen	124
6.1.2.4.2	Bestimmung des Kapitalwertes eines Investitionsvorhabens mit fiktivem Rückfluss	125
6.1.2.5	Notwendigkeit einer Normalisierung von Rückflüssen bei energieorientierten Investitionen	127
6.2	Bestimmung der Parameterwerte, Zuordnung der Zahlungsströme zu Perioden und Besonderheiten bei Energieeffizienz- und Klimaschutzinvestitionen.....	129
6.2.1	Bestimmung der Wirkungskdauer.....	129
6.2.1.1	Bestimmung der Wirkungskdauer für unternehmenszweckorientierte Kapitalwertkalkulationen.....	130
6.2.1.2	Wirkungskdauer von Investitionsvorhaben bei gesetzlich vorgeschriebenen Kapitalwertkalkulationen	132
6.2.2	Zuordnung der Ein- und Auszahlungen zu Kalkulationsperioden	135
6.2.2.1	Nachschüssige Orientierung der Ein- und Auszahlungen	135
6.2.2.2	Vorschüssige Orientierung der Ein- und Auszahlungen.....	136
6.2.2.3	Mid-Year-Orientierung der Ein- und Auszahlungen	136
6.2.3	Bestimmung des Kalkulationszinses	138
6.2.3.1	Bestimmung des Kalkulationszinses bei reiner Eigenkapitalfinanzierung ohne Berücksichtigung von Steuern und Risiken	138
6.2.3.2	Anforderungen an beste Alternativinvestition bei eigenkapitalfinanzierten Vorhaben und Auswahl derselben.....	143
6.2.3.3	Bestimmung des Kalkulationszinses bei reiner Fremdkapitalfinanzierung ohne Berücksichtigung von Steuern	144
6.2.3.4	Irrelevanz der Zahlungsströme der Kreditbedienung für den Kapitalwert bei reiner Fremdkapitalfinanzierung.....	146
6.2.3.5	Bestimmung des Kalkulationszinses bei Mischfinanzierung	147
6.2.3.5.1	Diskontierung bei Mischfinanzierung auf der Grundlage des <i>Weighted Average Cost of Capital</i> vor Ertragssteuern	147
6.2.3.5.2	Separate Diskontierung bei Mischfinanzierung vor Ertragssteuern.....	150
6.2.3.5.3	Unterschiede der beiden Kalkulationsvorgehensweisen bei Mischfinanzierung und Empfehlungen.....	151
6.2.4	Einfluss der Ertragsbesteuerung auf die Vorteilhaftigkeit von Investitionen	155
6.2.4.1	Bestimmung des Kalkulationszinses bei reiner Eigenkapitalfinanzierung mit Berücksichtigung von Steuern	155
6.2.4.2	Bestimmung des Kalkulationszinses bei reiner Fremdkapitalfinanzierung mit Berücksichtigung von Steuern	157
6.2.4.3	Diskontierung bei Mischfinanzierung auf der Grundlage des <i>Weighted Average Cost of Capital</i> (WACC) nach Ertragssteuern	159
6.2.4.4	Separate Diskontierung bei Mischfinanzierung nach Ertragssteuern	159
6.2.4.5	Steuerparadoxon	160
6.2.5	Relevanz der Geldentwertung und Bestimmung von Preisänderungsraten	161
6.2.5.1	Relevanz der Preissteigerung bei der Kapitalwertberechnung.....	161
6.2.5.2	Berücksichtigung und Abschätzung von Preisänderungsraten	164
6.2.5.3	Die Bedeutung von Energiepreissteigerungen für Investitionen.....	168
6.3	Eindeutige Abgrenzung von Zahlungen.....	172
6.4	Bedeutung der Investitionsentscheidungsart für Kapitalwertberechnungen.....	173
6.5	Solitäre und vergleichende Kapitalwertberechnungen.....	174
6.6	Entscheidungsbedingte Zahlungsströme.....	179

6.7	Umgang mit unterschiedlichen Zahlungshöhen und Projektlaufzeiten beim Vergleich mehrerer Investitionsalternativen	182
6.8	Herausforderungen beim Aufbau eines Berechnungsmodells	184
6.9	Berücksichtigung von Risiken bei Kapitalwertberechnungen	187
6.9.1	Sensitivität des Kapitalwertes auf Änderungen der Einstellparameterwerte	187
6.9.2	Berücksichtigung von Investitionsrisiken bei der Kapitalwertberechnung	189
6.9.2.1	Begriffliche Abgrenzung „Investitionsrisiko“	190
6.9.2.2	Typische Risiken bei energiebezogenen Investitionen	191
6.9.2.3	Berücksichtigung von Investitionsrisiken durch Adjustierung des Kalkulationszinsatzes	192
6.9.2.4	Berücksichtigung von Investitionsrisiken durch Risikoabschläge	195
6.9.2.5	Festlegung eines Kalkulationszinssatzes unter Berücksichtigung von Investitionsrisiken	196
6.9.2.6	Relevanz des Verschuldungsgrades bei der Festlegung des Kalkulationszinsses	199
6.9.2.7	Planung und Durchführung von Szenario- und Sensitivitäts-Analysen	201
6.10	Ermittlung optimaler Nutzungsdauern und optimaler Ersatzzeitpunkte	206
6.10.1	Einmalinvestition ohne Nachfolgeprojekt	206
6.10.2	Optimaler Ersatzzeitpunkt bei unendlicher Kette	208
6.10.3	Optimaler Ersatzzeitpunkt einer existierenden Produktionsanlage	210
6.11	Entscheidungen über Investitionsprogramme	212
6.12	Qualitätsprüfung der Kapitalwertberechnungsergebnisse	213
7	Aufbau und Ablauf von Kapitalwertberechnungen für Effizienz- und Klimaschutzinvestitionen nach DIN EN 17463	217
7.1	Energieflussdiagramme als Hilfe zur Bestimmung von Rückflüssen	219
7.2	Aufbau von Berechnungsmodellen	220
7.3	Praxisbeispiel für die Erarbeitung eines Berechnungsmodells	222
7.4	Gestaltung von Kapitalwertberechnungstableaus und Durchführung der Kapitalwertberechnung	226
7.5	Interpretation und Dokumentation von Berechnungsergebnissen	229
8	Die Norm DIN EN 17463 (VALERI)	231
8.1	Hintergründe von DIN EN 17463	231
8.2	Ziele von DIN EN 17463	231
8.3	Verfahren zur Bewertung einer energieorientierten Investition nach DIN EN 17463	231
9	Die Norm DIN EN 17463 in deutschen Rechtsakten	237
9.1	Regelungszweck und Ziele der Einbindung von DIN EN 17463 in deutsche Energiegesetze	237
9.1.1	Beispiel für eine Regelung über die Anwendung von DIN EN 17463 als Gegenleistung für Privilegien (BECV)	238
9.1.2	Übersicht der relevanten Unterschiede bei der Einbeziehung von DIN EN 17463 im deutschen Energierecht	238
9.2	Auslegung gesetzlicher Regelungen, die einen Bezug zur DIN EN 17463 aufweisen	239
9.3	Die Begriffe „wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit“, „Wirtschaftlichkeit“, „wirtschaftliche Durchführbarkeit“ in der Gesetzgebung und Kapitalwertberechnung mit verkürzter Nutzungsdauer	240
9.4	Kontrolle über die normkonforme Anwendung von DIN EN 17463	243
9.4.1	Umfang an Maßnahmen, die im Rahmen von Energieaudits nach DIN EN 16247-1 erarbeitet wurden	247

9.4.2	Umfang an Maßnahmen, die im Rahmen einer Systemteilnahme an DIN EN ISO 50001 oder EMAS erarbeitet wurden	248
9.4.2.1	Abschätzung der Cashflows	250
9.4.2.2	Preisänderungsraten	250
9.4.2.3	Festlegung der Nutzungsdauer bzw. Laufzeit	251
9.4.2.4	Kalkulationszins	252
9.4.2.5	Prüfung der Normkonformität	253
10	Relevanz einer standardisierten Investitionsrechnung im Energiebereich	258
10.1	Zusammenhang zwischen ISO, CEN und DIN	258
10.2	Anerkennung von internationalen Normen als nationale	259
10.3	Die Norm DIN EN 17463 VALERI als eine partielle Managementsystemnorm	259
10.3.1	Negative Wirkungen einer Standardisierung von Abläufen	260
10.3.2	Positive Wirkungen einer Standardisierung von Abläufen	260
11	Praxisbeispiele der Berechnung von energiebezogenen Investitions- vorhaben unter Berücksichtigung von DIN EN 17463	263
11.1	Investitionsrechnung für Maßnahmen zur Verbesserung der Endenergie- effizienz	264
11.1.1	Investitionsrechnung für energetische Gebäudesanierungen	264
11.1.1.1	Charakteristika und ökonomischer Zweck von energetischen Gebäude- sanierungen	264
11.1.1.2	Relevante technische Grundlagen der energetischen Gebäudesanierung	265
11.1.1.2.1	Die Thermodynamik des Wärmedämmens	266
11.1.1.2.2	Wärmedämmung von Gebäudewänden	267
11.1.1.2.3	Wärmedämmung von Rohrleitungen	280
11.1.1.3	Beispielhafte Investitionsrechnungen für energetische Gebäudesanierungen	284
11.1.1.3.1	Differenzierung zwischen Investor und Nutznießer einer energetischen Sanierung	284
11.1.1.3.2	Energetische Sanierung von Gebäuden mit Eigennutzung	285
11.1.1.3.3	Energetische Sanierung von Gebäuden mit Fremdnutzung	287
11.1.1.4	Vorgehensweise zur Schnellanalyse der wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit einer energetischen Gebäudesanierung	297
11.1.2	Investitionsrechnung für Effizienzmaßnahmen in der industriellen Produktion	302
11.1.2.1	Relevante technische Grundlagen von Effizienzmaßnahmen bei Produktions- prozessen	302
11.1.2.1.1	Gliederung der industriellen Produktionsverfahren	302
11.1.2.1.2	Ansatzpunkte zur Erarbeitung von Maßnahmen durch energieorientierte Wertanalyse	304
11.1.2.1.3	Energieeinsatz in Prozessen der Fertigungs- und Verfahrenstechnik	311
11.1.2.1.4	Energetische Betrachtungen von wärmebedingten Prozessen	318
11.1.2.1.5	Energetische Betrachtungen von nicht-wärmebedingten Prozessen	324
11.1.2.1.6	Generelle Maßnahmen zur Reduzierung des Endenergieeinsatzes bei Fabrikgebäuden und Produktionsprozessen	324
11.1.2.2	Investitionsrechnung für Beispiel 1: Neugestaltung des Mahlvorganges in einer Getreidemühle	325
11.1.2.2.1	Vorgehensweise zur Ermittlung des Kapitalwertes der beispielhaften Effizienzmaßnahme	326
11.1.2.2.2	Berechnung des Kapitalwertes der beispielhaften Effizienzmaßnahme	327
11.1.2.2.3	Einflussfaktoren der wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit der beispielhaften Effizienzmaßnahme	329

11.1.2.3	Investitionsrechnung für Beispiel 2: Wärmedämmung für Armaturen und Rohrleitungen in einem Chemiewerk.....	329
11.1.2.3.1	Vorgehensweise zur Ermittlung des Kapitalwertes bei Effizienzmaßnahmen von Produktionsverfahren.....	330
11.1.2.3.2	Berechnung des Kapitalwertes der beispielhaften Effizienzmaßnahme	331
11.1.2.3.3	Einflussfaktoren der wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit der beispielhaften Effizienzmaßnahme.....	332
11.1.2.4	Investitionsrechnung für Beispiel 3: Abwärmenutzung aus dem Abgas eines Glühofens beim Blankglühen von kaltgewalztem Edelstahlband	333
11.1.2.4.1	Vorgehensweise zur Ermittlung des Kapitalwertes der beispielhaften Effizienzmaßnahme.....	333
11.1.2.4.2	Berechnung des Kapitalwertes der beispielhaften Effizienzmaßnahme	335
11.1.2.4.3	Einflussfaktoren der wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit der beispielhaften Effizienzmaßnahme.....	336
11.2	Investitionsrechnung für die Auswahl von Energiebereitstellungsanlagen	337
11.2.1	Investitionsrechnung für Wärmepumpen.....	337
11.2.1.1	Charakteristika und ökonomischer Zweck von Wärmepumpen	337
11.2.1.2	Für Investitionsrechnungen relevante technische Grundlagen von Wärmepumpen.....	339
11.2.1.2.1	Wärmepumpenarten.....	339
11.2.1.2.2	Wirkungsweise von idealisierten und realen Wärmepumpen, abgeleitet aus thermodynamischen Kreisprozessen	340
11.2.1.2.2.1	Wirkungsweise des Carnot-Wärmepumpen-Kreisprozesses	340
11.2.1.2.2.2	Wirkungsgrad, Leistungszahl, Coefficient of Performance des Carnot-Wärmepumpen-Kreisprozesses	342
11.2.1.2.2.3	Wirkungsweise und COP realer Wärmepumpen.....	344
11.2.1.2.2.4	Beispiele von realen Wärmepumpenkreisläufen	350
11.2.1.2.2.5	Weiterentwicklung der Leistungszahl COP zur Jahresarbeitszahl JAZ.....	352
11.2.1.2.2.6	Nachrüsten von Wärmepumpen in Bestandsgebäuden im Zuge energetischer Sanierungen	353
11.2.1.3	Kapitalwertberechnung von Wärmepumpen gemäß DIN EN 17463.....	357
11.2.1.3.1	Vorgehensweise zur Ermittlung der Rückflüsse bei Wärmepumpen	357
11.2.1.3.2	Berechnung des Kapitalwertes von beispielhaften Wärmepumpen-Anlagen.....	360
11.2.1.3.3	Einflussfaktoren auf Rückfluss und Kapitalwert von Wärmepumpen	369
11.2.2	Besonderheiten bei der Ermittlung des Kapitalwertes einer Energiebereitstellungsanlage.....	369
11.2.3	Investitionsrechnung für traditionelle Heizsysteme von Gebäuden	375
11.2.3.1	Charakteristika und ökonomischer Zweck von Thermen.....	375
11.2.3.2	Für Investitionsrechnungen relevante technische Grundlagen von Heizkesseln.....	376
11.2.3.3	Kapitalwertberechnung von traditionellen Heizsystemen gemäß DIN EN 17463.....	379
11.2.3.3.1	Vorgehensweise zur Ermittlung der Rückflüsse.....	379
11.2.3.3.2	Berechnung des Kapitalwertes einer beispielhaften Brennwerttherme als Alternative zu einem veralteten Gaskessel.....	380
11.2.3.3.3	Einflussfaktoren der wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit beim Thermentausch ...	384
11.2.4	Investitionsrechnung für Infrarotheizungen als Alternative zu anderen Systemen.....	384
11.2.4.1	Charakteristika und ökonomischer Zweck von Infrarotheizungen	384
11.2.4.2	Für Investitionsrechnungen relevante technische Grundlagen von Infrarotheizungen.....	386

11.2.4.3	Kapitalwertberechnung von Infrarotheizungen gemäß DIN EN 17463	391
11.2.4.3.1	Vorgehensweise zur Ermittlung des Kapitalwertes von Infrarotheizungen	391
11.2.4.3.2	Berechnung des Kapitalwertes einer beispielhaften Infrarotheizungsanlage als Alternative zu einer Wärmepumpe.....	392
11.2.4.3.3	Einflussfaktoren der wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit bei Infrarot- heizungen.....	395
11.2.5	Investitionsrechnung für Blockheizkraftwerke	395
11.2.5.1	Charakteristika und ökonomischer Zweck von Blockheizkraftwerken.....	395
11.2.5.2	Für Investitionsrechnungen relevante technische Grundlagen von Block- heizkraftwerken.....	396
11.2.5.3	Kapitalwertberechnung von Blockheizkraftwerken gemäß DIN EN 17463.....	398
11.2.5.3.1	Vorgehensweise zur Ermittlung der Rückflüsse bei Blockheizkraftwerken.....	398
11.2.5.3.2	Berechnung des Kapitalwertes eines beispielhaften Blockheizkraftwerkes.....	399
11.2.5.3.3	Einflussfaktoren der wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit bei Blockheiz- kraftwerken.....	404
11.2.6	Investitionsrechnung für Solarkollektoranlagen.....	404
11.2.6.1	Charakteristika und ökonomischer Zweck von Solarkollektoranlagen	404
11.2.6.2	Für Investitionsrechnungen relevante technische Grundlagen von Solarkollektoren	406
11.2.6.2.1	Umwandlung von Solarstrahlung in Wärme.....	406
11.2.6.2.2	Leistung und Wirkungsgrad eines Solarkollektors	409
11.2.6.2.3	Kollektorbauarten und ihre Wirkungsgradkennlinien.....	411
11.2.6.2.4	Aufbau und Funktionsweise von nicht-strahlungskonzentrierenden Kollektoren.....	413
11.2.6.2.4.1	Aufbau und Funktionsweise von Schwimmbadabsorbern.....	413
11.2.6.2.4.2	Aufbau und Funktionsweise von Flachkollektoren	413
11.2.6.2.4.3	Aufbau und Funktionsweise von Vakuumröhrenkollektoren	414
11.2.6.2.5	Kennlinien von Kollektoren	415
11.2.6.3	Kapitalwertberechnung von Solarkollektoranlagen gemäß DIN EN 17463	420
11.2.6.3.1	Vorgehensweise zur Ermittlung der Rückflüsse bei Solarkollektoranlagen	420
11.2.6.3.2	Beispiel für die Ermittlung des Kapitalwertes einer Solarkollektoranlage	421
11.2.6.3.2.1	Parameter der Rückflüsse einer Solarkollektoranlage.....	422
11.2.6.3.2.2	Berechnung des Kapitalwertes einer beispielhaften Solarkollektoranlage	436
11.2.6.3.3	Einflussfaktoren auf den Rückfluss und damit auch auf den Kapitalwert von Solarkollektoren	442
11.2.7	Investitionsrechnung für Photovoltaiksysteme.....	443
11.2.7.1	Charakteristika und ökonomischer Zweck einer Photovoltaikanlage	443
11.2.7.2	Für Investitionsrechnungen relevante technische Grundlagen der Photo- voltaik.....	444
11.2.7.3	Kapitalwertberechnung von Photovoltaikanlagen gemäß DIN EN 17463	450
11.2.7.3.1	Vorgehensweise zur Ermittlung der Rückflüsse bei Photovoltaikanlagen	450
11.2.7.3.2	Berechnung des Kapitalwertes einer beispielhaften Photovoltaikanlage.....	456
11.2.7.3.3	Einflussfaktoren der wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit bei Photovoltaik- anlagen.....	464
11.2.7.4	Kapitalwertorientierter Vergleich von Solarkollektoren und PV-Anlagen zur Erzeugung von Wärme für Nutzwasser	465
11.2.8	Investitionsrechnung für Windenergieanlagen	467
11.2.8.1	Charakteristika und ökonomischer Zweck einer Windenergieanlage	467
11.2.8.2	Für Investitionsrechnungen relevante technische Grundlagen von Wind- energieanlagen.....	468

11.2.8.3	Kapitalwertberechnung von Windenergieanlagen gemäß DIN EN 17463.....	481
11.2.8.3.1	Vorgehensweise zur Ermittlung der Rückflüsse bei Windenergieanlagen	481
11.2.8.3.2	Berechnung des Kapitalwertes einer beispielhaften Windenergieanlage	484
11.2.8.3.3	Einflussfaktoren der wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit bei Windenergie- anlagen	489
12	Spezielle Investitionsrechnungen.....	490
12.1	Reduzierung der Wirkung von Energieeffizienzmaßnahmen durch Rebound- effekte	490
12.2	Ermittlung von Energie- und Einspargestehungskosten, von Grenzvermeidungskosten sowie von Einspeisevergütungen	497
12.2.1	Klassische Ermittlung der CCE und LCOE	501
12.2.2	Ermittlung von Einspeisevergütungssätzen auf der Grundlage des LCOE	506
12.2.3	Beseitigung von Ungenauigkeiten bei der Bestimmung des LCOE _{klassisch} und Weiterentwicklung zu einem LCOE _{korrr}	510
12.2.4	Besonderheiten der Ermittlung der LCOE bei Maßnahmen, die relevante Energiekosten verursachen	515
12.2.5	Einschränkung der Aussagekraft von LCOE und CCE für politische Regelungs- vorhaben aufgrund systemimmanenter Probleme bei der Verallgemeinerung von Parameterwerten.....	519
12.2.6	Nutzung des LCOE/CCE-Ansatzes für die Erarbeitung von Einspargestehungs- kostenkurven zur Festlegung von Prioritäten von Energieeffizienz- maßnahmen.....	520
12.2.7	Nutzung der auf der Kapitalwertberechnung basierenden Ermittlung von CCE zur Ableitung von staatlichen Energiesteuern und CO ₂ -Abgaben	523
12.2.7.1	Nutzung von Einspargestehungskostenkurven zur Beschreibung der Lenkungsmechanismen von Energiesteuern und CO ₂ -Abgaben	523
12.2.7.2	Besonderheiten bei der LCOE-Ermittlung von PV- und Windenergieanlagen	529
12.2.7.3	Ermittlung von THG-Grenzvermeidungskosten	534
12.3	Investitionsrechnung für die Bestimmung von Contracting-Gebühren	541
12.3.1	Energieliefer-Contracting	542
12.3.2	Energieeinspar-Contracting gemäß DIN EN 17669 „Energieeinspar- Contracting – Mindestanforderungen“	547
12.4	Investitionsrechnung für die Ermittlung der wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit eines Energiemanagementsystems nach DIN EN ISO 50001	555
12.5	Investitionsrechnung bei der Bestimmung eines Zero-Carbon-Pfades	558
13	Überwindung der Hindernisse beim Ausschöpfen von Energieeffizienz- potenzialen.....	562
14	Zusammenfassung und Fazit	565
	Literatur- und Quellenverzeichnis.....	571

14 Zusammenfassung und Fazit

Um nationale und internationale Klimaschutzziele zu erreichen und die Erdatmosphäre in einem lebensfreundlichen Zustand zu halten, wird es weltweit erforderlich sein, die vorhandenen Potenziale zur Verbesserung der energiebezogenen Leistung in allen relevanten Bereichen (Unternehmen, Haushalte, Verkehr etc.) auszuloten und auszuschöpfen sowie die verbleibenden Energiebedarfe durch erneuerbare Energieversorgung zu decken. Hierzu sind Investitionen erforderlich.

In freien, marktwirtschaftlich organisierten Gesellschaften kann man derartige Investitionen in aller Regel staatlicherseits nicht verordnen. Die Energieverbraucher müssen vielmehr motiviert werden, einerseits ihr Verbrauchsverhalten anzupassen und andererseits, entsprechende Effizienz- und schließlich auch Erneuerbare-Energie-Investitionen zu tätigen. Voraussetzung für eine solche Investitionsmotivation ist, dass der sich ergebende Rückfluss – über die Projektlaufzeit unter Berücksichtigung von Zins und Zinseszins – die Anfangsauszahlung sowie eventuelle weitere Betriebskosten eines betrachteten Investitionsprojektes kompensiert, sodass sich ein positiver Kapitalwert ergibt.

Solche Berechnungen des Kapitalwertes erscheinen auf den ersten Blick einfach, weil die Methoden nicht kompliziert und daher leicht zu verstehen sind. Schwierigkeiten ergeben sich jedoch im Detail, etwa wenn ein Berechnungsmodell aufgebaut und die Einstellparameterwerte bestimmt werden sollen. Dies setzt Detailkenntnisse und insbesondere Erfahrung bei der Methodenanwendung voraus. Hierzu trägt das vorliegende Werk bei.

Wichtige Erkenntnisse und Hauptaussagen des Werkes werden im Folgenden zusammenfassend wiedergegeben:

- **Der Begriff „Investition“ ist nicht eindeutig definiert.**

Für dieses Werk gilt, dass eine Investition erst dann vorliegt, wenn Ausgaben über 10 000 Euro eingeplant sind und eine klare Vorstellung über regelmäßige Rückflüsse vorliegt, sodass ein Kapitalwerttableau mit Zahlungsströmen aufgestellt werden kann. Details werden behandelt in Kapitel 3.3.

- **Die Begriffe „wirtschaftlich“ und „Wirtschaftlichkeit“ haben keine Aussagekraft.**

Der Begriff „wirtschaftlich“ ist ein neutraler Begriff und dient nicht dazu, eine Investition zu beurteilen. Die Aussage „Das Investitionsprojekt XY ist wirtschaftlich“ enthält keine Wertung, die für eine Entscheidungsfindung brauchbar ist. Stattdessen sollte – etwa durch Kapitalwertberechnung – ermittelt werden, ob eine Investitionsidee „wirtschaftlich vorteilhaft“ ist. Details werden behandelt in Kapitel 3.4.

- **Es erscheint zweckmäßig, Endenergie und auch Nutzenergie in jeweils Energien erster und zweiter Ordnung zu untergliedern (EE_1 und EE_2 sowie NE_1 und NE_2).**

Endenergie erster Ordnung (EE_1) ist Energie, die an der Systemgrenze zugeführt, nicht selbst erzeugt und i. d. R. abgerechnet sowie bezahlt wird. Endenergie zweiter Ordnung (EE_2) ist dagegen Energie, die aus Primär- oder Endenergie erster Ordnung (PE bzw. EE_1) gewandelt und Prozessen zugeführt wird. Sie muss separat – eben als EE_2 – betrachtet werden, um eine Doppelverrechnung bei der Bilanzierung des Gesamtenergieeinsatzes zu vermeiden. Nutzenergie erster Ordnung (NE_1) ist die Energiemenge, die in gewünschter Form zur Verfügung gestellt wird, z. B. Wärme für ein Gebäude. NE_2 beschreibt demgegenüber Nutzenergie, die tatsächlich für den eigentlichen Zweck – nämlich das Hervorbringen der EDL (z. B. Wohlfühl-atmosphäre oder Trinkbecher aus Spritzgussmaschine) – verwandt wird. NE_2 ist immer kleiner als oder gleich NE_1 . Wenn NE_2 unterschritten wird, käme die EDL nicht zustande. NE_2 ist insofern das „physikalische Minimum“. Details werden behandelt in Kapitel 3.7.

- **Energieintensitäten sind als Steuerungsgröße Effizienzangaben grundsätzlich vorzuziehen.**

Generell sind Effizienzangaben (abgesehen von Wirkungsgraden und Nutzungsgraden) als Grundlage der Energiesteuerung häufig unpraktisch. Geeigneter sind deren Kehrwerte, die Intensitäten. Details werden behandelt in Kapitel 3.9.

- **Primärenergieangaben – wie Primärenergieeffizienz – sollten durch Emissionsintensitäten ersetzt werden.**

Primärenergieverbräuche sind allenfalls ein grober Indikator für die Umweltbelastung, weil sie nicht die tatsächlichen THG-Belastungen widerspiegeln. So haben nach DIN V 18599, auf die das GEG referenziert, Heizöl, Erdgas, Flüssiggas und Steinkohle den gleichen Primärenergiefaktor, obwohl sich ihre Emissionsfaktoren massiv unterscheiden. Insofern ist nicht ganz nachzuvollziehen, wieso der GEG-Energieausweis die Darstellung des spezifischen Primärenergieverbrauchs fordert. Primärenergie hat insofern als Mess- oder Rechengröße, z. B. Primärenergieeffizienz, eine deutlich geringere Aussagekraft als Emissionsangaben, etwa Emissionsintensität, deren Ermittlung nicht schwieriger ist. Details werden behandelt in Kapitel 3.9.

- **Eine Verbesserung der Energieeffizienz führt nicht zwangsläufig zu einer Verbesserung der energiebezogenen Leistung.**

Investitionen in Energieeffizienz führen nicht zwangsläufig zu einer Verbesserung der energiebezogenen Leistung (im Sinne von DIN EN ISO 50001). Als Steuerungsgröße ist die „Verbesserung der energiebezogenen Leistung“ gegenüber der „Energieeffizienz“ vorzuziehen. Details werden behandelt in Kapitel 3.12.

- **Effizienzverbesserungsmaßnahmen können grundsätzlich nicht als Klimaschutzmaßnahmen angesehen werden.**

Effizienzverbesserungsmaßnahmen können grundsätzlich nicht als Klimaschutzmaßnahmen angesehen werden, weil durch sie nicht sichergestellt werden kann, dass der fossile Endenergieverbrauch und damit einhergehend die THG-Belastung reduziert wird. Details werden behandelt in Kapitel 3.13.

- **„Energieeinsparpotenziale“ und „THG-Vermeidungspotenziale“ sind unsinnige Begriffe.**

Sie sind unsinnig, weil sie in vielen Fällen nicht ermittelt werden können. Auch der Terminus „Energieeffizienzverbesserungspotenzial“ ist nicht ganz unproblematisch, da er nur einen Einflussfaktor des Energieverbrauchs berücksichtigt. Zur Bestimmung eines Potenzials als Planungsgröße und Orientierungspunkt eignet sich vornehmlich das „Potenzial zur Verbesserung der energiebezogenen Leistung“. Da letztgenannter Begriff unüblich ist, soll fortan „Energieeffizienzverbesserungspotenzial“ verwandt werden. Details werden behandelt in Kapitel 3.13.

- **Die meisten Potenzialbegriffe sind bei energieorientierten Investitionen entweder missverständlich oder tendenziell ungeeignet für Steuerungszwecke.**

Der einzige, der offenbar keine Schwächen aufweist, ist der Begriff „Potenzial zur Verbesserung der energiebezogenen Leistung“. Da dieser Begriff unüblich ist und daher Verständnisprobleme bereiten könnte, wird in diesem Werk stattdessen „Energieeffizienzverbesserungspotenzial“ benutzt. Details werden behandelt in Kapitel 3.13.

- **Als Steuerungskennzahlen in einem Klimaschutzmanagement werden sowohl EnPIs (*energy performance indicators*) zur Erfassung von Verbesserungen der energiebezogenen Leistungen als auch CEIs (*carbon emission indicators*) zur Ermittlung des THG-Emissionsumfangs benötigt.**

Eine Erweiterung der EnPIs zu einem CPI durch Beaufschlagung der EnPIs mit einem einschlägigen Emissionsfaktor ist nicht zielführend: Es reicht, den EnPI als Indikator für bewusst veranlasste Verbesserungen der energiebezogenen Leistungen (eBL) zu verwenden und als zweiten Indikator einen CEI, einen Indikator, der durch Vergleiche über die Verringerung der THG-Emission Auskunft gibt, einzuführen. Dieser zeigt die tatsächlichen Emissionsveränderungen je Betrachtungsobjekt in der Zeitspanne von einer Baseline-Periode zur einer Berichtsperiode auf. Beide Indikatoren zusammen – der EnPI und der CEI – erscheinen gemeinsam als geeignete Steuerungsgrößen für ein unternehmensbezogenes Klimaschutzmanagement. Als Anforderung (aus einem Gesetz oder einer normativ-ausgerichteten Norm) könnte für eine (Re-)Zertifizierung beispielsweise festgelegt werden, dass beide Indikatoren insgesamt, also

über alle SEUs hinweg, eine Verbesserung aufzuweisen haben. Details werden behandelt in Kapitel 3.13.

- **Die Installation und das Betreiben einer Erneuerbare-Energie-Anlage ist eine Klimaschutzmaßnahme, aber keine Effizienzverbesserungsmaßnahme.**

Erneuerbare-Energie-Anlagen – etwa Photovoltaikmodule – tragen im Gegensatz zu Energieeffizienzmaßnahmen grundsätzlich dazu bei, die THG-Belastung zu reduzieren. Sie werden aber – im Umkehrschluss – grundsätzlich nicht als Energieeffizienzverbesserungsmaßnahmen angesehen, da sie üblicherweise keine Änderung des Endenergieeinsatzes nach sich ziehen. Details werden behandelt in Kapitel 3.13.

- **Mit Blick auf das Aufdecken und Ausschöpfen von Energieeffizienzpotenzialen erscheint es zweckmäßig, wärmebedingte und nicht-wärmebedingte Industrieprozesse zu unterscheiden.**

Industrieprozesse lassen sich aus energetischer Sicht in

- a) wärmebedingte und
- b) nicht-wärmebedingte

unterscheiden. Bei wärmebedingten Prozessen sollte eine Wärmerückgewinnung – im Vergleich zu einer Wärmestromreduzierung (etwa durch Wärmedämmung) – nicht die erste Priorität einnehmen, weil sie regelmäßig eine vergleichsweise geringe Wirkung haben dürfte und auch nur sehr eingeschränkt möglich ist. Details werden behandelt in Kapitel 3.14.

- **Statische Investitionsrechnungsmethoden sind fehlerhaft und sollten unterbleiben.**

Im Gegensatz zu dynamischen Investitionsrechnungsmethoden vernachlässigen statische – z. B. die Berechnung der statischen Amortisationszeit – den Zeitwert des Geldes (Zins und Zinsseszins) und spiegeln daher die Realität nicht wider. Details werden behandelt in Kapitel 4.1.

- **Dynamische Amortisationszeitrechnungen sind insbesondere für energieorientierte Investitionen ungeeignet und sollten unterbleiben (statische sowieso).**

Amortisationszeitberechnungen stellen wegen ihrer geringen Aussagekraft im Hinblick auf den Umfang der Wirkung einer Investition, der Vernachlässigung sämtlicher Zahlungsströme jenseits des Amortisationszeitpunktes und der i. d. R. stattfindenden nicht rational nachvollziehbaren Prüfung, inwieweit ein zuvor festgelegter Amortisationszeitgrenzwert (häufig 3 Jahre) nicht überschritten ist, keine gute Entscheidungsbasis dar. Insbesondere bei Energieinvestitionen, die sehr häufig langfristorientiert sind, sollte die Anwendung der Amortisationszeitrechnung grundsätzlich unterbleiben. Details werden behandelt in Kapitel 5.2.

- **In diesem Werk wird die Empfehlung ausgesprochen, Ergebnisse der Kapitalwertmethode als Basis zur Entscheidungsfindung prioritär einzusetzen.**

Die Kapitalwertmethode weist im Vergleich zu den anderen Methoden keine gravierenden Schwachstellen auf. Die Interne-Zinsfuß-Methode mag flankierend unterstützen. Die Amortisationszeitmethode ist abzulehnen. Details werden behandelt in Kapitel 5.5.

- **Wenn bei Kapitalwertberechnungen die Rückflüsse nicht erfasst/monetarisiert werden können, ist es besser, mit fiktiven Rückflüssen zu kalkulieren als ohne.**

Sollte bei Kapitalwertberechnungen der Rückfluss (*Return*) nicht oder nur sehr schwierig zu bestimmen bzw. zu monetarisieren sein, dann ist es in jedem Fall besser, mit fiktiven Rückflüssen zu arbeiten, als sie wegzulassen, sodass negative Kapitalwerte grundsätzlich entstehen, weil es bei negativen Kapitalwerten in solchen Fällen zu Interpretationsschwierigkeiten kommen kann. Details werden behandelt in Kapitel 6.1.2.4.

- **Bei energieorientierten Investitionen sollten in Kapitalwerttableaus die Rückflüsse in normalisierter Form angegeben werden.**

Energiekosteneinsparungen als Rückflüsse in der Kapitalwertrechnung sollten in ihrer „normalisierten“ Form berücksichtigt werden, weil der oder die Verbrauchseinflussfaktor(en) vor und nach der Effizienzverbesserungsmaßnahme gleichgesetzt, eben „normalisiert“ werden, um das Ergebnis der Kalkulation nicht durch Veränderungen der Rahmengenheiten

(hier mögliche unterschiedliche Produktionsmengen) zu verfälschen. Daher ist es notwendig, grundsätzlich nur normalisierte Einsparungen und nicht erwartete tatsächliche in der Kapitalwertberechnung zu berücksichtigen, weil nur sie das deutlich machen, was eine Maßnahme bewirkt. Details werden behandelt in Kapitel 6.1.2.5.

– **Ein Mid-Year-Discounting ist bei energieorientierten Investitionen sinnvoll.**

Da bei energieorientierten Investitionen sowohl die meisten Auszahlungen als auch die meisten Rückflüsse über ein Jahr verteilt zustande kommen, bietet es sich an, weder vor- noch nachschlüssig zu diskontieren, sondern ein Mid-Year-Discounting vorzunehmen. Details werden behandelt in Kapitel 6.2.2.3.

– **Bei Mischfinanzierung sollte als Kalkulationszinssatz nicht der Weighted Average Cost of Capital (WACC) verwendet werden.**

Sofern (Energie-)Investitionen sowohl mit Eigen- als auch Fremdkapital finanziert werden, sollte von der Anwendung des WACC als Mischkalkulationszinssatz Abstand genommen und stattdessen eine separate Diskontierung von finanzierungsspezifischen Investitionsprojekten bevorzugt werden (separate Kalkulationstableaus einmal mit dem Fremdkapitalanteil und einmal mit dem Eigenkapitalanteil). Eine Kapitalwertberechnung auf der Grundlage des Mischfinanzierungskalkulationszinssatzes WACC führt immer zu Berechnungsergebnissen, die unterhalb des tatsächlichen Kapitalwertes liegen, sodass u. U. Fehlentscheidungen die Folge sind. Details werden behandelt in Kapitel 6.2.3.5.3.

– **Kapitalwertberechnungen sollten Ertragssteuern berücksichtigen.**

Da bei geschäftlich bedingten Investitionen in aller Regel Ertragssteuern zu zahlen sind und es möglich ist, dass die Berücksichtigung von derartigen Steuern eine Wirkung hinsichtlich der Beurteilung als „wirtschaftlich vorteilhaft“ haben kann, sollten bei Kapitalwertberechnungen für Unternehmen grundsätzlich Ertragssteuern berücksichtigt werden. Details werden behandelt in Kapitel 6.2.4.5.

– **Grundsätzlich ist es irrelevant für die Kapitalwertkalkulation, ob mit Preisveränderungen (etwa Jahresenergiepreissteigerungen) kalkuliert wird oder nicht.**

Die Berücksichtigung von Preisänderungen bzw. die Inflationsbereinigung – was das Gegenteil ist – als solche hat keinen Einfluss auf den Kapitalwert, sofern jeweils mit realen Zahlungsreihen und realen Kalkulationszinsen bzw. mit nominalen Zahlungsreihen und nominalen Kalkulationszinsen kalkuliert wird. Details werden behandelt in Kapitel 6.2.5.

– **Wenn im Berechnungsmodell mehr als eine Preisänderungsrate vorliegt, sollte mit nominellen Zahlungen – also nicht-inflationsbereinigt – kalkuliert werden.**

In den meisten Fällen der Berechnung von energieorientierten Investitionen liegen mehrere Preisänderungsraten vor. Hintergrund der Kernaussage ist, dass bei einer inflationsbereinigten Kalkulation der Kalkulationszinssatz angepasst werden muss, und dies ist bei mehr als einer Preisänderungsrate nicht möglich. Details werden behandelt in Kapitel 6.2.5.

– **Eine Unterscheidung zwischen originären und vergleichenden Kapitalwertberechnungen erscheint zweckmäßig.**

Neben (üblichen) originären Kapitalwertberechnungen, bei denen für jede Investitionsalternative jeweils ein Kapitalwerttableau anzulegen ist, gibt es unter bestimmten Voraussetzungen auch vergleichende Kapitalwertberechnungen, die den wirtschaftlichen Vorteil der einen Alternative gegenüber der anderen aufzeigen. Diese sind häufig einfacher zu erarbeiten und für den Betrachter einfacher zu verstehen, daher empfehlenswert. Details werden behandelt in Kapitel 6.5.

- **Eine Investition mit positivem Kapitalwert würde den Unternehmenswert steigern und sollte daher grundsätzlich umgesetzt und nicht aufgeschoben werden, auch wenn die Energiekosten perspektivisch steigen.**

Energiemaßnahmen sollten – sofern die Finanzierung es zulässt – grundsätzlich und unmittelbar umgesetzt werden, wenn die Investitionsberechnung positive Kapitalwerte hervorbringt. Ein Aufschieben von Maßnahmen in Zeiten steigender spezifischer Energiepreise mit dem Hintergedanken, partiell den jeweiligen Kapitalwert zu erhöhen, führt nicht zu entsprechend positiven Effekten und sollte daher unterbleiben. Details werden behandelt in Kapitel 6.2.5.3.

- **Kapitalwertkalkulationen mit unendlichen Ketten erfordern inflationsbereinigte Tableaus.**

Berechnungen über den optimalen Wiederbeschaffungszeitpunkt einer Anlage mithilfe sogenannter unendlicher Ketten sollten nur mit inflationsbereinigten Tableaus und Wertangaben durchgeführt werden. Details werden behandelt in Kapitel 6.10.

- **Ein großer Kapitalwert kommt immer nur bei großer Wirkung zustande.**

Wenn bei Investitionen ein relativ großer Kapitalwert vorliegt, dann ist immer auch von einer umfangreichen Wirkung (Energieeinsparung oder Energieerzeugung) auszugehen, denn mit kleinen Wirkungen kann sich kein großer Kapitalwert ergeben, auch wenn die Anfangsauszahlung sehr niedrig sein sollte. Aus kleinen Kapitalwerten kann man im Umkehrschluss allerdings nicht ableiten, dass nur eine kleine Wirkung zustande kommen wird. Details werden behandelt in Kapitel 5.3.

- **Durch Leasing finanzierte Energieeffizienz- bzw. Klimaschutzmaßnahmen lassen sich auch einer Kapitalwertkalkulation zuführen.**

Auch wenn Energieeffizienz- bzw. Klimaschutzmaßnahmen mit Leasing finanziert werden und insofern keine Anfangsinvestitionsausgabe zustande kommt, ist dennoch von einer Investition auszugehen, für die ein Kapitalwert ermittelt werden kann. Als fiktive Investitionsausgabe kann man dabei den Kapitalwert der Leasingraten zugrunde legen. Details werden behandelt in Kapitel 6.1.1.2.

- **Die Reduzierung der Energiebereitstellung ist der Verwendung von Überschusswärme grundsätzlich vorzuziehen.**

Bei wärmebedingten Produktionsverfahren deutet vieles darauf hin, dass erheblich höhere Einsparpotenziale durch Reduzierung der Energiebereitstellung vorliegen als durch die Verwendung von Überschusswärme. Es erscheint daher in vielen Fällen erheblich sinnvoller, durch Wärmedämmung den Endenergieverbrauch zu reduzieren anstatt – wie etwa das Energieeffizienzgesetz ausgerichtet zu sein scheint – die Wärmerückgewinnung zu priorisieren. Details werden behandelt in Kapitel 11.1.2.1.4.

- **Voraussichtlich werden Solarkollektoren durch PV-gestützte Warmwassererzeugungsanlagen abgelöst, weil Letztgenannte bereits jetzt wirtschaftlich vorteilhafter erscheinen.**

In Anbetracht der Tatsache, dass die Preise von PV-Modulen bereits auf niedrigem Niveau liegen und mit einer weiteren Preissenkung zu rechnen ist, die bei Solarkollektoranlagen nicht erwartet werden kann, lässt sich sagen, dass bereits jetzt und erst recht künftig in vielen Fällen PV-gestützte Warmwassererzeugung gegenüber Solarkollektoren wirtschaftlich vorteilhafter ist, sodass ein Ende der Solarkollektoren-Ära zeitnah erwartet werden kann. Details werden behandelt in Abschnitt 11.2.7.4.

- **Reboundeffekte erhöhen immer den Kapitalwert.**

Aus ökonomischer Sicht hat ein reboundbedingter zusätzlicher Energieverbrauch einen bewertbaren Nutzen, der über den Kosten des zusätzlichen Energieverbrauchs liegt. Wäre das nicht so, dann würde man den Rebound vermeiden (wollen). Rational betrachtet sind in Unternehmen und auch im privaten Bereich Rebounds sogar erwünscht, denn wenn der (bewertete) Nutzen des zusätzlichen Energieverbrauchs geringer wäre als die dadurch entstehenden Kosten, würde man Rebounds – im Einzelfall – nicht entstehen lassen.

Die Berücksichtigung von Rebounds erhöht immer den Kapitalwert, weil als Rückfluss immer auch ein – i. d. R. geschätzter – Nutzen als Zahlungsstrom zu berücksichtigen ist, dessen Wert höher angesetzt werden muss als die ebenfalls gesondert zu berücksichtigenden zusätzlichen Energiekosten. Details werden behandelt in Kapitel 12.1.

- **Energie- und Einspargestehungskosten (LCOE oder CCE) sollten nicht über Annuitäten ermittelt werden.**

Es empfiehlt sich, die Energie- bzw. die Einspargestehungskosten (LCOE oder CCE) nicht über Annuitäten zu ermitteln, weil dies die Freiheitsgrade der Kalkulation reduziert, da sich ändernde Energiemengen über die Zeit bei Annuitäten nicht berücksichtigt werden können. Details werden behandelt in Kapitel 12.1.

- **Die in vielen Studien verwandte klassische Formel zur Berechnung von Energiegestehungskosten (LCOE) ist ungeeignet, Netzparität aufzuzeigen.**

Leider wird die klassische Formel zur Berechnung von Energiegestehungskosten (LCOE) u. a. auch bei der politischen Entscheidungsfindung im Hinblick auf die (Weiter-)Förderung von erneuerbarer Energie eingesetzt. Ihre Anwendung zur Ableitung von derartigen Entscheidungen ist jedoch grundsätzlich fehlerbehaftet. In diesem Werk wird eine Modifikation der Formel aufgezeigt, mit der ein modifizierter LCOE ermittelt werden kann, der zur Prüfung von Netzparität geeignet ist. Details werden behandelt in Kapitel 12.2.3.

- **Eine Kapitalwertermittlung eines Energiemanagementsystems ist nicht möglich.**

Eine Vor- bzw. Plankalkulation des Kapitalwertes, wie es eigentlich üblich ist, kann bei Energiemanagementsystemen i. d. R. nicht durchgeführt werden. Details werden behandelt in Kapitel 12.4.

- **Die Forderung nach Einführung eines Energiemanagementsystems als Gegenleistung für Ermäßigungen bei der Strom-/Energiesteuer oder bei CO₂-Abgaben kann als kontraproduktiv betrachtet werden.**

Besser wäre es, anstelle eines Steuererlasses oder einer Steuerrückerstattung eine Investitionszulage anzubieten. Details werden behandelt in Kapitel 12.2.7.1.



Dieser Titel ist auch als E-Book verfügbar. Als Käufer der Print-Ausgabe sparen Sie 70 % – den E-Book-Code finden Sie im Buch auf der gelben Seite.



Zusatzmaterial zu diesem Titel erhalten Sie kostenlos unter www.dinmediathek.de – den Media-Code finden Sie im Buch auf der gelben Seite.

Prof. Dr. Ulrich Nissen ist Inhaber der Professur für Energiemanagement und Controlling an der Hochschule Niederrhein. Er führt regelmäßig Industrieprojekte durch, ist Mitarbeiter im DIN-Normenausschuss AA 9 „Energieeffizienz und Energiemanagement“ und arbeitet als Delegierter des deutschen Ausschusses auf europäischer (CEN) sowie auf internationaler Ebene (ISO) an Normungsvorhaben mit.

PRAXIS

Dieses Praxishandbuch ist eine zentrale Informationsquelle für die Vorbereitung fundierter Investitionsentscheidungen im Bereich Energieeffizienz und Klimaschutz. Im Mittelpunkt steht der systematische Aufbau eines Investitionsrechnungsmodells und die Durchführung von Kapitalwertberechnungen unter Berücksichtigung von DIN EN 17463 (VALERI).

Anschaulich wird erläutert, wie Investitionsszenarien entwickelt, relevante Zahlungsströme vollständig erfasst und Annahmen zu Laufzeiten, Zinssätzen und Preisentwicklungen konsistent abgeleitet werden. Außerdem wird erklärt, wie Berechnungsergebnisse transparent dargestellt, als belastbare Entscheidungsgrundlage aufbereitet und normkonform dokumentiert werden.

Zahlreiche Praxisbeispiele zeigen Schritt für Schritt die Anwendung auf typische energieorientierte Fragestellungen, unter anderem für

- Investitionen zur Verbesserung der Endenergieeffizienz, z. B. durch energetische Gebäudesanierungen oder die Verbesserung der energiebezogenen Leistung von Produktionsanlagen
- Investitionen für die Auswahl von Energiebereitstellungsmaßnahmen, darunter konventionelle Heizsysteme, Infrarotheizungen, Wärmepumpen, Blockheizkraftwerke, Photovoltaik-, Solarthermie- und Windenergieanlagen

Das Buch richtet sich an Energie- und Umweltmanager, Controller oder Berater, die Investitionsentscheidungen durch die systematische Berechnung und den Vergleich von Szenarien vorbereiten. Außerdem an Entscheidungsträger und Auditoren sowie an Studierende energienaher Fachrichtungen.

Ein flexibel auf verschiedene Szenarien anpassbares Investitionsrechnungstableau als Excel-Datei steht zum Download bereit und unterstützt die direkte Anwendung in der Praxis.

ISBN 978-3-410-31532-2



9 783410 315322

www.dinmedia.de