

TEXTE

179/2021

Abschlussbericht

Wirtschaftlichkeit neu denken

**Investitionsentscheidungen im Dienste des
Umweltschutzes**

von:

Dr. Sibylle Braungardt, Dr. Katja Schumacher, Franziska Wolff, Rasmus Prieß, Dr. Veit Bürger, Dr.
Dietlinde Quack
Öko-Institut e.V., Freiburg, Berlin, Darmstadt

Dr. Ali Aydemir, Lisa Neusel, Fabian Voswinkel
Fraunhofer ISI, Karlsruhe

Herausgeber:

Umweltbundesamt

TEXTE 179/2021

Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3718 14 101 0

FB000648

Abschlussbericht

Wirtschaftlichkeit neu denken

Investitionsentscheidungen im Dienste des
Umweltschutzes

von

Dr. Sibylle Braungardt, Dr. Katja Schumacher, Franziska
Wolff, Rasmus Prieß, Dr. Veit Bürger, Dr. Dietlinde Quack
Öko-Institut e.V., Freiburg, Berlin, Darmstadt

Dr. Ali Aydemir, Lisa Neusel, Fabian Voswinkel
Fraunhofer ISI, Karlsruhe

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

■/umweltbundesamt.de

■/umweltbundesamt

Durchführung der Studie:

Öko-Institut e. V.
Merzhauser Str. 173
79100 Freiburg

Abschlussdatum:

Mai 2021

Fachliche Begleitung:

Fachgebiet I 1.4 Wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Umweltfragen, nachhaltiger Konsum
Dr. Benjamin Lünenbürger

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Dezember 2021

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung: Wirtschaftlichkeit neu denken

Die derzeit vorherrschenden Konsum- und Produktionsweisen sind nicht nachhaltig. Sie sind geprägt von Investitions- und Kaufentscheidungen einzelner Personen und Unternehmen, deren Entscheidungskalküle sich in der Regel nicht an der gesellschaftlichen Wohlfahrt, sondern an einzelwirtschaftlichen Kriterien orientieren. Vor diesem Hintergrund setzt sich das Vorhaben zwei wesentliche Zielstellungen, um Wirtschaftlichkeit neu zu denken und in den Dienst des Umweltschutzes zu stellen. Zum einen sollen die Analysen helfen, das Verständnis für Entscheidungskalküle und -verhalten zu verbessern. Zum anderen soll auch der bestehende Ordnungsrahmen mit seinen expliziten oder impliziten Wirtschaftlichkeitsgrundsätzen und Wirtschaftlichkeitsgeboten auf den Prüfstand gestellt werden. Anhand einer Akteursbetrachtung und beispielhafter Analysen von Investitionsentscheidungen wird gezeigt, dass Investitionen im Sinne des Umweltschutzes von verschiedensten Hemmnissen geprägt sind und deshalb unterbleiben oder verschoben werden. Wesentliche Hemmnisse stehen im engen Bezug zu den Wirtschaftlichkeitskalkülen von Investor*innen und sie ergeben sich aus spezifischen Regelungen im Ordnungsrahmen. Um Wirtschaftlichkeit neu zu denken und in den Dienst des Umweltschutzes zu stellen, werden die Hemmnisse genauer beleuchtet und Lösungsvorschläge zur Reform des Ordnungsrahmens gegeben. Das Vorhaben untersucht Wirtschaftlichkeitskalküle bei Investitionsentscheidungen privater Haushalte und Unternehmen, Wirtschaftlichkeitsgebote im Kontext umweltrelevanter Mindeststandards sowie Wirtschaftlichkeitsgebote im Kontext staatlicher Ausgaben.

Abstract: Rethinking economic efficiency

The current modes of consumption and production are not sustainable. They are shaped by investment and purchasing decisions of individual economic actors, whose economic appraisals are usually not oriented towards social welfare, but towards microeconomic criteria. Against this backdrop, the project sets itself two main objectives in order to rethink economic efficiency and put it at the service of environmental protection. On the one hand, the analysis helps to improve the understanding of investment decisions and behaviour of actors. Secondly, the existing regulatory framework with its explicit or implicit economic efficiency principles and efficiency requirements is examined. An analysis of the actor landscape and exemplary analyses of specific investment decisions show that investments supporting environmental protection are characterized by a wide variety of barriers. Several main barriers are closely related to the profitability calculations of investors and result from specific elements in the regulatory framework. In order to rethink economic efficiency and put it at the service of environmental protection, the barriers are examined more closely and solutions for reforming the regulatory framework are proposed. The study covers economic efficiency calculations in investment decisions by private actors as well as cost-effectiveness requirements in the context of minimum standards and in the context of public expenditure.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	10
Tabellenverzeichnis	11
Abkürzungsverzeichnis	13
Zusammenfassung.....	14
Summary	23
1 Hintergrund und Ziele	31
2 Wirtschaftlichkeitskalküle und Einfluss des Ordnungsrahmens	34
2.1 Einleitung in die volkswirtschaftliche Vorgehensweise	34
2.2 Private Haushalte (effiziente Gebäude).....	39
2.2.1 Phasen der Entscheidung und Einfluss von Wirtschaftlichkeitsgeboten und - kalkülen.....	40
2.2.2 Weitere Einflussfaktoren	41
2.2.3 Investitionsrechenarten.....	43
2.2.4 Fazit.....	43
2.3 Unternehmen.....	44
2.3.1 Phasen der Entscheidung und Einfluss von Wirtschaftlichkeitsgeboten und - kalkülen.....	44
2.3.2 Weitere Einflussfaktoren	49
2.3.3 Investitionsrechenarten.....	50
2.3.4 Fazit.....	51
2.4 Öffentliche Einrichtungen	52
2.4.1 Phasen der Entscheidung und Einfluss von Wirtschaftlichkeitsgeboten und - kalkülen.....	52
2.4.2 Weitere Einflussfaktoren	58
2.4.3 Investitionsrechenarten.....	58
2.4.4 Fazit.....	62
3 Hemmnisanalyse und Reformvorschläge	63
3.1 Hemmnisse im Zusammenhang mit Wirtschaftlichkeitskalkülen.....	64
3.1.1 Mangelnde Transparenz und Verzerrungen („Bias“) durch die Art der Wirtschaftlichkeits-/Investitionsrechnung bei privaten Akteurinnen und Akteuren	66
3.1.2 Unzureichende Berücksichtigung von Lebenszykluskosten in Wirtschaftlichkeitsberechnungen.....	67
3.1.3 Unzureichende Berücksichtigung von Umweltkosten in Wirtschaftlichkeitsberechnungen in Unternehmen	71

3.1.4	Unzureichende Berücksichtigung des (Umwelt-) Nutzens in Wirtschaftlichkeitsberechnungen.....	76
3.1.5	Unzureichende Berücksichtigung von dynamischen Anreizwirkungen und Pfadabhängigkeiten in Wirtschaftlichkeitsberechnungen.....	79
3.1.6	Unzureichende Adressierung des Investor-Nutzer Dilemmas („geteilte Anreize“) im Ordnungsrahmen.....	81
3.2	Wirtschaftlichkeitsgebote im Kontext umweltrelevanter Mindeststandards	82
3.2.1	Konflikte zwischen umweltpolitischen Zielen und Wirtschaftlichkeitsgeboten	82
3.2.2	Unzureichende Berücksichtigung von Umweltkosten in Wirtschaftlichkeitsberechnungen.....	84
3.2.3	Spielräume bezüglich der Auslegung von Wirtschaftlichkeitsgeboten	85
3.2.4	Partielle Kosten-Nutzen-Abwägungen in Wirtschaftlichkeitsberechnungen (z. B. mangelnde Berücksichtigung von Fördermitteln)	87
3.2.5	Vergleichende Analyse.....	88
3.3	Wirtschaftlichkeitsgebote im Kontext staatlicher Ausgaben (Beschaffung, Investitionen) .	93
3.3.1	Mangelnde Transparenz und Verzerrungen („Bias“) durch die Art der Wirtschaftlichkeits-/ Investitionsrechnung bei öffentlichen Einrichtungen.....	94
3.3.2	Unzureichende Berücksichtigung von Lebenszykluskosten in Wirtschaftlichkeitsberechnungen.....	97
3.3.3	Unzureichende Berücksichtigung von Umweltkosten in Wirtschaftlichkeitsberechnungen in der öffentlichen Beschaffung	98
3.3.4	Unzureichende Berücksichtigung von Umweltzielen bei Wirtschaftlichkeitsberechnungen in der öffentlichen Verwaltung	101
4	Zusammenfassende Bewertung und Lösungsvorschläge.....	105
4.1	Hemmnisse im Zusammenhang mit Wirtschaftlichkeitskalkülen.....	105
4.1.1	Zusammenfassung der Hemmnisse	105
4.1.2	Lösungsstrategien	106
4.2	Wirtschaftlichkeitsgebote im Kontext umweltrelevanter Mindeststandards	107
4.2.1	Zusammenfassung der Hemmnisse	107
4.2.2	Lösungsstrategien	108
4.3	Wirtschaftlichkeitsgebote im Kontext staatlicher Ausgaben.....	110
4.3.1	Zusammenfassung der Hemmnisse	110
4.3.2	Lösungsstrategien	111
A	Anwendungsfall „Energetische Gebäudesanierung selbstnutzender Eigentümer“	113
A.1	Hintergrund und Ziele	113
A.2	Wirtschaftlichkeitsgebot nach dem GEG und EnEG.....	113

A.2.1	Wesentliche Rechtsgrundlagen	113
A.2.2	Auslegung des Wirtschaftlichkeitsgebots in § 5 EnEG	114
A.2.3	Nachweis der Wirtschaftlichkeit nach EnEG	114
A.3	Kostenoptimalität nach europäischem Recht	117
A.3.1	Wesentliche Rechtsgrundlagen	117
A.3.2	Auslegung der europäischen Vorgaben an die Kostenoptimalität	119
	Inhalt der Kostenoptimalitätsvorgabe aus rechtlicher Sicht	119
	Vorgaben an die Berechnungsmethodik	120
A.3.3	Verhältnis des Niedrigstenergiestandards zur Kostenoptimalitätsorientierung	122
A.3.4	Umsetzung der Kostenoptimalitätsanforderungen in Deutschland	123
4.3.2.1	Berücksichtigung im deutschen Recht, Verhältnis zu § 5 Abs. 1 EnEG	123
4.3.2.2	Praktische Umsetzung in Deutschland	123
A.4	Berechnungstool zur Betrachtung von Wirtschaftlichkeitskenngrößen	124
A.4.1	Ziele und Anwendung	125
A.4.2	Rechenmethodik	125
A.4.3	Inputgrößen für die Wirtschaftlichkeitsrechnung	126
A.5	Untersuchung der Auswirkungen von Reformoptionen	127
A.5.1	Ausgangslage	127
A.5.2	CO ₂ -Bepreisung	128
A.5.3	Berücksichtigung von Fördermitteln	129
A.6	Zusammenfassung und Fazit	131
B	Anwendungsfall „Kokstrockenkühlung“	132
B.1	Hintergrund und Ziele	132
B.2	Technologische Beschreibung	132
B.3	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	133
B.3.1	Annahmen	134
B.3.2	Vorgehensweise	136
B.3.3	Ergebnisse	138
B.4	Globaler Kontext	142
B.5	Synthese: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und globaler Kontext	143
B.6	Fazit	144
C	Anwendungsfall „Prozesswärmebereitstellung“	146
C.1	Hintergrund und Ziele	146
C.2	Technologieeingrenzung	146

C.3	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	147
C.3.1	Annahmen.....	148
C.3.2	Vorgehensweise.....	152
C.3.3	Ergebnisse.....	153
C.4	Fazit.....	157
D	Anwendungsfall Berücksichtigung externer Kosten in der öffentlichen Beschaffung am Beispiel von Baumaschinen.....	159
D.1	Einleitung – externe Kosten in der öffentlichen Beschaffung	159
D.2	Unterscheidung möglicher Anwendungsfälle für externe Kosten in der öffentlichen Beschaffung.....	160
D.2.1	Alternative 1: Externe Kosten als Argumentationshilfe für die Begründung der Auswahl des Beschaffungsgegenstandes	160
D.2.2	Alternative 2: Externe Kosten im Kontext der Lebenszykluskosten als Basis für einen direkten Vergleich verschiedener Angebote	161
D.2.3	Alternative 3: Externe Kosten als Basis für die Bewertung von einzelnen Kriterien innerhalb eines Beschaffungsprozesses	163
D.3	Anwendungsfall Baumaschinen.....	164
D.3.1	Generelle Überlegungen zur Berechnung der Lebenszykluskosten und der externen Kosten	165
D.3.2	Vorgehen der Senatsverwaltung Berlin im Hinblick auf Umweltvorgaben bei Baumaschinen.....	166
D.3.3	Beispielhafte Berechnung von externen Kosten für Baumaschinen	168
D.3.4	Elektrisch betriebene Baumaschinen am Beispiel Minibagger.....	174
D.3.5	Schlussfolgerungen	176
5	Literaturverzeichnis.....	178

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Marktgleichgewicht Angebot und Nachfrage.....	36
Abbildung 2:	Entscheidungskalkül Nachfragende einer Energiedienstleistung	37
Abbildung 3:	Schematischer Entscheidungsprozesses von Haushalten in Bezug auf umweltrelevante Investitionen und die Wirkung von Wirtschaftlichkeitskalkülen und -geboten	41
Abbildung 4:	Entscheidungsprozesses in Unternehmen für Investitionsentscheidungen	45
Abbildung 5:	Schematischer Entscheidungsprozess in der öffentlichen Beschaffung und die Wirkung von Wirtschaftlichkeitskalkülen und gesetzlichen Verpflichtungen	53
Abbildung 6:	Schematischer Entscheidungsprozesses in Bezug auf umweltrelevante Investitionen und die Wirkung von Wirtschaftlichkeitskalkülen und geboten.....	64
Abbildung 7:	Zertifizierungen für Energie- und Umweltmanagementsysteme in Deutschland.....	69
Abbildung 8:	Arten von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen	95
Abbildung 9:	Wirtschaftlichkeitsuntersuchung im Sinne des Bundesrechnungshofes	103
Abbildung 10:	Auswirkung der Berücksichtigung von Umweltkosten auf die Wirtschaftlichkeitsberechnung	108
Abbildung 11:	Vergleich des least lifecycle cost Ansatzes mit dem Ansatz der equal lifecycle costs.....	109
Abbildung 12:	Auswirkung der Berücksichtigung von Fördermitteln auf die Wirtschaftlichkeitsberechnung	110
Abbildung 13:	Idealisierte Kostenoptimalitätskurve	121
Abbildung 14:	Punktewolke: Kostenoptimalitätsergebnisse für ein EFH (Neubau) mit/ohne PV-Anlage, mikroökonomische Perspektive (Standort Berlin)	122
Abbildung 15:	Ergebnisse der Kostenoptimalitätsbetrachtung für Wohngebäude (mikroökonomische Betrachtung)	124
Abbildung 16:	Kapitalwerte und CO ₂ Einsparungen für verschiedene Sanierungsoptionen.....	128
Abbildung 17:	Kapitalwerte für verschiedene Sanierungsoptionen und CO ₂ - Preise	129
Abbildung 18:	Kapitalwerte für verschiedene Sanierungsoptionen und Fördermechanismen.....	130
Abbildung 19:	Exemplarische Darstellung der Wirtschaftlichkeitsbewertung für die KTK	137
Abbildung 20:	Amortisationszeit für den Wärmeverkauf bei der KTK	139
Abbildung 21:	Amortisationszeit und Erlöspotenziale für den Wärmeverkauf bei der KTK.....	140

Abbildung 22:	Amortisationszeit für den Stromverkauf bei der KTK.....	140
Abbildung 23:	Amortisationszeit und Erlöspotenziale für den Stromverkauf bei der KTK.....	141
Abbildung 24:	CO ₂ -Emissionen der betrachteten Technologien für eine Nutzungsdauer von 20 Jahren. Die Werte in Klammern stellen den jeweiligen Zeitraum dar (z. B. 20-40 = 2020 bis 2040)	152
Abbildung 25:	PKBW im Vergleich für die Parametervariationen	154
Abbildung 26:	Energie- und CO ₂ -Kosten der Prozesswärmebereitstellung im Vergleich; für eine Nutzungsdauer von 2025 bis 2045	156
Abbildung 27:	Überblick über die Einführungsdaten und Grenzwerte für die Motorenkategorie „Motoren für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte“ (NRE)	167

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Unterschiede bei energieeffizienzbezogenen Investitionssituationen	47
Tabelle 2:	Auflistung möglicher Hemmnisse und fördernder Faktoren im Bereich umweltrelevanter Investitionsentscheidungen in der Industrie.....	49
Tabelle 3:	Mögliche weitere Einflussfaktoren auf Wirtschaftlichkeitskalküle	58
Tabelle 4:	Verschiedene Investitionsrechenarten – Stärken & Schwächen aus Umweltsicht	64
Tabelle 5:	Hemmnisanalyse Gebäudeenergiegesetz (GEG)	90
Tabelle 6:	Hemmnisanalyse EU-Gebäuderichtlinie (EPBD)	91
Tabelle 7:	Hemmnisanalyse EU Ökodesign-Richtlinie.....	92
Tabelle 8:	Anwendung von Verfahren zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit	95
Tabelle 9:	Nachhaltigkeitsprüfung des Verwaltungshandelns durch den Bundesrechnungshof.....	102
Tabelle 10:	Modellgebäude der EnEV-Gutachten.....	115
Tabelle 11:	Übersicht der Inputgrößen für die Wirtschaftlichkeitsrechnung	126
Tabelle 12:	Annahmen für die Wirtschaftlichkeitsbewertung der KTK.....	135
Tabelle 13:	Annahmen: Technologiedaten für Wärmeerzeuger	148
Tabelle 14:	Annahmen: Investitionen für Wärmeerzeuger	149
Tabelle 15:	Annahmen: Energiepreisprojektionen	150
Tabelle 16:	Annahmen: CO ₂ -Kostenprojektionen	151
Tabelle 17:	Annahmen für die Wirtschaftlichkeitsbewertung der KTK.....	151
Tabelle 18:	Emissionsgrenzwerte für Baumaschinen im Leistungsbereich 8 kW ≤ P < 19 kW. Vor 2018 waren Geräte dieses Leistungsbereich nicht reguliert	168

Tabelle 19:	Annahmen für den Kubota Minibagger K X 037-4.....	169
Tabelle 20:	Beispielhafte Berechnung der externen Kosten für PM10 und NO _x für den Kubota Minibagger K X 037-4	169
Tabelle 21:	Kosten einer Nachrüstung zur Emissionssenkung für ein Gerät der Leistungsklasse des Kubota Minibagger K X 037-4	170
Tabelle 22:	Emissionsgrenzwerte für Baumaschinen im Leistungsbereich 37 kW ≤ P < 56 kW.....	170
Tabelle 23:	Annahmen für den Radlader Yanmar V80-165	171
Tabelle 24:	Beispielhafte Berechnung der externen Kosten für PM10 und NO _x für den Radlader Yanmar V80-165.....	171
Tabelle 25:	Kosten einer Nachrüstung zur Emissionssenkung für ein Gerät der Leistungsklasse des Radlader Yanmar V80-165	172
Tabelle 26:	Emissionsgrenzwerte für Baumaschinen im Leistungsbereich 75 kW ≤ P < 130 kW.....	172
Tabelle 27:	Annahmen für den Midibagger Yanmar SV 120	173
Tabelle 28:	Beispielhafte Berechnung der externen Kosten für PM10 und NO _x für den Midibagger Yanmar SV 120	173
Tabelle 29:	Kosten einer Nachrüstung zur Emissionssenkung für ein Gerät der Leistungsklasse des Midibaggers Yanmar SV 120	174
Tabelle 30:	Beispielhafte Berechnung der externen Umweltkosten für PM10 und NO _x für einen elektrischen Minibagger mit einer Jahresstromverbrauch von 3.560 kWh.....	175
Tabelle 31:	Beispielhafte Berechnung der externen Umweltkosten für PM10 und NO _x für verschiedene elektrische Minibagger im Leistungsbereich zwischen 7,5 und 13,8 kW.....	176

Abkürzungsverzeichnis

BEHG	Brennstoffemissionshandelsgesetz
BHO	Bundeshaushaltsordnung
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
CSI	Cement Sustainability Initiative
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz
EPBD	EU-Gebäuderichtlinie (Energy Performance of Buildings Directive)
EnEG	Energieeinsparungsgesetz
EnEV	Energieeinsparverordnung
GEG	Gebäudeenergiegesetz
LCC	Lifecycle costs – Lebenszykluskosten
LLCC	Least lifecycle costs – niedrigste Lebenszykluskosten
ELCC	Equal lifecycle costs – gleiche Lebenszykluskosten

Zusammenfassung

Hintergrund und Ziele

Die derzeit vorherrschenden Konsum- und Produktionsweisen sind nicht nachhaltig (EEA 2015, 2017; UBA 2017; UNEP 2019). Sie sind geprägt von Investitions- und Kaufentscheidungen einzelner Wirtschaftsakteurinnen und Wirtschaftsakteure, deren Entscheidungskalküle sich in der Regel nicht an der gesellschaftlichen Wohlfahrt, sondern an einzelwirtschaftlichen Kriterien orientieren. Da dabei die Kosten für negative Umweltfolgen nicht oder nur unzureichend berücksichtigt werden, führt die einzelwirtschaftliche Betrachtung zu einer Überinanspruchnahme von natürlichen Ressourcen und Senken.

Die Umweltpolitik hat die Aufgabe, der Überinanspruchnahme von natürlichen Ressourcen entgegenzuwirken. Dabei kann sie verschiedene Mechanismen nutzen, um die Entscheidungen der relevanten Wirtschaftsakteurinnen und Wirtschaftsakteure zu beeinflussen:

- ▶ Durch ordnungsrechtliche Instrumente kann der Entscheidungsraum der Wirtschaftsakteurinnen und Wirtschaftsakteure eingegrenzt werden, in dem dieser durch Vorgaben oder Mindestanforderungen beschränkt wird und umweltschädliche Investitionsalternativen ausgeschlossen werden.
- ▶ Die Umweltpolitik kann durch Anreizinstrumente das Gefüge aus Kosten und Nutzen beeinflussen. Fördermaßnahmen können die Kosten für umweltfreundliche Technologien aus Sicht des Entscheiders senken. Auch Steuern können externe Kosten der Umweltverschmutzung, des Ressourcenverbrauchs und der Beeinträchtigung des Naturkapitals verursachergerecht einpreisen und so Anreize für eine nachhaltigere Ausrichtung von Investitionen setzen.
- ▶ Neben ordnungsrechtlichen Vorgaben und ökonomischen Instrumenten können Entscheidungen zu Gunsten umweltgerechter Investitionen durch die Bereitstellung von Informationen und Infrastrukturen erleichtert werden.

Im Ordnungsrahmen verankerte Wirtschaftlichkeitsgebote beziehen externe Kosten teilweise nicht ausreichend ein, wenn sie Auflagen zur Verbesserung der ökologischen Performanz (z. B. im Klimaschutz, Produktdesign etc.) an die einzelwirtschaftliche Wirtschaftlichkeit dieser Verbesserungen koppeln. So erfordert beispielsweise das Gebäudeenergiegesetz (GEG), dass Anforderungen an die Energieeinsparung im Gebäudesektor „wirtschaftlich vertretbar“ sein müssen. Als vertretbar gelten nur solche Investitionen, die innerhalb der üblichen bzw. noch zu erwartenden Nutzungsdauer eines Gebäudes durch die eintretenden Einsparungen erwirtschaftet werden können, d.h. es wird eine rein einzelwirtschaftliche Perspektive zu Grunde gelegt.

In Anbetracht der zu beobachtenden Überinanspruchnahme natürlicher Ressourcen wird deutlich, dass der derzeitige Ordnungsrahmen nicht ausreicht, die notwendigen Veränderungen im Investitionsverhalten hervorzurufen, um einen nachhaltigen Transformationspfad zu gewährleisten. Beispielsweise bestehen im Bereich der Klimapolitik sowohl auf nationaler Ebene im Rahmen des Bundes-Klimaschutzgesetzes als auch auf EU-Ebene im Rahmen des Green Deal ambitionierte Ziele, die mit den derzeit bestehenden Instrumenten nicht erreicht werden (Öko-Institut 2020).

Vor diesem Hintergrund setzt sich das Vorhaben zwei wesentliche Zielstellungen, um Wirtschaftlichkeit neu zu denken und in den Dienst des Umweltschutzes zu stellen. Zum einen sollen Analysen helfen, das Verständnis für Entscheidungskalküle und -verhalten von Akteurinnen und

Akteuren zu verbessern. Zum anderen soll auch der bestehende Ordnungsrahmen mit seinen expliziten oder impliziten Wirtschaftlichkeitsgrundsätzen und Wirtschaftlichkeitsgeboten auf den Prüfstand gestellt werden.

Wirtschaftlichkeitskalküle und der Einfluss des Ordnungsrahmens

Der staatliche Ordnungsrahmen beeinflusst Wirtschaftlichkeitskalküle unterschiedlicher Akteurinnen und Akteure – Haushalte, Unternehmen, staatliche Einrichtungen – in unterschiedlicher Art und Weise. Für diese Bereiche werden beispielhaft Investitionsentscheidungen untersucht.

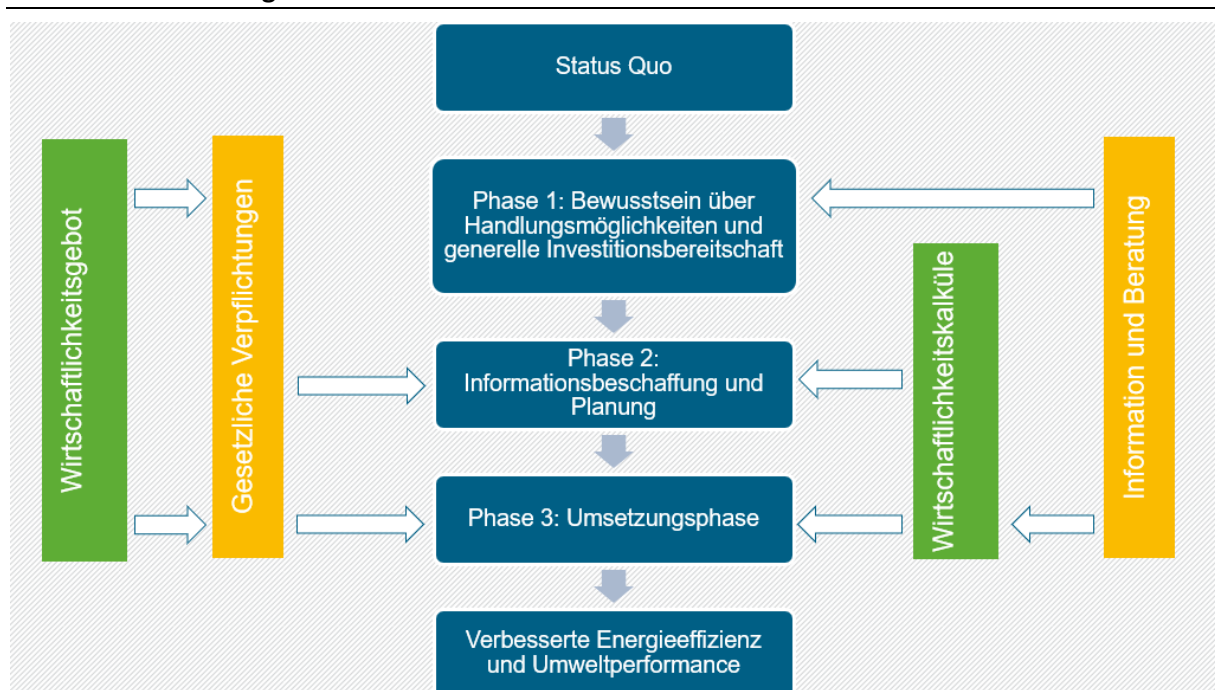
Private Haushalte – Investitionen in energetische Sanierung von Gebäuden

Investitionen in die energetische Qualität der Gebäudehülle sowie in effiziente und CO₂-freie Heizungstechnologien stellen umweltrelevante Investitionen dar, die sich zudem durch einen monetären Nutzen aus einzelwirtschaftlicher sowie gesamtwirtschaftlicher Sicht auszeichnen:

- Aus einzelwirtschaftlicher Sicht werden Energiekosteneinsparungen erzielt, deren Höhe u. a. von der energetischen Ausgangssituation des Gebäudes, der Entwicklung von Energiepreisen sowie des Nutzerverhaltens (heizen und lüften) abhängen. Allerdings zeigt sich für private Eigentümer, dass häufig keine Wirtschaftlichkeitsrechnung durchgeführt wird.
- Aus gesamtgesellschaftlicher Sicht können durch Investitionen in die energetische Qualität der Gebäudehülle sowie in effiziente und CO₂-arme Heizungstechnologien umfangreiche Einsparungen von CO₂-Emissionen (und der damit verbundenen Folgekosten) erzielt werden.

Die Entscheidung für energetische Sanierungsmaßnahmen in privaten Haushalten lässt sich in drei Phasen einteilen, in denen Wirtschaftlichkeitsgebote und Wirtschaftlichkeitskalküle eine unterschiedliche Rolle spielen (Übersicht siehe Abbildung 3).

Abbildung I: Schematischer Entscheidungsprozesses von Haushalten in Bezug auf umweltrelevante Investitionen und die Wirkung von Wirtschaftlichkeitskalkülen und -geboten



Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut.

Bei der energetischen Gebäudesanierung bestehen im Rahmen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) gesetzliche Vorgaben an die energetische Performance des Gebäudes. Die gesetzlichen Mindestanforderungen müssen dann eingehalten werden, wenn am Gebäude bestimmte Änderungen durchgeführt werden, z. B. Erneuerung des Außenwandputzes, Erneuerung der Fenster und Außentüren, Ersatz von Dachdeckung.

Aus Sicht des Entscheidenden bedeutet dies, dass die gesetzlichen Mindestanforderungen erst ab Phase 2 greifen, d. h. erst wenn grundsätzlich die Entscheidung für eine energetische Sanierung getroffen wird. Die Entscheidung, *ob* saniert wird, ist nicht von gesetzlichen Vorgaben betroffen, da in Deutschland keine Sanierungspflicht besteht.

Die Planungsphase (Phase 2) ist stark geprägt von den gesetzlichen Vorgaben, da die Handlungsmöglichkeiten des Entscheidenden durch die gesetzlich vorgeschriebenen Mindeststandards eingeschränkt werden. Die Entscheidungsmöglichkeiten beschränken sich auf die Ambitionsniveaus oberhalb der gesetzlich vorgeschriebenen Mindestanforderungen.

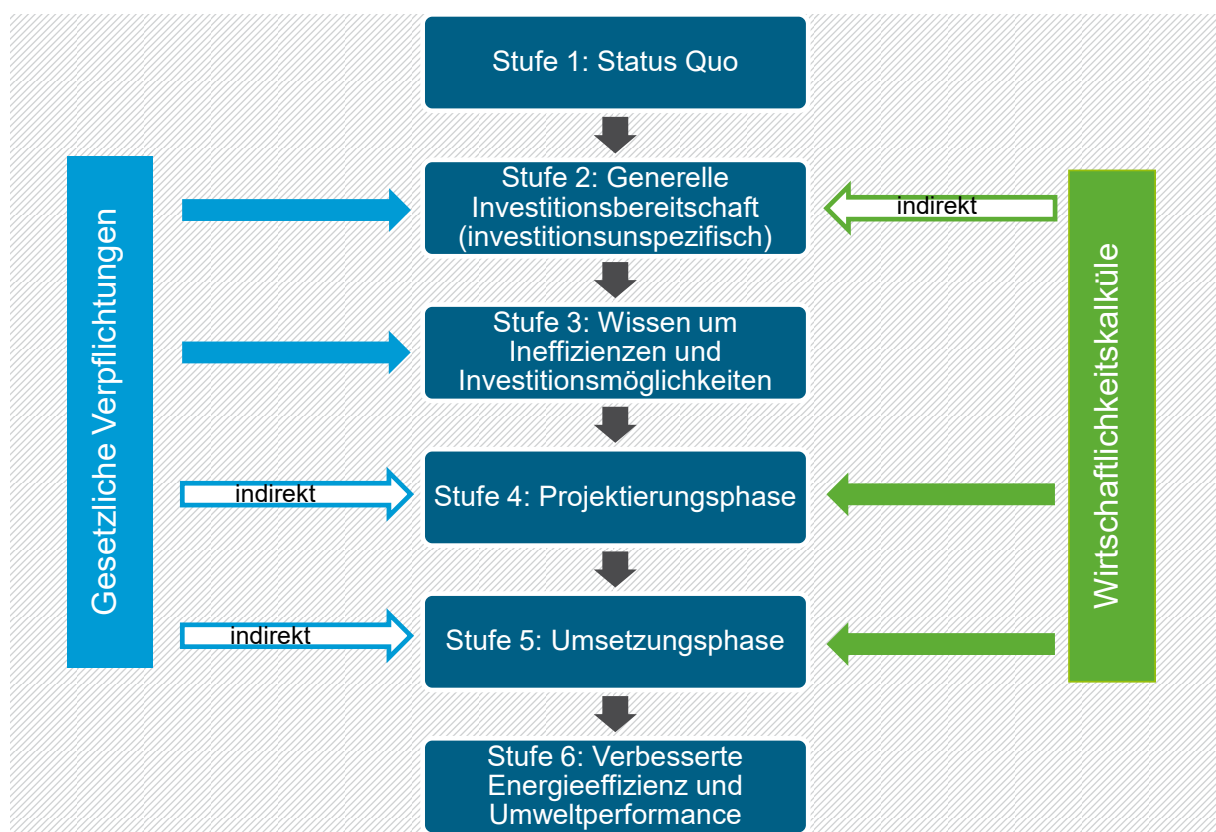
Während die Wirtschaftlichkeitsrechnung bei den *Entscheidenden* teilweise eine untergeordnete Rolle spielt, ist sie ein zentraler Faktor für die Festlegung der gesetzlichen Mindeststandards, da diese dem Wirtschaftlichkeitsgebot unterliegen. Dieses bezieht sich im GEG auf eine rein einzelwirtschaftliche Perspektive, indem vorgesehen ist, dass die Aufwendungen für die Durchführung der entsprechenden Sanierungsmaßnahmen innerhalb der üblichen Nutzungsdauer durch die eintretenden Einsparungen erwirtschaftet werden können.

Unternehmen

Abbildung 4 stellt für einen schematischen Entscheidungsprozess in Unternehmen dar, an welcher Stelle Wirtschaftlichkeitskalküle und gesetzliche Verpflichtungen eine Rolle spielen.

Die in dieser Studie zu untersuchenden Wirtschaftlichkeitskalküle im Bereich der Unternehmen wirken sowohl direkt in Stufe 4 – der Planung und Projektierung – wo die entsprechenden Investitionsrechnungen durchgeführt und analysiert werden, als auch in Stufe 5 bei der Umsetzung, da entstehende Zusatzkosten bei der Implementierung auftreten können. Indirekt wirken die Kalküle auch auf die Investitionsbereitschaft, da die Kapitalverfügbarkeit in Abhängigkeit von der verwendeten Investitionsrechnung unterschiedlich hoch ausfallen kann. Verpflichtende gesetzlich vorgeschriebene Maßnahmen, wie die Auditpflicht und die Einführung eines Energiemanagementsystems für energieintensive Unternehmen nach ISO 50001 wirken direkt auf die Investitionsbereitschaft in Stufe 2 und stellen weiterhin mögliche Informationsquellen zur Wissensgeneration in Stufe 3 dar. Indirekt beeinflussen gesetzliche Verordnungen Unternehmen auch während der Planung und Umsetzung von Maßnahmen durch Vorgaben, wie beispielsweise steuerliche Abschreibungszeiten.

Abbildung II: Schematischer Entscheidungsprozesses in Unternehmen für Investitionsentscheidungen



Quelle: Eigene Darstellung nach (Cagno et al. 2013).

Unternehmen unterliegen keinem direkten staatlich vorgegebenen Wirtschaftlichkeitsgebot, d. h. es gibt keine direkten gesetzlichen Vorgaben, wie Investitionsentscheidungen abgewogen und getroffen werden müssen.

Die von den Unternehmen zu tätigenden Investitionen unterliegen jedoch Regularien und Gesetzen, z. B. dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG), die durchaus Auswirkungen auf die Praxis der Investitionsentscheidungen haben können.

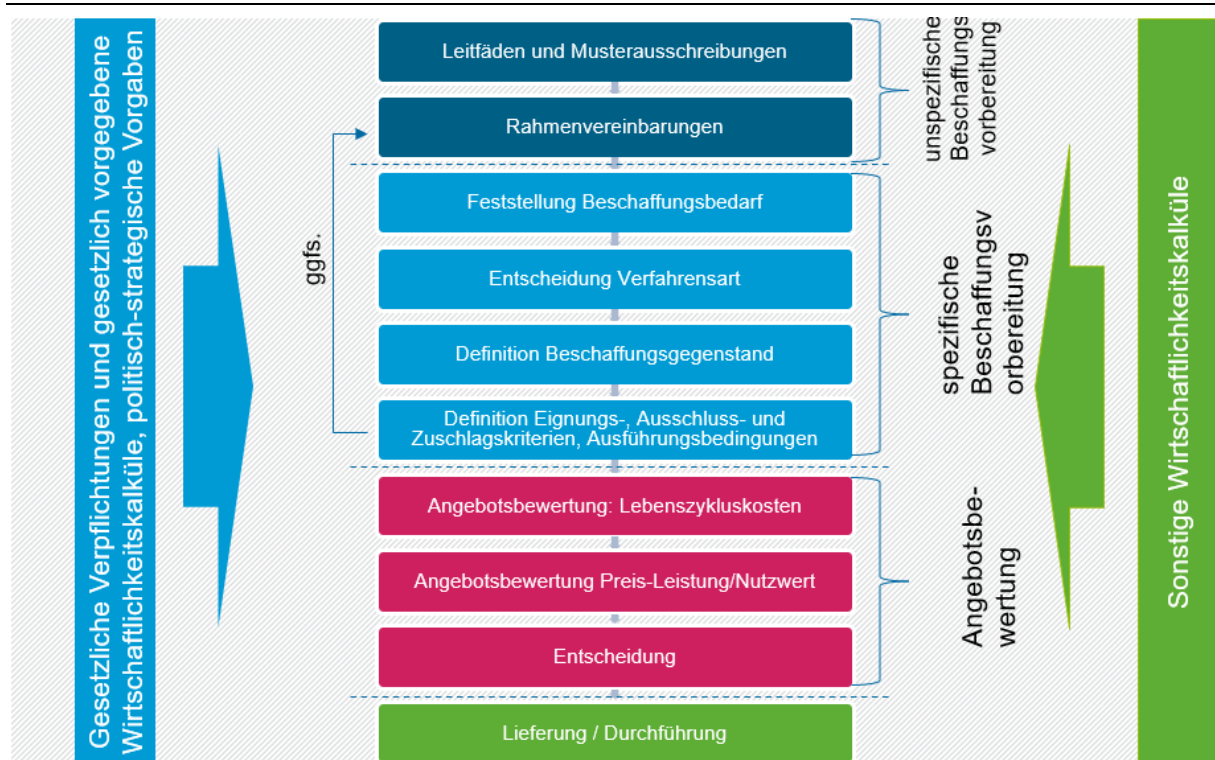
Private Unternehmen sind in erster Linie darauf ausgerichtet, profitabel zu wirtschaften. In Unternehmen werden Investitionsentscheidungen maßgeblich von unternehmensspezifischen Konventionen beeinflusst. Diese Konventionen können sich zum einen auf die Art der Investitionsrechnung (z. B. statische vs. dynamische Verfahren) und zum anderen auf die Anforderungen an Investitionen (z. B. Anforderung an die Amortisationszeit) beziehen. Experteninterviews und Studien (vgl. Kapitel 2.3.1) weisen darauf hin, dass für den Bereich der Energieeffizienz-Investitionen die typischen geforderten Amortisationszeiten im Bereich von maximal drei bis fünf Jahren liegen.

Öffentliche Einrichtung – öffentliche Beschaffung

In der öffentlichen Beschaffung sind Wirtschaftlichkeitsgebote durch das Vergaberecht und die Bundeshaushaltsordnung definiert. Das Vergaberecht ist auf europäischer und nationaler Ebene implementiert. Daneben können spezifische Vorgaben auf Ebene der Bundesländer gelten. Als Wirtschaftlichkeitsgebot greift in Bezug auf die öffentliche Beschaffung insbesondere der *Grundsatz der Wirtschaftlichkeit* (=bestes Preis-Leistungs-Verhältnis).

Abbildung III stellt die Phasen der Entscheidung sowie die Rolle von Wirtschaftlichkeitsgeboten bei der öffentlichen Beschaffung dar.

Abbildung III: Schematischer Entscheidungsprozess in der öffentlichen Beschaffung und die Wirkung von Wirtschaftlichkeitskalkülen und gesetzlichen Verpflichtungen



Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut.

Im Vergaberecht und der öffentlichen Beschaffung sind weitreichende Möglichkeiten vorgesehen, mit einer zu beschaffenden Leistung in Verbindung stehende Umweltaspekte bei der Auswahl einer Leistung zu berücksichtigen. Dies ist in allen Phasen eines Beschaffungsprozesses möglich, von der Festlegung des Beschaffungsgegenstandes, über die Definition der technischen Spezifikationen und Zuschlagskriterien bis zur Implementierung der Leistung. Explizit ist die Berücksichtigung von Lebenszykluskosten und in diesem Kontext auch von externen Umweltkosten möglich. Nur für wenige Beschaffungsgegenstände bestehen allerdings spezifische Vorgaben zur verpflichtenden Berücksichtigung von Umweltaspekten, so dass es einerseits eine hohe Regelungsdichte gibt, andererseits Vergabestellen aber große Freiheiten hinsichtlich der spezifisch zu berücksichtigenden Aspekte haben. Verbindliche Vorgaben existieren u. a. für energieverbrauchende Produkte und Straßenfahrzeuge.

Eine wesentliche Methode für die Bewertung von zu beschaffenden Leistungen sind sogenannte Lebenszykluskosten, die eine Bewertung nicht nur nach dem nominellen Preis einer Leistung, sondern nach Möglichkeit einschließlich aller damit einhergehenden Kosten vornehmen. In solch einer Gesamtkostenbetrachtung können Kosten für Wartung, Verbrauchsmaterial, Ersatz, Entsorgung etc. mitberücksichtigt werden. Eine Entscheidung nach niedrigen Lebenszykluskosten ist oftmals auch eine Entscheidung für eine ökologischere Leistung, da Folgekosten, z. B. für Energieverbrauch, auch mit Umweltbelastungen einhergehen.

Das Vergaberecht sieht auch explizit die Möglichkeit vor, externe (gesellschaftliche) Umweltkosten bei der Vergabeentscheidung zu berücksichtigen. Für die Beschaffung von Straßenfahrzeugen ist dies über das EU-Vergaberecht vorgeschrieben. Allerdings ist offen gelassen, ob

dies durch eine Monetarisierung der externen Umweltkosten erfolgt oder durch eine andere angemessene Berücksichtigung der entsprechenden Umweltauswirkungen. Bei allen anderen Beschaffungsleistungen ist die Berücksichtigung monetarisierter externer Umweltkosten weder vorgegeben noch über entsprechende Tools in der Anwendung unterstützt.

Die in Deutschland für die öffentliche Beschaffung als Vorlagen bereit gestellten Tools für die Berücksichtigung und Berechnung von Lebenszykluskosten beinhalten bisher wichtige direkte Kosten, die mit einer zu beschaffenden Leistung in Verbindung stehen.

Hemmnisse und Reformansätze

Die Akteursbetrachtung und die beispielhafte Analyse von Investitionsentscheidungen zeigen, dass Investitionen im Sinne des Umweltschutzes von verschiedensten Hemmnissen geprägt sind und deshalb unterbleiben oder verschoben werden. Wesentliche Hemmnisse stehen im engen Bezug zu den Wirtschaftlichkeitskalkülen von Investor*innen und sie ergeben sich aus spezifischen Regelungen im Ordnungsrahmen, die als ‚Wirtschaftlichkeitsgebote‘ verstanden und einer näheren Analyse unterzogen werden.

Um Wirtschaftlichkeit neu zu denken und in den Dienst des Umweltschutzes zu stellen, werden die Hemmnisse genauer beleuchtet und Lösungsvorschläge zur Reform des Ordnungsrahmens gegeben. Dabei wird differenziert nach Hemmnissen und Reformansätze bei i) Entscheidungen und Wirtschaftlichkeitskalkülen privater Akteurinnen und Akteure, ii) Wirtschaftlichkeitsgeboten im Kontext von Umweltstandards und iii) Entscheidungen und Wirtschaftlichkeitsgeboten für staatliche Ausgaben.

Wirtschaftlichkeitskalküle bei Investitionsentscheidungen privater Akteurinnen und Akteure

1. Mangelnde Transparenz und Verzerrungen („Bias“) durch die Art der Wirtschaftlichkeits-/ Investitionsrechnung kann bei privaten Akteurinnen und Akteuren dazu führen, dass Umweltinvestitionen nicht rentabel erscheinen.

Das Hemmnis kann adressiert werden, indem die DIN EN ISO 50001 (Energiemanagement) im Hinblick auf die Durchführung von Wirtschaftlichkeitsberechnungen erweitert bzw. spezifiziert wird. Die Umwelteffekte unterschiedlicher Wirtschaftlichkeits-/Investitionsrechnungsarten sind zudem angemessen in Lehrplänen zu berücksichtigen, um mittelfristig mehr Fachkräfte zur Durchführung transparenter und unverzerrter Berechnungen zu befähigen. Bei privaten Investitionen können alternative Finanzierungsmodelle und die Förderung von Contracting-Modellen helfen, dass die „gefühlte Wirtschaftlichkeit“ umweltgerechter ausfällt.

2. Bei der Investitionsplanung berücksichtigen Unternehmen und Haushalte Lebenszykluskosten nur unzureichend. In Unternehmen wird als ein entscheidendes Kriterium in der Investitionsrechnung die Amortisationszeit herangezogen (d. h. der Zeitraum, innerhalb dessen das Kapital, das in einer Investition gebunden ist, zurückfließt). Bei den für viele unternehmerischen Investitionsentscheidungen gängigen Amortisationszeiten von drei bis fünf Jahren werden viele Projekte, die wirtschaftlich tragfähig sind und einen ökologischen Nutzen haben, nicht umgesetzt.

Das Hemmnis lässt sich adressieren, indem Haushalten und Unternehmen Informationen zum Nutzen und zur Durchführung von Lebenszykluskostenanalysen bereitgestellt werden, entsprechende Beratungen bezuschusst werden oder durch Informationsmaßnahmen

(einschließlich Label) Lebenszykluskosten transparent gemacht werden. Weitere Reformansätze sind verbesserter Wissenstransfer, stärkere Anreize und Pflichten zur Einführung von Umwelt- und Energiemanagementsystemen sowie ein Engagement Deutschlands dafür, dass Lebenszykluskosten in den internationalen Normen stärker berücksichtigt werden.

3. Unternehmen berücksichtigen umweltbezogene Risiken – und insbesondere externe (Umwelt-) Kosten – in der traditionellen Finanzplanung und -berichterstattung nicht ausreichend. In der Folge sind Investitionen zugunsten des Umweltschutzes in einzelwirtschaftlicher Perspektive weniger rentabel, als sie dies aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive sind und werden weniger und/oder weniger tiefgreifend durchgeführt.

Das Hemmnis könnte gemindert werden, wenn im Rahmen der Sustainable Finance Strategie der EU und der Überarbeitung der Europäischen CSR-Richtlinie die Schätzung externer Umweltkosten durch Unternehmensaktivitäten und ein standardisiertes Verfahren hierfür festgeschrieben würden. Zum andern läge ein zentraler Hebel in der Internalisierung von Umweltkosten (u. a. durch eine ambitionierte CO₂-Bepreisung, stringente Haftungsregelungen, aber auch ordnungsrechtliche Ansätze).

4. Bei vielen Investitionsentscheidungen werden v.a. Kosten berücksichtigt. Nutzen (für die Umwelt) werden jedoch nicht oder nicht in angemessenem Umfang berücksichtigt. Dabei können quantifizier- und messbare Nutzen wie die Verbesserung der Luftqualität bei Verringerung von Luftschadstoffemissionen, positive Beschäftigungseffekte, aber auch nicht-messbare oder -quantifizierbare Nutzen wie z. B. Wohlbefinden und Gesundheit wichtige „co-benefits“ einer Investition sein. Ihre Berücksichtigung im Rahmen von Wirtschaftlichkeitsrechnungen kann die Rentabilität von Investitionen zugunsten des Umweltschutzes erhöhen und diesen so zum Durchbruch verhelfen.

Das Hemmnis kann zum einen angegangen werden, indem (ökologische) Nutzenaspekte unternehmerischer (Investitions-) Entscheidungen im Rahmen von Hochschul-Curricula stärker verankert werden, auch in MBA-Programmen und Führungskräfte-Weiterbildungen. Darüber hinaus kann der Umweltnutzen unternehmerischer Entscheidungen auch höher gewichtet werden, wenn Umweltwirkungen von Unternehmen im Rahmen gesetzlicher Berichtspflichten (Überarbeitung der CSR-Richtlinie) transparent gemacht werden. Auch umweltrelevante Sorgfaltspflichten im Rahmen eines Lieferkettengesetzes unterstützen Unternehmen dabei, den Umweltnutzen von Entscheidungen im Rahmen ihres Lieferkettenmanagements gegenüber möglichen Kosten höher zu gewichten.

5. In Wirtschaftlichkeitskalkülen werden dynamische Anreizwirkungen und Pfadabhängigkeiten meist unzureichend berücksichtigt. Wenn Investitionsoptionen gegeneinander abgewogen werden, werden meist (bekannte, etablierte) Technologien bevorzugt, die aus heutiger Sicht entsprechend des gewählten Wirtschaftlichkeitskalküls besser abschneiden. Investitionen in weniger etablierte, innovative Technologien, die ggf. erst über einen längeren Zeitraum und nach Weiterentwicklung und entsprechender Marktreife eine Rendite abwerfen, werden dabei ebenso ausgeschlossen wie Lernprozesse (learning-by-doing-Effekte), durch die sich die volle Produktivität einer Technologie erst im Laufe der Zeit entfaltet. Dadurch können weitergehende technische Fortschritte verhindert werden und Lock-in-Effekte entstehen (z. B. in fossile Technologien).

Das Hemmnis erfordert eine explizite Berücksichtigung von innovations- und zukunftsorientierten Investitionen in Wirtschaftlichkeitskalkülen. Die Politik kann dies im Rahmen von Förderprogrammen unterstützen, in denen über die Fördereffizienz Aspekte wie

Innovativität, potenzielle Skaleneffekte, Spill-over-Effekte, Wettbewerbsfähigkeit, künftige Verschärfungen von politischen Einsparzielen, Standards etc. als Maßstab für eine Förderung zugrunde gelegt werden können. Langfristige politische Signale und Vorgaben der öffentlichen Hand können auch Planungshorizonte von Unternehmen so verändern, dass dynamische Wirkungen in deren Wirtschaftlichkeitskalküle Eingang finden (z. B. über dynamische, sich verschärfende Vorgaben von Anteilen für alternative Technologien/ Brennstoffe, dynamische Grenzwerte, sprunghafte Verschärfung von Standards orientiert an Investitionszyklen).

Wirtschaftlichkeitsgebote im Kontext umweltrelevanter Mindeststandards

1. Mindeststandards, die unter Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeitsgeboten gesetzt werden, sind häufig nicht kompatibel mit den umweltpolitischen Zielen, zu deren Erreichen die Mindeststandards beitragen sollen. Um eine zielkonforme Ausgestaltung von Mindeststandards zu erreichen, muss die Anwendung von Wirtschaftlichkeitsgeboten sich stets auf den Lösungsraum beschränken, der mit der Zielerreichung kompatibel ist.
2. Die unzureichende Berücksichtigung von Umweltkosten bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung zur Festlegung von umweltrelevanten Mindeststandards führt dazu, dass das Ambitionsniveau der Standards nicht das aus Umweltsicht optimale oder gebotene Niveau abbildet. Das Hemmnis kann adressiert werden, indem Umweltkosten explizit in die Berechnungen aufgenommen werden.
3. Ein weiteres zentrales Hemmnis sind die Spielräume im Zusammenhang mit der Auslegung der Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit. Im deutschen Gebäudeenergierecht wird z. B. betrachtet, ob eine Verschärfung der Standards im Vergleich zum geltenden Standard wirtschaftlich ist. Dies weicht ab von der im Gesetzestext vorgesehenen Einschränkung, dass die erforderlichen Aufwendungen innerhalb der üblichen Nutzungsdauer durch die eintretenden Einsparungen erwirtschaftet werden können. Die Auslegung führt dazu, dass insbesondere unter Einbezug von CO₂- bzw. Umweltkosten weniger ambitionierte Standards gesetzt werden. Das Hemmnis kann adressiert werden, indem die Auslegung der Begrifflichkeit der Wirtschaftlichkeit so erfolgt, dass möglichst ambitionierte Standards gesetzt werden.
4. Nicht zuletzt besteht das Hemmnis, dass die Verfügbarkeit von Fördermitteln, die sich für Investierende positiv auf die Wirtschaftlichkeit von umweltrelevanten Investitionen auswirkt, in den Berechnungen nicht berücksichtigt wird. In der EU-Gebäuderichtlinie ist eine Berücksichtigung grundsätzlich vorgesehen aber nicht verpflichtend und wird in Deutschland nicht in die Berechnungen einbezogen. Das Hemmnis kann adressiert werden, indem vorhandene Fördermöglichkeiten in die Berechnungen einbezogen werden. Dabei sollte ein Rechtsanspruch auf Förderung vorhanden sein und es muss vom derzeit dominierenden Ansatz der Nichtvereinbarkeit von Fördern und Fordern abgewichen werden.

Wirtschaftlichkeitsgebote im Kontext staatlicher Ausgaben

1. Die Art der zu nutzenden Wirtschaftlichkeits- bzw. Investitionsrechnung ist für staatliche (anders als für private) Investitionen teilweise vorgeschrieben. Gleichwohl können eine mangelnde Transparenz und Verzerrungen („Bias“) durch die Art der Wirtschaftlichkeits-/ Investitionsrechnung auch bei staatlichen Investitionen dazu führen, dass Umweltinvestitionen nicht rentabel erscheinen. Um das Hemmnis zu überwinden, sollte im Rahmen staatlicher Investitions- (und Beschaffungs-)tätigkeiten genau festgelegt werden, welche Art der Investitionsrechnung anzuwenden ist (vgl. § 13 III 1 des Klimaschutzgesetzes). Auch

sollten Vorgaben zu den zu verwendenden Annahmen gemacht und kontinuierlich aktualisiert werden. Bei quantitativen Rechenwegen sollten diese Vorgaben insbesondere zu Diskontsätzen, Lebens- bzw. Nutzungsdauern und bei Berücksichtigung externer Kosten zu den Schadenskosten festgelegt werden. Bei qualitativen bzw. multikriteriellen Ansätzen sind Vorgaben zu den Kriterien und ihrer Gewichtung bereitzustellen.

2. Bei der Planung von Investitionen durch die öffentliche Hand ist die Berücksichtigung von Lebenszykluskosten im Kontext des öffentlichen Beschaffungsrechts grundsätzlich vorgesehen (s. u.), allerdings nur für wenige Beschaffungsgegenstände verpflichtend. Über 50 % der öffentlichen Vergabestellen in Deutschland berücksichtigen Lebenszykluskosten jedoch selten bis gar nicht. Zentrale Ursache ist die Unsicherheit von Beschafferinnen und Beschaffern, Fehler bei der Berechnung der Lebenszykluskosten zu machen und die Beschaffungsentscheidung so rechtlich angreifbar zu machen. Das Hemmnis kann adressiert werden, in dem die im öffentlichen Beschaffungsrecht angelegte Möglichkeit, Lebenszykluskosten in Vergabeverfahren zu berücksichtigen, für alle Beschaffungsgegenstände verpflichtend gemacht wird.
3. Umweltkosten werden in Wirtschaftlichkeitsberechnungen in der öffentlichen Beschaffung häufig unzureichend berücksichtigt. Dem Hemmnis kann auf unterschiedliche Weisen begegnet werden. Zum einen wäre eine Ausdehnung der UBA-Methodenkonvention auf weitere Umweltwirkungen sinnvoll, ebenso wie die explizite Berücksichtigung von externen Umwelteffekten in der „Arbeitsanleitung Einführung in Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen“ des BMF (BMF 2019). Zudem sollten Schulungsprogramme für öffentliche Beschaffungsstellen sowie Entscheidungskräfte und relevante Mitarbeitende in der Verwaltung um Angebote zur Berücksichtigung von Umweltkosten in Beschaffungsvorgängen ergänzt werden. Grundsätzlicher würden umweltfreundliche Investitionen und Beschaffung gefördert, wenn im umweltrelevanten Ordnungsrecht verbindlich vorgeschrieben würde, dass Umweltkosten in der Konkretisierung von Wirtschaftlichkeitsgeboten zu berücksichtigen wären. Orientieren könnte sich dies an den Regelungen des Beschaffungsrechts oder des Klimaschutzgesetzes.
4. Staatliche Ausgaben sind teilweise nicht (hinreichend) auf umweltpolitische Ziele ausgerichtet. Dies ist insbesondere der Fall, wenn Wirtschaftlichkeitsberechnungen bei staatlichen Ausgaben Umweltziele nicht als verbindliche Richtschnur für ihr Handeln berücksichtigen. Das Hemmnis lässt sich adressieren, indem sich Verwaltungen für ihren Verantwortungsbereich konkrete und überprüfbare Klimaschutz- und Umweltziele setzen. Dauerhaften oder temporären Mehrkosten für die öffentliche Hand im Zuge von umweltgerechten Investitions- und Beschaffungsentscheidungen sind bereits in der Haushaltsplanung Rechnung zu tragen.

Summary

Background and goals

The currently prevailing modes of consumption and production are not sustainable (EEA 2015, 2017; UBA 2017; UNEP 2019). They are shaped by investment and purchasing decisions of individual economic actors whose decision-making is usually not oriented towards social welfare, but towards microeconomic criteria. Since the costs of negative environmental impacts are not (or only insufficiently) taken into account, the microeconomic view leads to an overuse of natural resources and sinks.

Environmental policy has the objective of counteracting the overuse of natural resources. In doing so, it can use various mechanisms to influence the decisions of the relevant economic actors:

- ▶ Regulatory instruments can be used to limit the options for decision-making of economic actors by restricting it through specifications or minimum requirements and by excluding environmentally harmful investment alternatives.
- ▶ Environmental policy can influence the structure of costs and benefits through incentive instruments. Incentive measures can reduce the costs of environmentally friendly technologies from the point of view of the decision-maker. Taxes can also price the external costs of environmental pollution, resource consumption and the impairment of natural capital and thus create incentives for more sustainable investments.
- ▶ In addition to regulatory requirements and economic instruments, decisions in favour of environmentally sound investments can be facilitated by the provision of information and infrastructure.

In some cases, economic efficiency requirements anchored in the regulatory framework do not sufficiently incorporate external costs. This is the case when requirements for improving ecological performance (e.g. in climate protection, product design, etc.) are linked to the microeconomic efficiency of these improvements. For example, the Federal Buildings Energy Act (GEG) stipulates that requirements for energy savings in the buildings sector must be "economically justifiable". Only those investments are considered justifiable that can be earned within the usual or still expected useful life of a building through the savings that occur, i.e. a purely microeconomic perspective is taken as a basis.

In view of the observed overuse of natural resources, it becomes clear that the current regulatory framework is not sufficient to bring about the necessary changes in investment behaviour to ensure a sustainable transformation path. For example, in the area of climate policy, there are ambitious targets both at the national level under the Federal Climate Protection Act and at the EU level under the Green Deal, which are not being achieved with the instruments currently in place (Öko-Institut 2020).

Against this backdrop, the project sets itself two main objectives in order to rethink economic efficiency and put it at the service of environmental protection. On the one hand, the analysis helps to improve the understanding of investment decisions and behaviour of actors. Secondly, the existing regulatory framework with its explicit or implicit economic efficiency principles and efficiency requirements is examined.

Economic calculations and the influence of the regulatory framework

The regulatory framework influences the economic calculations of different actors - households, companies, state institutions - in different ways. Investment decisions in these areas are examined as examples.

Private households - investments in energy-efficient refurbishment of buildings

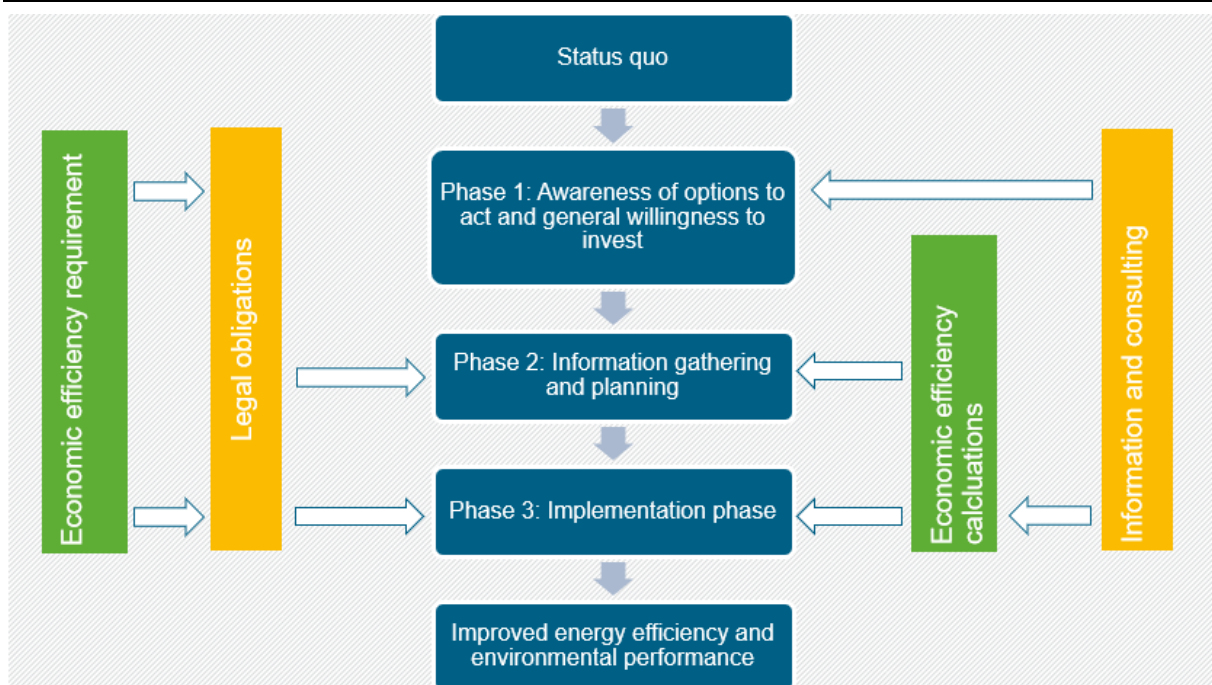
Investments in the energy performance of the building envelope and in efficient and carbon-free heating technologies represent environmentally relevant investments that are also characterised by monetary benefits from a microeconomic and macroeconomic perspective:

From a microeconomic perspective, energy cost savings are achieved. Their size depends, among other things, on the initial thermal quality of the building, the development of energy prices and user behaviour (heating and ventilation). However, private buildings owners often do not carry out a formal profitability calculation.

From the perspective of society as a whole, extensive savings in greenhouse gas emissions (and the associated follow-up costs) can be achieved by investing in the energy performance of the building and in efficient and low-carbon heating technologies.

The decision for energy-related renovation measures in private households can be divided into three phases, in which economic efficiency principals and economic efficiency calculations play a different role (for an overview, see Figure I).

figure I: Schematic decision-making process of households with respect to environmentally relevant investments and the effect of economic efficiency calculations and requirements



Source: Own illustration, Öko-Institut.

There are legal requirements for the energy performance of buildings undergoing thermal retrofit within the framework of the Buildings Energy Act (GEG). The minimum requirements must be met if certain changes are made to the building, e.g. renewal of the exterior wall plaster, renewal of windows and exterior doors, replacement of roofing.

From the point of view of the decision-maker, this means that the minimum requirements only apply from phase 2 onwards, i.e. only when the decision to carry out energy refurbishment is already made. The decision whether or not to refurbish is not affected by legal requirements, as there is no obligation to refurbish in Germany.

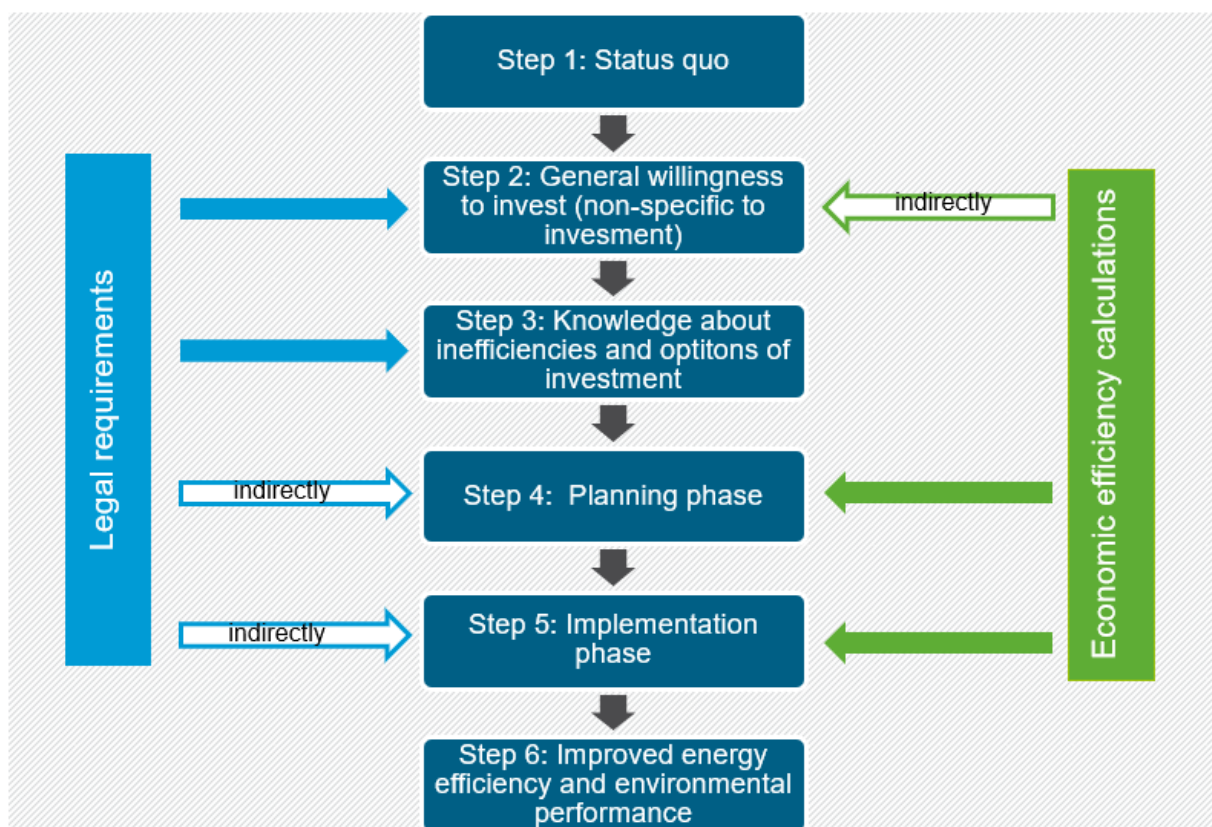
The planning phase (phase 2) is strongly influenced by the legal requirements, as the decision-maker's options are limited by the legally prescribed minimum standards. The decision-making options are limited to the ambition levels above the legally prescribed minimum requirements.

While the economic efficiency calculation plays a subordinate role for the decision-makers in some cases, it is a central factor for setting the regulatory minimum standards, as these are subject to an economic efficiency requirement. In the GEG, this refers to a purely microeconomic perspective, in that it is envisaged that the expenses for the implementation of the corresponding renovation measures can be earned within the usual useful life through the savings that occur.

Companies

Figure II illustrates a schematic decision-making process in companies and indicates where economic efficiency calculations and legal obligations play a role.

figure II: Schematic decision-making process in companies for investment decisions



Source: Own illustration according to (Cagno et al. 2013).

The profitability calculations by companies to be examined in this study have an effect both directly in stage 4, where the corresponding investment calculations are carried out and analysed, and in stage 5 during implementation, since additional costs can arise during implementation. Indirectly, the calculations also have an effect on the willingness to invest, as the availability of capital can vary depending on the investment calculation used. Mandatory

legal measures, such as the audit obligation and the introduction of an energy management system for energy-intensive companies according to ISO 50001, have a direct effect on the willingness to invest in stage 2 and also represent possible sources of information for knowledge generation in stage 3. Legal regulations also indirectly influence companies during the planning and implementation of measures through requirements such as tax depreciation periods.

Companies are not subject to any direct state-mandated economic efficiency requirements, i.e. there are no direct legal requirements as to how investment decisions must be made.

However, investments by companies are subject to regulations and laws, e.g. the Federal Immission Control Act (BImSchG), which can have an important impact on investment decisions.

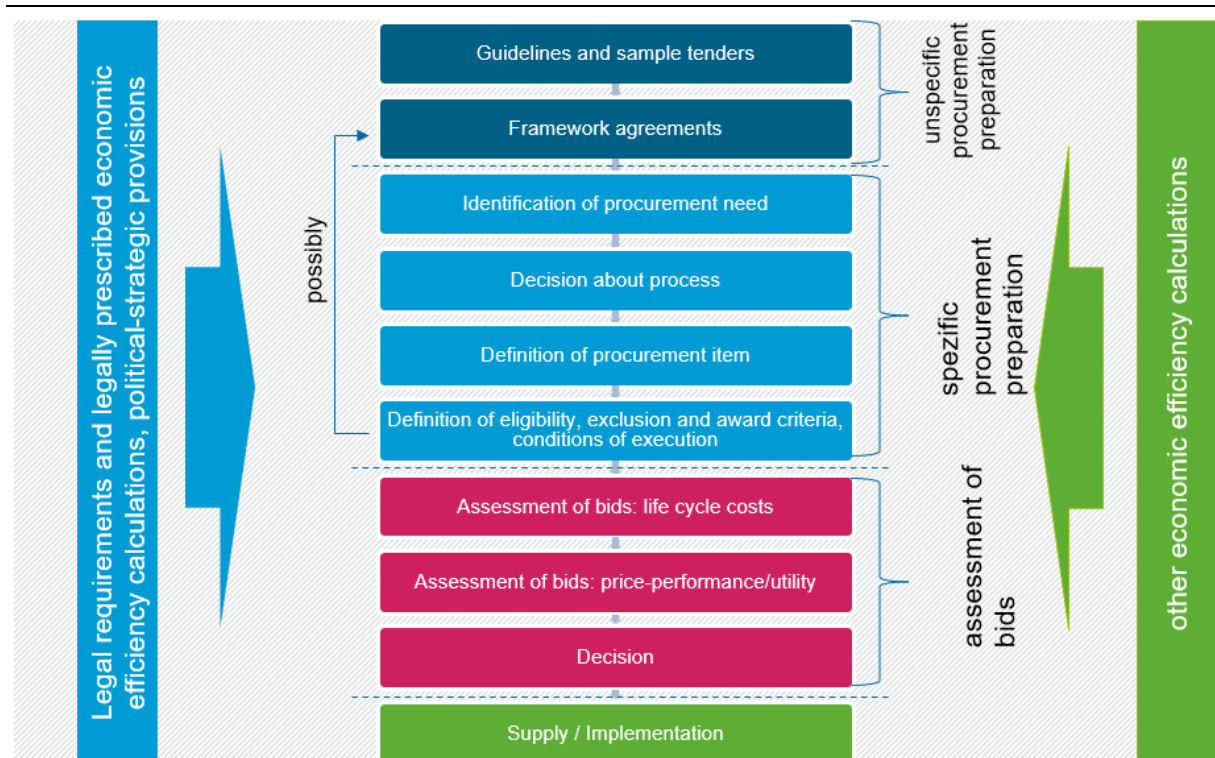
Private companies are primarily geared towards profitability. In companies, investment decisions are significantly influenced by company-specific conventions. These conventions can relate on the one hand to the type of investment calculation (e.g. static vs. dynamic procedures) and on the other hand to the requirements for investments (e.g. requirement for payback period). Expert interviews and studies (cf. chapter 2.3.1) indicate that for the area of energy efficiency investments, the typical required payback periods are in the range of a maximum of three to five years.

Public institutions - public procurement

In public procurement, efficiency requirements are defined by public procurement law and the Federal Budget Code. Public procurement law is implemented at European and national level. In addition, specific requirements may apply at the level of the federal states. The principle of economic efficiency (= best value for money) applies in particular to public procurement.

Figure III illustrates the decision-making phases and the role of efficiency requirements in public procurement.

figure III: Schematic decision-making process in public procurement and the effect of economic efficiency calculations and legal obligations



Source: Own illustration, Öko-Institut.

In public procurement, far-reaching possibilities are provided for taking environmental aspects into account when selecting a product or service. This is possible in all phases of a procurement process, from the definition of the object of procurement, the definition of technical specifications and award criteria to the implementation of the service. Explicitly, the consideration of life cycle costs and in this context also of external environmental costs is possible. However, specific requirements for the mandatory consideration of environmental aspects are in place only for a few procurement objects. On the one hand, the area is strongly regulated, but on the other hand contracting authorities have a great deal of freedom with regard to the specific aspects to be considered. Binding specifications exist for energy-consuming products and road vehicles, among others.

An essential method for the evaluation of services to be procured are so-called life cycle costs, taking into account not only the nominal price of a service, but if possible all associated costs. This includes costs for maintenance, consumables, replacement, disposal, etc. A decision based on low life cycle costs is often also a decision in favour of a more ecological product or service, since follow-up costs, e.g. for energy consumption, are also associated with environmental impacts.

Public procurement law also explicitly provides for the possibility of taking external (societal) environmental costs into account in the award decision. For the procurement of road vehicles, this is prescribed by EU procurement law. However, it is left open whether this is done by monetising the external environmental costs or by other appropriate consideration of the relevant environmental impacts. For all other procurement services, the consideration of monetised external environmental costs is neither prescribed nor supported by corresponding tools in the application.

The tools provided in Germany for public procurement as templates for the consideration and calculation of life cycle costs have so far included important direct costs associated with a service to be procured.

Barriers and reform approaches

An analysis of actors and several exemplary case-study assessments of investment decisions show that investments that support environmental protection are characterised by a wide variety of barriers. Major barriers are closely related to the economic calculations of investors. Furthermore, 'economic efficiency requirements' introduced in the regulatory framework can act as important barriers.

In order to rethink economic efficiency and put it at the service of environmental protection, the barriers are examined more closely and solutions for reforming the regulatory framework are proposed. A differentiation is made between barriers and reform approaches in i) decisions and economic efficiency calculations of private actors, ii) economic efficiency requirements in environmental standard setting and iii) decisions and economic efficiency requirements for government expenditure.

Economic profitability calculations in investment decisions by private actors

1. A lack of transparency and bias due to the methodology that is used for economic assessment of options for investments can lead private actors to believe that environmental investments are not profitable.

The obstacle can be addressed by expanding or specifying DIN EN ISO 50001 (energy

management) with regard to the implementation of profitability calculations. The environmental effects of different types of economic efficiency/investment calculations should also be adequately considered in curricula in order to enable more professionals to perform transparent and undistorted calculations in the medium term. In the case of private investments, alternative financing models and the promotion of contracting models can help to make the "perceived economic efficiency" more environmentally sound.

2. Companies and households do not sufficiently take life-cycle-costs into account when planning investments. In companies, a decisive criterion in investment calculations is the payback period (i.e. the period of time within which the capital tied up in an investment is recovered). With payback periods of three to five years common to many business investment decisions, many projects that are economically viable and have an environmental benefit are not implemented.

The obstacle can be addressed by providing households and companies with information on the benefits and implementation of life cycle cost analyses, subsidising corresponding consultations or making life cycle costs transparent through information measures (including labels). Other reform approaches include improved knowledge transfer, stronger incentives and obligations to introduce environmental and energy management systems, as well as a commitment by Germany to ensure that life cycle costs are given greater consideration in international standards.

3. Companies do not sufficiently consider environment-related risks - and in particular external (environmental) costs - in traditional financial planning and reporting. As a result, investments in environmental protection are less profitable from a micro-economic perspective than they are from a macroeconomic perspective and are carried out less and/or with lower ambition.

This barrier could be reduced if, within the framework of the EU's Sustainable Finance Strategy and the revision of the European CSR Directive, by establishing a standardised procedure for estimating external environmental costs of corporate activities. On the other hand, a key lever would be the internalisation of environmental costs (e.g. through an ambitious CO₂ price, stringent liability regulations, but also regulatory approaches.

4. Many investment decisions are made primarily on the basis of costs. However, benefits (for the environment) are not taken into account, or not to an appropriate extent. Quantifiable and measurable benefits such as the improvement of air quality by reducing air pollutant emissions, positive employment effects, but also non-measurable or non-quantifiable benefits such as well-being and health can be important "co-benefits" of an investment. Their consideration in the context of profitability calculations can increase the profitability of investments in favour of environmental protection and thus help them to achieve a breakthrough.

The barrier can be tackled on the one hand by anchoring (environmental) benefit aspects of entrepreneurial (investment) decisions more firmly in university curricula, including MBA programmes, and executive training. In addition, the environmental benefits of corporate decisions can also be given greater weight if companies' environmental impacts are made transparent within the framework of statutory reporting obligations (revision of the CSR Directive). Environmental due diligence requirements in the context of a supply chain law also help companies to give higher

weight to the environmental benefits of their supply chain management decisions compared to possible costs.

5. Dynamic incentive effects and path dependencies are usually insufficiently taken into account in economic efficiency calculations. When investment options are compared, preference is usually given to (known, established) technologies that perform better from today's perspective according to the selected economic efficiency calculation. Investments in less established, innovative technologies, which may only yield a return over a longer period of time and after further development and corresponding market maturity, are excluded. Furthermore, learning effect through which the full productivity of a technology only unfolds over time are not taken into account. This can prevent further technical progress and create lock-in effects (e.g. in fossil technologies).

The barrier requires an explicit consideration of innovation-oriented and future-oriented investments in economic calculations. Policymakers can support this within the framework of funding programmes, which can take into account aspects such as innovativeness, potential economies of scale, spill-over effects, competitiveness, future tightening of political savings targets, standards, etc. Long-term policy targets and requirements from the public sector can also change the planning horizons of companies, in such a way that dynamic effects are introduced into their profitability calculations (e.g. through dynamic, tightening requirements for shares of alternative technologies/fuels, dynamic limit values, sudden tightening of standards oriented to investment cycles).

Cost-effectiveness requirements in the context of environmentally relevant minimum standards

1. Minimum standards that are set on the basis of micro-economic principles are often not compatible with the environmental policy goals that the minimum standards are addressing. In order to achieve minimum standards that are compatible with the goals, the application of economic efficiency requirements has to be limited to such options that are compatible with the achievement of the goal.

The insufficient consideration of environmental costs in the economic efficiency calculation for setting environmentally relevant minimum standards means that the ambition level of the standards does not reflect the optimal or required level from an environmental perspective. This obstacle can be addressed by explicitly including environmental costs in the calculations.

2. Another key barrier is the scope of interpretation of the economic efficiency requirements. In the German buildings energy legislation, for example, the cost-effectiveness principle is applied for comparing the current standard to potential new requirements. This deviates from the requirement formulated in the law that the necessary expenditure can be generated within the usual useful life through the savings that occur. The interpretation leads to less ambitious standards being set, especially when costs of carbon or other environmental costs are taken into account. The barrier can be addressed by interpreting the concept of economic efficiency in such a way that the most ambitious standards possible are set.
3. The availability of subsidies, which has a positive effect on the economic viability of environmentally relevant investments for investors, is not taken into account in the calculations. For example, the EU Energy Performance of Buildings Directive in principle

foresees the inclusion of environmental cost in the calculations. However, it is not mandatory and Germany, for example, does not include them. The barrier can be addressed by including existing funding opportunities in the calculations. There should be a legal entitlement to funding and there is a need to allow for the combination of legal requirements and funding.

Cost-effectiveness requirements in the context of public expenditure

1. The type of economic efficiency or investment calculation to be used is partly prescribed for public investments. Nevertheless, a lack of transparency and bias due to the type of economic/investment calculation can lead to environmental investments not appearing profitable, even in the case of public investments. In order to overcome this obstacle, the type of investment calculation to be used should be precisely defined in the context of state investment (and procurement) activities (cf. § 13 III 1 of the Climate Change Act). Specifications on the assumptions to be used should also be made and continuously updated. In the case of quantitative calculation methods, these specifications should be defined, e.g. the discount rates, lifetimes or useful lives and, if external costs are taken into account, the damage costs. In the case of qualitative or multi-criteria approaches, specifications should be provided for the criteria and their weighting.
2. The consideration of life cycle costs is generally provided for in the context of public procurement law (see below), but is only mandatory for a few procurement objects. However, more than 50% of public procurement bodies in Germany rarely or never take life cycle costs into account. The central cause is the uncertainty of procurers to make mistakes in the calculation of life cycle costs and thus to make the procurement decision legally contestable. The obstacle can be addressed by making the possibility of taking life cycle costs into account in procurement procedures, as laid down in public procurement law, mandatory for all procurement items.
3. Environmental costs are often insufficiently taken into account in economic efficiency calculations in public procurement. The barrier can be addressed in different ways. On the one hand, the UBA methodological convention, defining environmental damage costs, could be extended to other environmental impacts, as well as to explicitly consider environmental externalities in the respective guidelines of the Federal Ministry of Finance (BMF 2019). In addition, training programmes for public procurement agencies as well as decision-makers and relevant employees in the administration should be supplemented with offers to consider environmental costs in procurement processes. More fundamentally, environmentally friendly investments and procurement would be promoted if it were made mandatory in environmental regulatory law that environmental costs were to be taken into account in the specification of economic efficiency requirements. The approach could build upon the regulations of procurement law or the Federal Climate Change Act.
4. Government spending is sometimes not (sufficiently) aligned with environmental policy objectives. This is particularly true when economic efficiency calculations for government spending do not take environmental goals into account as a binding guideline for their actions. The barrier can be addressed by setting concrete and verifiable climate and environmental targets for administrations in their area of responsibility. Permanent or temporary additional costs for the public sector when undertaking environmentally friendly investment and procurement decisions should already be taken into account in budgetary planning.

1 Hintergrund und Ziele

Die derzeit vorherrschenden Konsum- und Produktionsweisen sind nicht nachhaltig (EEA 2015, 2017; UBA 2017; UNEP 2019). Um die Lebensgrundlage auch für zukünftige Generationen zu erhalten, muss der Verbrauch von Energie und Rohstoffen, die Flächeninanspruchnahme sowie der Verlust an Biodiversität und die Emissionen und Abfälle in Wasser, Boden und Luft auf ein nachhaltiges Maß beschränkt werden, damit planetare Belastungsgrenzen nicht überschritten werden (Rockström et al. 2009; Steffen et al. 2015). Die Notwendigkeit der Berücksichtigung der Rechte zukünftiger Generationen bei der Ausgestaltung von umweltpolitischen Instrumenten zeigt sich deutlich im Beschluss des Bundesverfassungsgerichts zu den Verfassungsbeschwerden gegen das Bundes-Klimaschutzkonzept¹. Dieser erklärt die zum Zeitpunkt des Beschlusses geltende Fassung des Bundes-Klimaschutzgesetzes als unzulässig, da keine über das Jahr 2030 hinausgehende Minderungspfade festgeschrieben waren. Von einer Verschiebung von erforderlichen Minderungen an Treibhausgasemissionen auf den Zeitraum nach 2030 ist laut der Begründung zum Beschluss des Bundesverfassungsgerichts "praktisch jegliche Freiheit potenziell betroffen, weil noch nahezu alle Bereiche menschlichen Lebens mit der Emission von Treibhausgasen verbunden und damit nach 2030 von drastischen Einschränkungen bedroht sind"².

Die derzeitigen Konsum- und Produktionsmuster sind geprägt von Investitions- und Kaufentscheidungen einzelner Wirtschaftsakteurinnen und Wirtschaftsakteure. In ihren Entscheidungen berücksichtigen die Akteurinnen und Akteure in der Regel nicht die gesellschaftliche Wohlfahrt, sondern eine einzelwirtschaftliche, oftmals kurzfristige und/oder partikulare Perspektive. Praktisch alle Kauf- und Investitionsentscheidungen haben umweltrelevante Wirkungen – nicht nur explizite „Umweltschutzinvestitionen“, die auf Umweltentlastungen abzielen. Aus der Sicht der (öffentlichen und privaten) Träger von Investitionsentscheidungen stehen in der Investitionsplanung jedoch in der Regel die monetären Wirkungen von Investitionen gegenüber nicht-monetären Wirkungen (z. B. auf Qualität, aber auch auf die Umwelt) im Vordergrund (Friedemann 1998; Bach et al. 2001; König 2014). Da die Kosten für Umweltschäden nicht oder nur unzureichend internalisiert sind, führt die einzelwirtschaftliche Betrachtung zu einer Überinanspruchnahme von natürlichen Ressourcen und Senken.

Auch rechtliche und nicht-rechtliche Wirtschaftlichkeitsgebote beziehen Umweltkosten teilweise nicht ausreichend ein, wenn sie Auflagen zur Verbesserung der ökologischen Performanz (z. B. im Klimaschutz, Produktdesign etc.) an die einzelwirtschaftliche Wirtschaftlichkeit dieser Verbesserungen koppeln. So erfordert beispielsweise das Gebäudeenergiegesetz (GEG), dass Anforderungen an die Energieeinsparung im Gebäudesektor „wirtschaftlich vertretbar“ sein müssen (§ 5 GEG). Als vertretbar gelten solche Investitionen, die innerhalb der üblichen bzw. noch zu erwartenden Nutzungsdauer eines Gebäudes durch die eintretenden Einsparungen erwirtschaftet werden können. Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) kritisierte bereits in seinem Gutachten 2008, dass diese Regelung die externen Kosten des Energieverbrauchs ignoriere und angesichts der sich verschärfenden Klimaproblematik auf eine stärkere Kosteninternalisierung hingewirkt werden solle³ (SRU 2008, Rn. 139).

Die Umweltpolitik hat die Aufgabe, der Überinanspruchnahme von natürlichen Ressourcen entgegenzuwirken. Dabei kann sie verschiedene Mechanismen nutzen, um die Entscheidungen der relevanten Wirtschaftsakteurinnen und Wirtschaftsakteure zu beeinflussen:

¹ BVerfG, Beschluss des Ersten Senats vom 24. März 2021 - 1 BvR 2656/18 -, Rn. 1-270, http://www.bverfg.de/e/rs20210324_1bvr265618.html.

² <https://www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2021/bvg21-031.html>.

³ Die Kritik bezog sich auf das Wirtschaftlichkeitsgebot im damals geltenden Energieeinsparungsgesetz (EnEG), das die Grundlage für die Energieeinsparverordnung (EnEV) bildete. Im Jahr 2020 wurden EnEV, EnEG und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) durch das GEG abgelöst.

- ▶ Durch ordnungsrechtliche Maßnahmen kann der Entscheidungsraum der Wirtschaftsakteurinnen und Wirtschaftsakteure eingegrenzt werden, in dem dieser durch Vorgaben oder Mindestanforderungen beschränkt wird.
- ▶ Neben ordnungsrechtlichen Maßnahmen kann die Umweltpolitik durch Anreizinstrumente das Gefüge aus Kosten und Nutzen beeinflussen. Einerseits können Fördermaßnahmen die Kosten für umweltfreundliche Technologien aus Sicht des Entscheiders senken. Andererseits können durch Steuern und Abgaben und den Abbau umweltschädlicher Subventionen die externen Kosten der Umweltverschmutzung, des Ressourcenverbrauchs und der Beeinträchtigung des Naturkapitals verursachergerecht eingepreist werden und somit Anreize für eine nachhaltigere Ausrichtung von Investitionen gesetzt werden.

Die Umweltpolitik kann die Entscheidungsprozesse im Vorfeld von Investitionen beeinflussen, indem durch die Bereitstellung von Information und formalisierten Entscheidungsprozessen (z. B. Umweltmanagementsysteme) umweltrelevante Aspekte in den Fokus gerückt werden, oder durch Bereitstellung von Infrastrukturen ökologische Entscheidungen erleichtert werden.

In Anbetracht der zu beobachtenden Überinanspruchnahme natürlicher Ressourcen wird deutlich, dass der derzeitige Ordnungsrahmen nicht ausreicht, die notwendigen Veränderungen hervorzurufen, um einen nachhaltigen Transformationspfad zu gewährleisten. Beispielsweise bestehen im Bereich der Klimapolitik sowohl auf nationaler Ebene im Rahmen des Bundes-Klimaschutzgesetzes als auch auf EU-Ebene im Rahmen des Green Deal ambitionierte Ziele, deren Erreichen nur unter einem umfassenden Umbau der Wirtschaft möglich ist.

Im Kontext der Umgestaltung des Ordnungsrahmens muss auch der Begriff der Wirtschaftlichkeit auf den Prüfstand gestellt werden. Dies ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn in umweltpolitischen Regularien einzelwirtschaftliche Wirtschaftlichkeitsgebote zum Einsatz kommen.

In diesem Sinne soll in diesem Vorhaben der jetzige Ordnungsrahmen auf den Prüfstand gestellt werden, Investitionsentscheidungen von Akteurinnen und Akteuren besser verstanden und Ansätze und Vorschläge entwickelt werden, um Wirtschaftlichkeit neu und vor allem im Dienste des Umweltschutzes zu denken.

Das Vorhaben setzt sich zwei wesentliche Zielstellungen, um Wirtschaftlichkeit neu zu denken und in den Dienst des Umweltschutzes zu stellen. Zum einen sollen Analysen helfen, das **Verständnis für Entscheidungskalküle und -verhalten** von Akteurinnen und Akteuren zu verbessern. Die Akteurinnen und Akteure reichen dabei von privaten Haushalten über Unternehmen bis zur öffentlichen Hand, die je unterschiedliche Rationalitäten anlegen, um Entscheidungen über Investitionen, Beschaffung oder Käufe zu treffen. Der Fokus liegt dabei auf Entscheidungen für umweltverträgliche Produkte und Dienstleistungen, die oftmals von höheren Anfangsinvestitionen geprägt sind und erst über die Zeit (und in manchen Fällen an ganz anderen Orten) Wirkungen und Einsparungen gegenüber „konventionellen“ Alternativen erzielen. Typische Herausforderungen für umweltverträgliche Investitionen sollen identifiziert werden. Zum anderen soll auch der bestehende Ordnungsrahmen mit seinen expliziten oder impliziten **Wirtschaftlichkeitsgrundsätzen und Wirtschaftlichkeitsgeboten** auf den Prüfstand gestellt werden.

Basierend auf diesem Verständnissgewinn werden methodisch-konzeptionelle Ansätze entwickelt, die Entscheidungen hin zu umweltrelevanten Investitionen begünstigen. Diese Ansätze berücksichtigen rechtliche, organisatorische, sektor- und akteursspezifische Faktoren, die kurz- und langfristige Entscheidungen beeinflussen. Aus diesen Ansätzen heraus werden konkrete Vorschläge abgeleitet, wie Wirtschaftlichkeitskalküle zugunsten des Umweltschutzes

und der Ressourcenplanung verändert werden können, besonders durch die Weiterentwicklung von Wirtschaftlichkeitsgeboten in umweltpolitischen Instrumenten und im rechtlichen Rahmen.

In Kapitel 2 erfolgt eine Analyse der Entscheidungskontexte und -kalküle der verschiedenen betrachteten Akteursgruppen (Haushalte, Unternehmen und öffentliche Einrichtungen). Kapitel 3 betrachtet Hemmnisse für die Verbreitung von Investitionen mit Nutzen für die Umwelt, die sich im Zusammenhang mit Wirtschaftlichkeitskalkülen und Wirtschaftlichkeitsgeboten. In Kapitel 0 werden die Hemmnisse und Lösungsvorschläge zusammenfassend bewertet. Die Analysen werden gestützt durch vertiefende Untersuchungen ausgewählter Anwendungsfälle, deren Ergebnisse im Anhang dargestellt sind.

2 Wirtschaftlichkeitskalküle und Einfluss des Ordnungsrahmens

Der staatliche Ordnungsrahmen beeinflusst Wirtschaftlichkeitskalküle unterschiedlicher Akteurinnen und Akteure – Haushalte, Unternehmen, staatliche Einrichtungen – in unterschiedlicher Art und Weise. Speziell für öffentliche Investitionen gilt der haushaltsrechtliche Grundsatz der Wirtschaftlichkeit (auch „Wirtschaftlichkeitsgebot“ genannt). So verpflichtet das Haushaltsgrundsätzegesetz (HGrG) Bund und Länder, „[b]ei Aufstellung und Ausführung des Haushaltsplans ... Grundsätze der Wirtschaftlichkeit und Sparsamkeit zu beachten“ (§ 6 Abs. 1 des HGrG). Entsprechend ist das Wirtschaftlichkeitsgebot in der Bundeshaushaltsordnung (BHO) und den Landeshaushaltsordnungen enthalten. Dem Wirtschaftlichkeitsgebot zufolge „ist die günstigste Relation zwischen dem verfolgten Zweck und den einzusetzenden Mitteln (Ressourcen) anzustreben“ (BMF 2019). Als Konsequenz aus dem Wirtschaftlichkeitsgebot müssen öffentliche Einrichtungen auf Bundes- und Länderebene bei haushaltswirksamen Maßnahmen Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen durchführen. Für solche Untersuchungen existieren wiederum behördliche Arbeitsanleitungen (z. B. BMF 2019). Kommunen sind verpflichtet, bei Investitionen ab einer bestimmten Größenordnung Wirtschaftlichkeitsvergleiche durchzuführen (Mühlenkamp 2011).

Nicht zuletzt unterliegt auch der Erlass einiger ordnungsrechtlicher Regularien (z. B. Energieeffizienzstandards) einem Wirtschaftlichkeitsgebot. In diesem Falle bindet sich der Gesetzgeber selbst, Anforderungen so auszugestalten, dass die Durchführung von Maßnahmen zu ihrer Einhaltung für die Normadressaten wirtschaftlich vertretbar ist. Wirtschaftlichkeitsgebote stellen hier „eine eigentumsrechtlich begründete (Kosten-)Grenze dar, die weitergehende Anforderungen an den ... [Umweltschutz] durch strengere Vorschriften ... erschwert“ (Halbig und Antoni 2018). Im Umweltrecht bzw. in umweltrelevanten Rechtsmaterien existieren einige entsprechende Wirtschaftlichkeitsgebote, insbesondere im Gebäudeenergiegesetz. Wegen ihrer Bedeutung für umweltrelevante Investitionen werden diese Wirtschaftlichkeitsgebote in diesem Bericht vertieft betrachtet.

2.1 Einleitung in die volkswirtschaftliche Vorgehensweise

Umweltrelevante Entscheidungen sind geprägt durch das Vorhandensein von externen Kosten oder negativen externen Effekten, d. h. derjenige, der Kosten (z. B. Umweltschäden) hervorruft, wird nicht mit diesen belastet. In der Wirtschaft kommt es zu einem Marktversagen, da die Verursachenden bei ihrer ökonomischen Entscheidung nicht die gesamten internen und externen Kosten, etwa Umweltkosten, in das ökonomische Entscheidungskalkül einbeziehen.

Um eine Übernutzung der natürlichen Umwelt zu vermeiden, sind staatliche Eingriffe erforderlich. Diese beinhalten u. a. ordnungsrechtliche Vorgaben, finanzielle Anreize (z. B. Förderung für einzelne Technologien) und markt-basierte Instrumente (z. B. Emissionsrechte, CO₂-Bepreisung).

Bei der ökonomischen Betrachtung von umweltrelevanten Entscheidungen ist zunächst zu differenzieren zwischen Entscheidungen, bei denen die Wahl einer umweltverträglicheren Investitionsoption zudem mit direkten positiven Effekten für den Entscheider verbunden ist und solchen Entscheidungen, bei denen sich ausschließlich ein positiver Nutzen für die Gesellschaft ergibt

Entscheidungen zur Nutzung von energieeffizienten Technologien stellen ein Beispiel für solche Entscheidungen dar, bei denen sich neben dem gesamtgesellschaftlichen Nutzen durch vermiedene CO₂-Emissionen auch ein direkter Nutzen für den Investor in Form von eingesparten

Energiekosten ergibt. In den folgenden Abschnitten werden die mikroökonomischen Grundlagen der Entscheidungssituation am Beispiel der Energieeffizienz aufgezeigt. Analog lassen sich diese Erklärungen auf andere umweltschonende Investitionen übertragen. Die folgende Darstellung basiert auf Energieeffizienz als Beispiel, nimmt aber an den entsprechenden Stellen Bezug auf andere Maßnahmen.

Fallbeispiel Energieeffizienz

Das Energy Efficiency First Paradigma der EU-Kommission (Europäische Kommission, 2019) verdeutlicht sehr klar, dass große Anstrengungen beim Ausbau erneuerbarer Energien allein nicht ausreichen, um das Energiesystem zu dekarbonisieren. Energieeffizienz spielt in allen Sektoren von privaten Haushalten, über Industrie, bis hin zu öffentlichen Auftraggebern und dem Transportsektor eine entscheidende Rolle. Energieeffiziente Technologien sind in vielen Fällen verfügbar und auch wirtschaftlich und doch lässt sich eine mangelnde Investitionsbereitschaft erkennen. Das Ergebnis ist eine in volkswirtschaftlicher Logik ineffiziente Marktdurchdringung der energieeffizienten Technologien. Dieser Effekt wird als „Energy Efficiency Gap“ in der Literatur weit diskutiert (vgl. z. B. (Hirst und Brown 1990; Gerarden et al. 2017; Gillingham und Palmer 2014; Koopmans und te Velde 2001). Im Folgenden sollen verschiedene Erklärungsansätze dargelegt werden, die die Existenz dieses Effektes erklären.

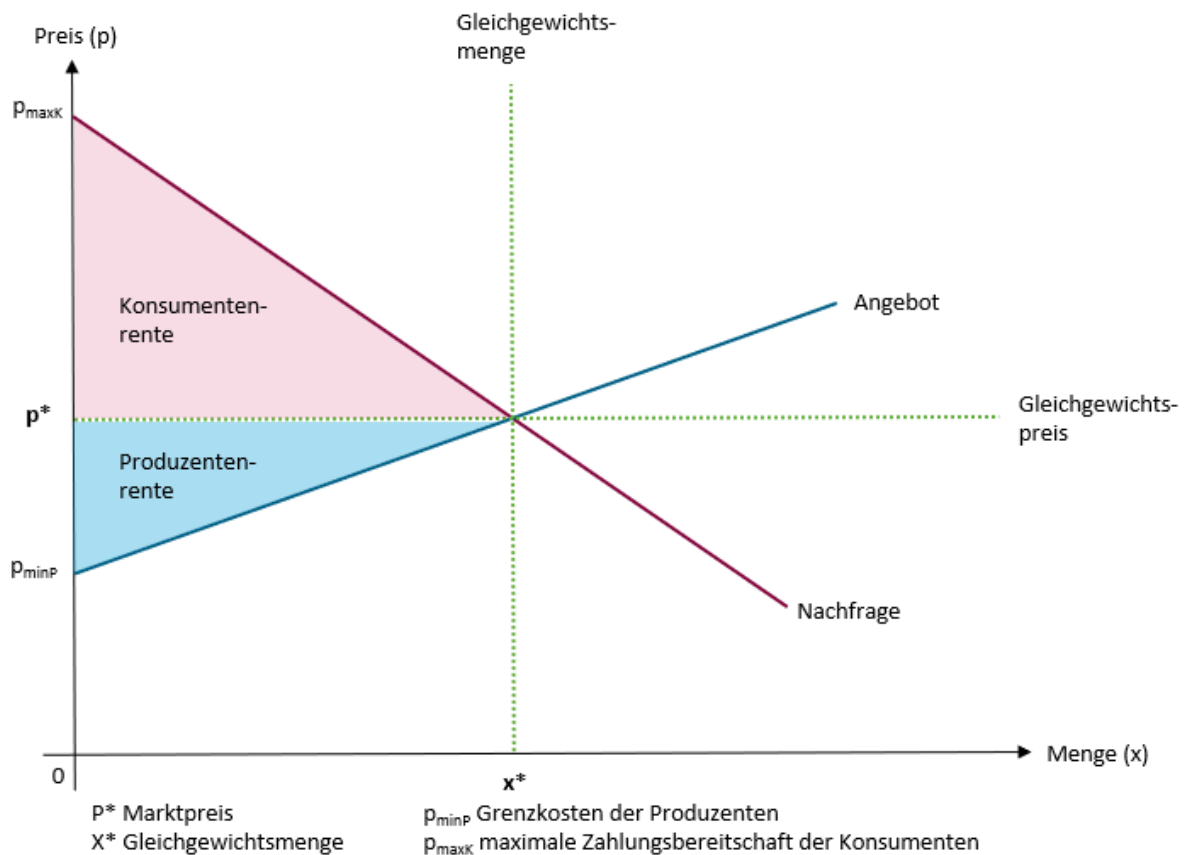
Mikroökonomische Grundlagen

In einem sogenannten perfekten Markt mit vollständigen Informationen geht die neoklassische Ökonomik davon aus, dass Angebot und Nachfrage ein Marktgleichgewicht herstellen. In diesem Marktgleichgewicht wird die Summe aus Produzentenrente und Konsumentenrente maximiert. Eine sich so einstellende Menge des Gutes x wird als ökonomisch effizient bezeichnet. In diesem Abschnitt sollte nicht das Konzept der ökonomischen Effizienz mit der (technischen) Energieeffizienz verwechselt werden.

Die Konsumentenrente eines einzelnen Konsumenten* einer einzelnen Konsumentin ist die Differenz zwischen dem tatsächlichen Marktpreis (p^*) und dem Preis, den der*die Konsument*in maximal zu bezahlen bereit gewesen wäre ($p_{\max K}$). Die Produzentenrente einer einzelnen verkauften Einheit stellt die Differenz zwischen dem Marktpreis (p^*) und den Grenzkosten dar, die der*die Produzent*in erwirtschaften muss, um keinen Verlust beim Verkauf zu machen ($p_{\min P}$) (Mankiw und Taylor 2016). Die markierten Flächen in Abbildung 1 sind die aufaddierten Produzenten- und Konsumentenrenten über alle Einheiten, die alle Konsumentinnen und Konsumenten im Marktgleichgewicht nachfragen. Das ist die Gleichgewichtsmenge (x^*).

Der Energy Efficiency Gap beschreibt eine mangelnde und ökonomisch ineffizient geringe Nachfrage nach energieeffizienten Technologien. Für diese Frage ist daher die Betrachtung der Nachfragekurve von Belang. Bei perfekten Informationen und ohne Hemmnisse bzw. ohne begünstigende Faktoren, die in den folgenden Abschnitten detailliert beschrieben werden, sollte das Produkt zu demjenigen Preis nachgefragt werden, bei dem die erwarteten und über den Nutzungszeitraum abgezinsten Energiekosteneinsparungen höher sind, als der zu bezahlende Preis für die energieeffiziente Technologie. Im Folgenden soll daher die Nachfrage nach einem Energieeffizienzprodukt exemplarisch betrachtet werden. Die Darstellung folgt dabei Koopmans und te Velde (2001).

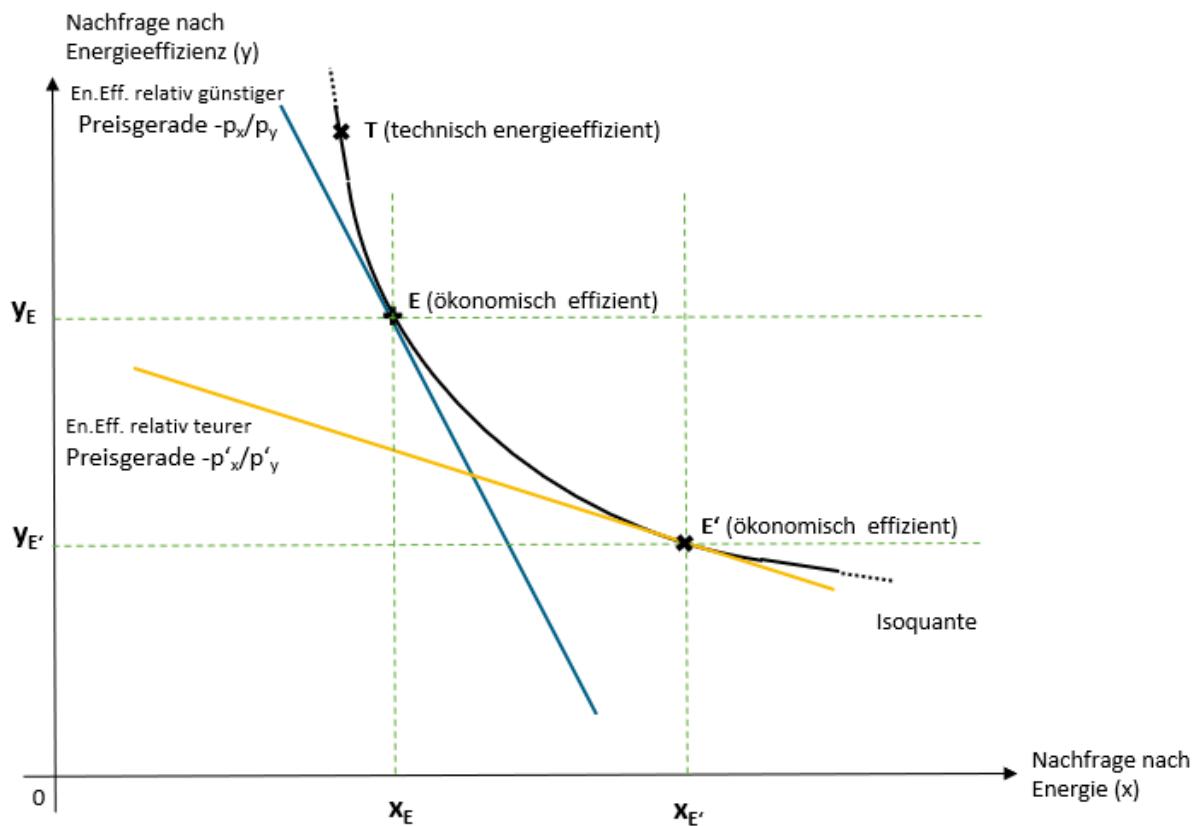
Abbildung 1: Marktgleichgewicht Angebot und Nachfrage



Quelle: Eigene Darstellung, Fraunhofer ISI.

Für die Bestimmung der Nachfrage eines einzelnen Nachfragenden wird ein Entscheidungskalkül anhand einer Isoquante dargestellt. Sie stellt Nachfragekombinationen dar, die dieselbe Energiedienstleistung bereitstellen. Die Entscheidung für den Nachfragenden besteht zwischen der Nachfrage nach Energie (Gut x) und der Nachfrage nach einer Verbesserung von Technologien hin zu mehr Energieeffizienz (Gut y). Jeder Punkt im x-y-Raum ist somit eine technologische Ausrichtung des Systems. In der konzeptionellen Darstellung sind Ausrichtungen auch in y-Richtung (Veränderungen der Energieeffizienz) als Kontinuum angelegt. In der Realität wäre die Kurve sehr technologiespezifisch und es wären nur größere Schritte (z. B. low hanging fruit) oder kleinere Schritte (kleine systemische Optimierungen) möglich. Abbildung 2 stellt dieses Entscheidungskalkül dar. Sie enthält auch Preisgeraden, für die jeweils gilt, dass jeder Punkt auf der Geraden dieselben aus Energie und Energieeffizienz zusammengesetzten Gesamtkosten für den Konsumenten*die Konsumentin darstellen. Eine ökonomisch effiziente Technologie ist der Tangentialpunkt der Isoquante und einer Preisgeraden. Eine Preisgerade stellt das negative Preisverhältnis zwischen dem Preis von Energie und dem Preis von Energieeffizienz dar.

Abbildung 2: Entscheidungskalkül Nachfragende einer Energiedienstleistung



Quelle: Eigene Darstellung nach Koopmans und te Velde (2001).

Das Ziel des Nachfragenden ist es, bei gegebenem Budget (Punkt auf der Preisgeraden) eine möglichst hoch (rechts oben) liegende Isoquante zu erreichen. Denn je weiter rechts oben die Isoquante liegt, desto größer ist die Energiedienstleistung. Die höchste so erreichbare Isoquante ist daher diejenige, die die Preisgerade in Punkt E (wenn Energieeffizienz relativ zu Energie günstig ist) bzw. E' (wenn Energieeffizienz relativ zu Energie teuer ist) genau tangiert. Auf dieser Isoquante wäre die energieeffizienteste Technik jedoch in Punkt T gegeben. Hier wird am meisten Energieeffizienztechnik (y) und am wenigsten Energie (x) benötigt. Energieeffizienztechnologie und Energieeinsatz sind nicht unbegrenzt substituierbar, denn ohne Einsatz von Geld für Technologie (y-Richtung) oder Energie (x-Richtung) ist keine Produktion möglich. Die Isoquante nähert sich daher an beiden Enden maximal den Achsen an, schneidet sie aber niemals. Bei den beiden gegebenen Preisgeraden ist der Punkt T nicht ökonomisch effizient erreichbar. Wird Energie relativ zur Energieeffizienz teurer, so wird die Gerade steiler (blaue Preisgerade) und bildet das Gleichgewicht in diesem Beispiel an Punkt E. Wird Energieeffizienz relativ zur Energie teurer, so wird sie flacher (gelbe Preisgerade) mit Gleichgewicht in Punkt E'. In Abbildung 2 nicht darstellbar ist die intertemporale Komponente des Entscheidungskalküls zwischen Energieeffizienz und Energiekosten. Da Kosten für Energieeffizienz zu einem bestimmten Zeitpunkt anfallen und die Energiekosteneinsparungen danach über die Zeit entstehen, kommt ein Diskontfaktor, also ein impliziter Zinssatz (Kalkulationszinssatz bzw. Diskontzinssatz) in der Investitionsrechnung zum Einsatz. Liegt dieser Diskontzinssatz sehr hoch, so wird die Energieeffizienz relativ zur Energie teurer. In der Abbildung 2 könnte die relative Preisveränderung hin zum Gleichgewicht E' zum Beispiel auch aus einem hohen Zinssatz resultieren. Liegt der Diskontzinssatz hingegen niedrig, so wird Energieeffizienz relativ zur Energie günstiger. Unter der Prämisse, dass ein bei gleichbleibender Energiedienstleistung möglichst geringer Energieverbrauch, etwa zur Erreichung von Klimazielen, politisch angestrebt

wird und die jeweiligen Energieeffizienztechnologien keine stärkeren negativen Auswirkungen in anderen Bereichen (etwa Schadstoffe) bedingen, sollte das Ziel von Politikmaßnahmen sein, dass Energieeffizienz in dem subjektiven Entscheidungskalkül der Nachfrage relativ zur Energie möglichst günstig ist.

Dabei spielt der Diskontzinssatz in diesem Modell eine entscheidende Rolle. Er kann viele Faktoren enthalten. Einerseits den tatsächlichen Marktzins, zu dem ein Kredit für die Investition aufgenommen werden kann bzw. zu dem das Geld in einer alternativen Investition angelegt werden kann. Andererseits können daneben aber auch Unsicherheiten über die Energiepreisentwicklung oder die Performance der energieeffizienten Technologie oder andere Hemmnisse in Form von Transaktionskosten oder versteckten Kosten einfließen. An dieser Stelle setzt die Hemmnisanalyse der folgenden Abschnitte an, die einen nach oben verzerrten Diskontzinssatz erklärt.

Verallgemeinerung des Beispiels für Umweltschutzinvestitionen

Dieselbe Logik lässt sich auch auf andere umweltschonende Investitionen anwenden. So kann das Gut y (bisher Nachfrage nach Energieeffizienz) aus Abbildung 2 auch als „Nachfrage nach umweltschonenden Technologien“ definiert werden. Das Gut x (bisher Nachfrage nach Energie) wäre ein entsprechend zugeordneter monetärer Wert. Spart die Investition beispielsweise Inputressourcen ein, so wäre x definiert als „Nachfrage nach Inputressourcen“. Für das Modell ist es nötig, allen Ergebnissen einer Investition einen monetären Wert zuzuordnen. Wenn keine direkte monetäre Wirkung eintritt, etwa geringere Energiekosten, so lässt sich das Gut x (bisher Energiekosten) auch als zum Beispiel „Verluste durch schlechteres Image“ oder „Verluste durch geringere Qualität der Umwelt mit Auswirkungen auf Produktion und Lebensqualität der Stakeholder“ beschreiben.

Ökonomische Erklärungsansätze des Energy Efficiency Gap bzw. zu geringer Umweltschutzinvestitionen

Die ökonomischen Erklärungsansätze für den Energy Efficiency Gap und parallel dazu zu ausbleibenden anderen umweltschonenden Investitionen lassen sich grob in zwei Kategorien einteilen: Marktversagen und verhaltensökonomische Aspekte.

Unvollständige Informationen: Nachfragende haben Unsicherheiten bezüglich der zu erwartenden Einsparungen oder Verbesserungen. Die Unsicherheitsfaktoren umfassen dabei insbesondere Erwartungen zu zukünftigen Energiepreisen und dem Energieverbrauch sowie versteckte Kosten und Unsicherheiten über die tatsächlichen Einsparungen der neuen Technologie (Anderson et al. 2011; Anderson und Newell 2004; Attari et al. 2010). Laut Anderson und Newell (2004) ist das Risiko, das von diesen unvollständigen Informationen ausgeht, einer der wichtigsten Gründe, warum sogar in Energieaudits empfohlene Maßnahmen nicht durchgeführt werden.

Principal-Agent Probleme: Der klassische Fall eines Principal-Agent-Problems ist das Verhältnis von Hausbesitzenden und nutzendem Mietenden. Darin entscheidet eine Partei über eine Investition in Energieeffizienz, aber eine andere Partei profitiert davon (Davis 2012). Dieser Fall würde für den Hausbesitzenden Energiekosten (Gut x) von null bzw. über Mietausfälle wegen mangelnder Sanierung evtl. einen Wert größer als 0 bedeuten. In den meisten Fällen bleibt dieser Wert aber eindeutig unter den Energiekosteneinsparungen, die dem Mietenden zugutekommen. Die Kosten von Energieeffizienz sind daher aus Sicht des Vermietenden relativ zu dem anderen Gut (hier: Mietausfall) höher, was zu einer Nachfrage nach Energieeffizienz führt, die unter dem sozialen Optimum, bei dem die Gesamtwohlfahrt (Summe der Nutzen aller Marktteilnehmenden) maximal ist, liegt. Der Vermietende investiert weniger, weil die der Wohlfahrtsge-
winn größtenteils dem Mietenden zukommt.

Finanzierungsengpässe: Die bei unvollständigen Informationen erwähnten Unsicherheiten können sich auch auf die Ebene der Projektfinanzierung auswirken. So kann etwa ein Unternehmen durch ausführliche Analysen die Unsicherheiten für die eigene Entscheidung weitgehend ausgeräumt haben. Es können aber Schwierigkeiten dabei entstehen, dies auch gegenüber einer Finanzinstitution glaubhaft zu versichern. Eine nicht-optimale Finanzierung, wie bspw. zu hohe Zinssätze, kann somit die relativen Kosten von energieeffizienten oder umweltschonenden Investitionen erhöhen (EEFIG, 2015).

Learning-by-doing: Die volle Produktivität einer Anlage entsteht häufig im Laufe der Zeit über learning-by-doing Prozesse bei den Bedienern. Dies kann das Risiko von einer geringeren Kapitalproduktivität einer neuen Anlage mit sich bringen. Ebenso haben solche Lernprozesse oft Spill-Over-Effekte auf andere Marktteilnehmende, etwa auf Konkurrenzunternehmen. Es besteht daher ein Anreiz, nicht als erster die Investition zu tätigen, sondern auf andere zu warten, um von den Lernprozessen zu profitieren, ohne die anfänglichen Produktivitätseinbußen zu riskieren (Gillingham and Palmer 2014).

Selbstkontroll-Probleme: Für Umweltschutzinvestitionen relevante verhaltensbasierte Ansätze sind Selbstkontroll-Probleme. Darin ändern sich die Präferenzen im Laufe der Zeit. Während am Anfang einer Projektidee ein Enthusiasmus vorherrscht, der die Hemmnisse für den*die Entscheider*in subjektiv verringert, können sich diese Präferenzen, wenn die tatsächlichen detaillierten Investitionsentscheidungen bekannt sind ins Gegenteil verkehren. Der implizite Kalkulationszinssatz ist somit anfänglich sehr niedrig und wird später dann sehr hoch (Gillingham and Palmer 2014).

Verlust-Aversion: In diesem Konzept wiegt ein monetärer Verlust stärker negativ auf den Nutzen, als sich ein Gewinn positiv auswirkt. Die bisher erwähnten Risiken können auf Grund dieses Effektes noch verstärkt werden und Präferenzen gegen Investitionen in umweltschonende Technologien verzerren (Gillingham and Palmer 2014).

Kognitive Limitierungen: Investitionsentscheidungen sind oftmals sehr komplex und werden von vielen Faktoren beeinflusst. Begrenzte Aufmerksamkeit der Entscheider*innen führt aber dazu, dass nur ein Teil aller verfügbaren Informationen tatsächlich in die Entscheidungsfindung einfließen (Simon 1955). So haben Studien gezeigt, dass Konsumierende weniger oder nicht auf später addierte Mehrwertsteuer in den USA oder Versandkosten reagieren. Der reine Produktpreis ist dabei das ausschlaggebende Kriterium (Chetty et al. 2009; Hossain und Morgan 2006). Große Komplexität kann zudem das Ausweichen auf Heuristiken zur Entscheidungsfindung begünstigen (Gillingham et al. 2009). Heuristiken hängen stark mit der begrenzten Rationalität zusammen und weichen von der klassischen Nutzenmaximierung ab. Insbesondere zeigen Hartman et al. (1991), dass Akteurinnen und Akteure eine Präferenz für den Status Quo haben und daher Änderungen gegenüber zögerlich reagieren. Weiterhin werden Entscheidungen häufig über mehrere Stufen hinweg eingegrenzt. Auf jeder dieser Stufen untersuchen Analysen und Berechnungskalküle anhand verschiedener Faktoren (z.B. Kosten, Erträge, strategische Langfristperspektive, Außendarstellung oder Umweltschutz) die Entscheidungsoptionen. Es wird eine Anzahl von Entscheidungsmöglichkeiten zuerst anhand von wenigen Kriterien auf eine geringere Anzahl reduziert. Dieser Schritt kann mit anderen Kriterien mehrfach wiederholt werden. Schließlich wird zwischen der reduzierten Anzahl Entscheidungsmöglichkeiten genauer analysiert und entschieden (Tversky, 1972).

2.2 Private Haushalte (effiziente Gebäude)

Im Bereich der privaten Haushalte liegt der Schwerpunkt der Betrachtung auf investiven Maßnahmen zur Verbesserung der Umweltperformance von Gebäuden. Dies ist dadurch begründet,

dass – beispielsweise im Unterschied zu Konsumgütern – aufgrund der Höhe der Investitionen in diesem Handlungsfeld die Entscheidungen zumindest teilweise durch explizite Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen der Gebäudeeigentümer*innen gekennzeichnet sind. Zudem trägt der Gebäudebereich mit ca. 30 % zu den Emissionen in Deutschland bei.⁴

Der Energieverbrauch in Gebäuden wird maßgeblich durch die Bereitstellung von Warmwasser und Raumwärme bestimmt und hängt somit vom energetischen Zustand der Gebäudehülle und der Effizienz der Heizungsanlage ab. Die verursachten CO₂-Emissionen hängen zudem von der Art der Heizung ab (fossil, erneuerbar, hybrid).

Um die in einem bestehenden Gebäude verursachten THG-Emissionen durch technische Maßnahmen zu verringern, haben Gebäudeeigentümer zwei Möglichkeiten: 1) Die Durchführung von energetischen Modernisierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle und 2) Maßnahmen an der Anlagentechnik.

Da bei beiden genannten Handlungsmöglichkeiten neben CO₂-Emissionen auch Energiekosten eingespart werden, handelt es sich in der Regel um eine Entscheidungssituation, in der wirtschaftliche Erwägungen eine wichtige Rolle spielen.

2.2.1 Phasen der Entscheidung und Einfluss von Wirtschaftlichkeitsgeboten und -kalkülen

Die Entscheidung für energetische Sanierungsmaßnahmen in privaten Haushalten lässt sich in drei Phasen einteilen, in denen Wirtschaftlichkeitsgebote und Wirtschaftlichkeitskalküle eine unterschiedliche Rolle spielen (Übersicht siehe Abbildung 3).

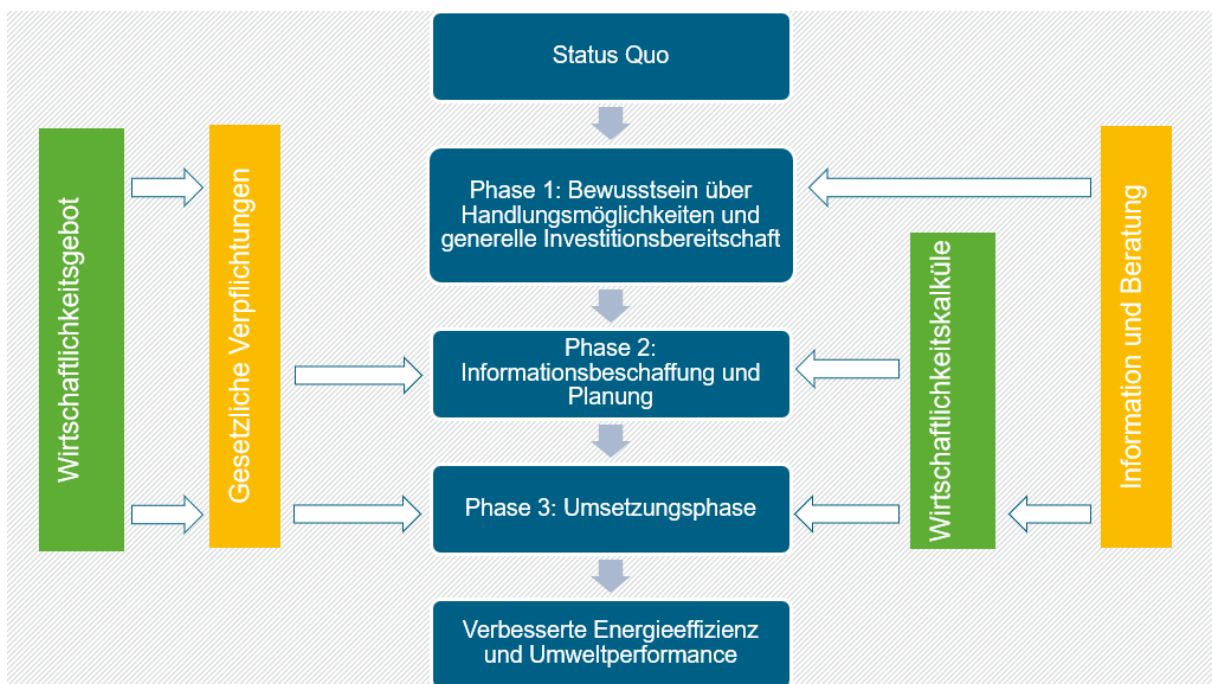
Phase 1: Als erster Schritt ist eine notwendige Voraussetzung für die weitere Planung und Umsetzung von Maßnahmen ein grundsätzliches Bewusstsein über Handlungsmöglichkeiten sowie eine grundsätzliche Investitionsbereitschaft notwendig. In dieser Phase steht daher zunächst die Frage im Vordergrund, *ob* eine Maßnahme durchgeführt wird (z. B. energetische Sanierung), unabhängig von der konkreten Ausgestaltung.

Phase 2: Aufbauend auf Phase 1 steht in Phase 2 die Informationsbeschaffung und Planung im Vordergrund. In dieser Phase geht es somit um die konkrete Ausgestaltung der durchzuführenden Maßnahme.

Phase 3: In Phase 3 erfolgt die Umsetzung der geplanten Maßnahme.

⁴ Quelle: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/energiesparen/energiesparende-gebaeude#gebaude-wichtig-fur-den-klimaschutz>

Abbildung 3: Schematischer Entscheidungsprozesses von Haushalten in Bezug auf umweltrelevante Investitionen und die Wirkung von Wirtschaftlichkeitskalkülen und -geboten



Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut.

Bei der energetischen Gebäudesanierung bestehen im Rahmen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) **gesetzliche Vorgaben** an die energetische Performance des Gebäudes. Die gesetzlichen Mindestanforderungen müssen dann eingehalten werden, wenn am Gebäude bestimmte Änderungen durchgeführt werden, z. B. Erneuerung des Außenwandputzes, Erneuerung der Fenster und Außentüren, Ersatz von Dachdeckung (für eine vollständige Beschreibung der Auslösetatbestände siehe GEG Anlage 7).

Aus Sicht des Entscheidenden bedeutet dies, dass die gesetzlichen Mindestanforderungen erst ab Phase 2 greifen, d. h. erst wenn grundsätzlich die Entscheidung für eine energetische Sanierung getroffen wird. Die Entscheidung, *ob* saniert wird, ist nicht von gesetzlichen Vorgaben betroffen, da in Deutschland keine Sanierungspflicht besteht. Im Unterschied dazu wurde z. B. in Frankreich eine Sanierungspflicht eingeführt, die für alle Gebäude, die zum Verkauf oder zur Vermietung stehen, gilt (Sebi et al. 2019).

Die Planungsphase (Phase 2) ist stark geprägt von den gesetzlichen Vorgaben, da die Handlungsmöglichkeiten des Entscheidenden durch die gesetzlich vorgeschriebenen Mindeststandards eingeschränkt werden. Die Entscheidungsmöglichkeiten beschränken sich auf die Ambitionsniveaus oberhalb der gesetzlich vorgeschriebenen Mindestanforderungen.

Die Festlegung der Mindestanforderungen durch den Gesetzgeber unterliegt dem Wirtschaftlichkeitsgebot (siehe Kapitel 3.2 und Anhang A). Das Wirtschaftlichkeitsgebot wirkt sich somit indirekt auf die Entscheidung aus, da die Höhe des Anforderungsniveaus durch das Wirtschaftlichkeitsgebot bestimmt ist.

2.2.2 Weitere Einflussfaktoren

Zur Differenzierung von Entscheidungssituationen muss zunächst unterschieden werden zwischen folgenden zwei Ausgangssituationen:

- Auf der einen Seite wird die Situation betrachtet, in der eine Sanierungsmaßnahme durchgeführt wird, weil ein Bauteil oder eine Anlage erhebliche Mängel aufweist oder defekt ist. In diesem Fall stehen die Entscheidenden nicht vor der Frage, ob eine Maßnahme durchgeführt wird, sondern welche Maßnahme durchgeführt wird. Ein Beispiel hierfür ist der Austausch einer defekten Heizungsanlage, bei dem die Entscheidenden sich zwischen verschiedenen Varianten mit unterschiedlichen Umweltauswirkungen entscheiden können (z. B. fossiler Heizkessel, Wärmepumpe, Biomasse).
- Auf der anderen Seite wird die Situation betrachtet, in der kein akuter Handlungsdruck besteht (z. B. Sanierung einer Außenwand ohne erhebliche Mängel), und bei der die erwarteten Energie- und/oder THG-Einsparungen ein zentraler Auslöser für die Sanierungsentscheidung sind.

Energetische Modernisierungsmaßnahmen sind charakterisiert durch hohe Investitionskosten im Vergleich zu den monatlichen Ausgaben von Haushalten. Demgegenüber stehen Einsparungen von Energiekosten, die von der Ausgangssituation des Gebäudes sowie der Preisentwicklung der Energieträger abhängen. Grundsätzlich müssen für die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit somit die zum Zeitpunkt der Investition anfallenden Kosten mit den in den Folgejahren anfallenden Energiekosteneinsparungen verglichen werden.

Die Entscheidungssituation unterscheidet sich zudem grundsätzlich zwischen selbstnutzenden Eigentümer*innen und Eigentümer*innen von vermieteten Gebäuden. Aus monetärer Sicht unterscheiden sich die beiden Kategorien deutlich, da bei selbstnutzenden Eigentümer*innen die eingesparten Energiekosten direkt dem*der Gebäudeeigentümer*in zu Gute kommen. Im Unterschied dazu besteht bei vermieteten Gebäuden das so genannte Nutzer-Investor-Dilemma.

Einfluss des Mietrechts

In Deutschland leben mehr als die Hälfte der Haushalte in Mietwohnungen (54 % im Jahr 2018⁵). Für vermietete Gebäude müssen weitere Elemente des Ordnungsrahmens in die Betrachtung der Wirtschaftlichkeitskalküle einbezogen werden:

- Die Investition wird durch den Vermietenden getragen, während die Energiekosteneinsparungen beim Mietenden anfallen. Der Vermietende kann die Investition somit nur über eine Erhöhung der sog. „Kaltmiete“ refinanzieren. Dies ist im Mietrecht geregelt (z. B. § 556 Abs. 3 Bürgerliches Gesetzbuch/BGB; § 559 BGB – Mieterhöhung nach Modernisierungsmaßnahmen – sog. „Modernisierungsumlage“). Allerdings ist zu beobachten, dass die Mieterhöhungen nach § 559 BGB von privaten Vermietenden deutlich seltener und in geringerem Umfang in Anspruch genommen werden als von professionellen Vermietenden (Henger und Voigtländer 2012).
- Bei Neuvermietungen können die Energiekosten beim Mietenden nur in die Entscheidung einbezogen werden, wenn verlässliche Informationen zum Energieverbrauch vorliegen. Die verpflichtende Bereitstellung von Energieausweisen ist in der EU-Gebäuderichtlinie bzw. in Deutschland im Gebäudeenergiegesetz geregelt.

CO₂-Kosten: Mit der Einführung der CO₂-Bepreisung im Rahmen des Bundesemissions-handelsgesetzes (BEHG) im Januar 2021 werden, sofern die Umlagefähigkeit der CO₂-Bepreisung im Mietrecht nicht gesondert geregelt wird, die Mietenden belastet. Durch eine Begrenzung der Umlagefähigkeit im Mietrecht (z. B., dass nur 50 % der Kosten der CO₂-Bepreisung umgelegt werden darf) könnte sich das Wirtschaftlichkeitsgefüge verändern. Eine

⁵ Siehe Daten des Mikrozensus 2018.

Einigung zur Begrenzung der Umlagefähigkeit der CO₂-Kosten auf Mietende konnte allerdings bisher (Stand August 2021) nicht erzielt werden.

Neben den ökonomischen Gesichtspunkten bestehen zahlreiche nicht-ökonomische Faktoren, die einen Einfluss auf Entscheidungen für energetische Modernisierungen von Gebäuden in privaten Haushalten haben. Dies beinhaltet u. a. fehlende Information, Unannehmlichkeiten wie z. B. Lärm und organisatorische Hemmnisse (z. B. Entscheidungsfindung in Wohneigentümergemeinschaften).

2.2.3 Investitionsrechenarten

Grundsätzlich können Investitionsrechnungen im Entscheidungsprozess zur Beantwortung der folgenden beiden Fragestellungen zum Einsatz kommen:

1. Entscheidung, ob überhaupt eine Maßnahme durchgeführt werden soll.
2. Entscheidung zwischen verschiedenen Varianten (z. B. ambitionierte energetische Sanierung vs. Sanierung auf dem Niveau der gesetzlichen Mindestanforderungen).

Bei der unter Punkt 1) genannten Fragestellung zeigt sich, dass häufig nicht-ökonomische Faktoren eine zentrale Rolle bei der Entscheidung spielen. Sanierungsanlässe können beispielsweise der Eigentümerwechsel von Gebäuden oder der Defekt von Bauteilen sein.

Bei der unter Punkt 2) genannten Fragestellung ist der Vergleich der eingesparten Energiekosten und der zusätzlichen Investitionen bei ambitionierteren Varianten typischerweise Teil der Entscheidungsfindung. Allerdings zeigt die Literatur auch in diesem Fall, dass nicht-ökonomische Faktoren (z. B. Umweltbewusstsein) eine wichtige Rolle spielen.

Für den Bereich privater Haushalte zeigt sich, dass bei Sanierungsentscheidungen in den überwiegenden Fällen keine klassische Investitionsrechnung aufgestellt wird (Gossen und Nischan 2014).

2.2.4 Fazit

Investitionen in die energetische Qualität der Gebäudehülle sowie in effiziente und CO₂-arme Heizungstechnologien stellen umweltrelevante Investitionen dar, die sich zudem durch einen monetären Nutzen aus einzelwirtschaftlicher Sicht auszeichnen:

- Aus einzelwirtschaftlicher Sicht werden Energiekosteneinsparungen erzielt, deren Höhe u. a. von der energetischen Ausgangssituation des Gebäudes, der Entwicklung von Energiepreisen sowie des Nutzerverhaltens (heizen und lüften) abhängen. Allerdings zeigt sich für private Eigentümer, dass häufig keine Wirtschaftlichkeitsrechnung durchgeführt wird.
- Aus gesamtgesellschaftlicher Sicht können durch Investitionen in die energetische Qualität der Gebäudehülle sowie in effiziente und CO₂-arme Heizungstechnologien umfangreiche Einsparungen von CO₂-Emissionen (und der damit verbundenen Folgekosten) erzielt werden.

In Anbetracht der hohen potenziellen CO₂-Einsparungen bestehen zahlreiche Politikinstrumente zur Unterstützung der Reduktion von CO₂-Emissionen im Gebäudebereich. Diese lassen sich unterteilen in ordnungsrechtliche Instrumente (z. B. Mindeststandards nach GEG), ökonomische Instrumente (z. B. Bundesförderung für effiziente Gebäude sowie CO₂-Bepreisung) und informatorische Instrumente (z. B. Beratungsangebote).

Während die Wirtschaftlichkeitsrechnung bei den *Entscheidenden* teilweise eine untergeordnete Rolle spielt, ist sie ein zentraler Faktor für die Festlegung der gesetzlichen Mindeststandards, da diese dem Wirtschaftlichkeitsgebot unterliegen (siehe Abschnitt 3.2).

2.3 Unternehmen

2.3.1 Phasen der Entscheidung und Einfluss von Wirtschaftlichkeitsgeboten und -kalkülen

Ausgangspunkt der Analyse von Wirtschaftlichkeitskalkülen in Unternehmen ist die Darstellung des Ablaufs eines charakteristischen umweltrelevanten Investitionsentscheidungsprozesses anhand verschiedener Entscheidungsstufen in Abbildung 4 (in Anlehnung an (Cagno et al. 2013)). Hierdurch soll verdeutlicht werden, an welcher Stelle im Entscheidungsschema Wirtschaftlichkeitskalküle und gesetzliche Verpflichtungen eine Rolle spielen.

Stufe 1: Status Quo. Hierbei handelt es sich um den aktuellen Stand des Unternehmens bezüglich Energieverbrauch, Energieeffizienzmaßnahmen und Umweltbelastung, sowie die derzeit vorherrschende Unternehmenskultur und Unternehmensstrategie.

Stufe 2: Die generelle Investitionsbereitschaft (investitionsunspezifisch). Die erste wichtige Stufe mit Blick auf eine Investitionsentscheidung im Dienste des Umweltschutzes ist ein generelles Bewusstsein im Unternehmen dafür, dass beispielsweise Energieausgaben gesenkt und Emissionen reduziert werden können und das Interesse eine entsprechende Investition zu treffen. Unabhängig von der Art der Investition spielt hierbei ganz allgemein die aktuelle finanzielle Situation im Unternehmen eine entscheidende Rolle. Denn nur mit entsprechend zur Verfügung stehendem Kapital können Investitionen getätigt werden. Zu diesem Zeitpunkt im Entscheidungsprozess hat ein Unternehmen demnach zwar bereits ein Bewusstsein für Umwelt- und Nachhaltigkeitsthemen und die Prüfung der Kapitalverfügbarkeit hat stattgefunden, es fehlt jedoch noch an Wissen, um Veränderungen tatsächlich in die Tat umzusetzen.

Stufe 3: Wissen um Ineffizienzen und Investitionsmöglichkeiten. Im nächsten Schritt informiert sich das Unternehmen über ineffiziente, umweltbelastende und ressourcenverbrauchende Vorgänge und Prozesse im Unternehmen und die entsprechenden Investitions- und Fördermöglichkeiten und generiert damit das Wissen, um entsprechend handeln zu können. Auch eine Einschätzung über besonders kritische Bereiche mit hohem (Energie-) Einsparpotential kann hier vorgenommen werden. In diesem Stadium ist sich das Unternehmen über die fehlenden bzw. begrenzten Kompetenzen im Bereich seines Energie- und Umweltmanagements bewusst sowie über die Möglichkeiten diese zu verbessern, hat aber noch keine konkreten Informationen über die Anwendbarkeit, den wirtschaftlichen Nutzen und die konkrete Implementierung der identifizierten Maßnahmen.

Stufe 4: Planungs- und Projektierungsphase. Sobald mögliche Maßnahmen aufgestellt wurden, deren Vorteile und Kosten bekannt sind, kann der*die Entscheiderin im Unternehmen anhand der definierten Bewertungskriterien evaluieren, ob die Investition rentabel ist oder nicht. Hierfür müssen entsprechende Investitionsrechnungen sowie die konkrete Maßnahmenplanung erfolgen.

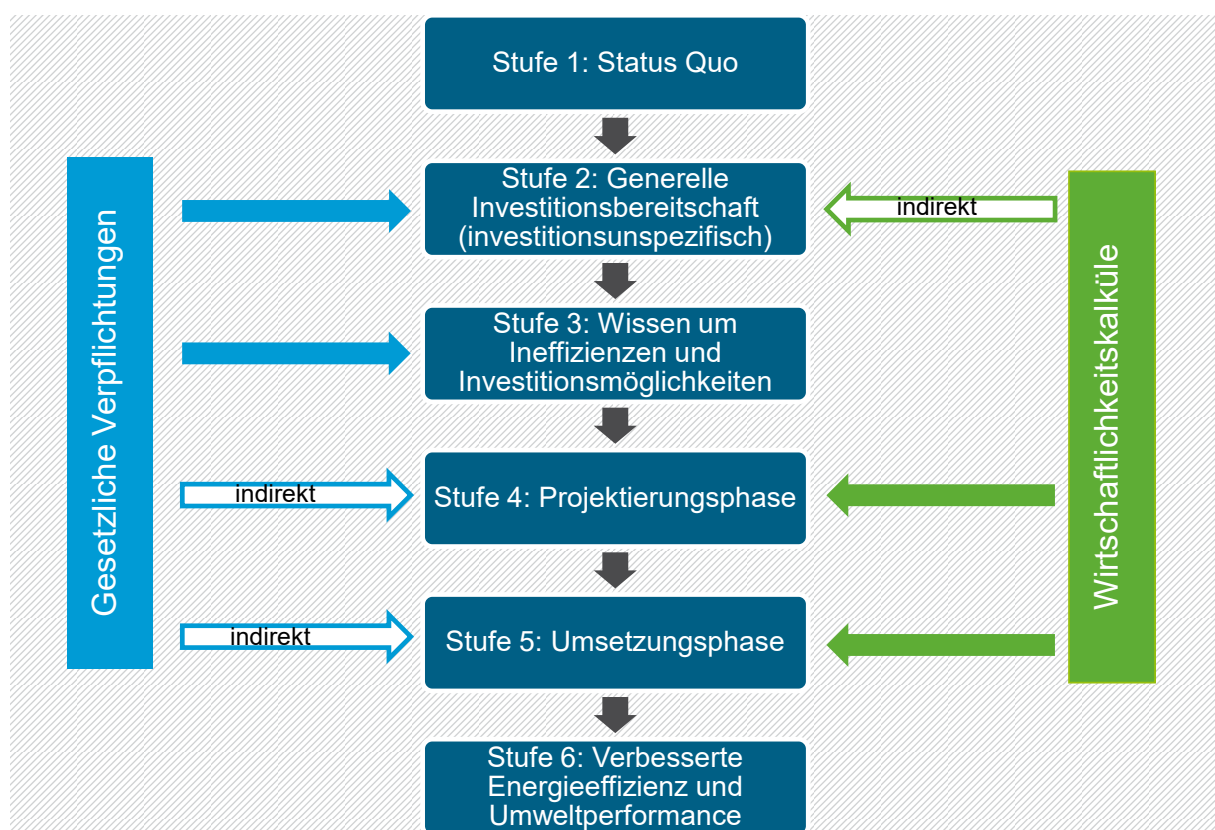
Stufe 5: Umsetzungsphase. In dieser letzten Phase werden die geplanten Maßnahmen umgesetzt und es erfolgt ein Monitoring der Folgen und Nutzen, sodass zuletzt in Stufe 6 die Energieeffizienz bzw. Umweltperformance im Unternehmen verbessert ist.

Stufe 6: Verbesserte Energieeffizienz und Umweltperformance. Bei korrekter Durchführung der Investitionsanalyse und Maßnahmenimplementierung werden sich die Energie- und Umweltkosten des Unternehmens reduzieren. Die erfolgreiche Umsetzung der geplanten

Maßnahmen ist dabei ein grundlegender Einflussfaktor mit Blick auf mögliche zukünftige Umweltschutz-Investitionen.

Die in dieser Studie zu untersuchenden Wirtschaftlichkeitskalküle im Bereich der Unternehmen wirken sowohl direkt in Stufe 4 - der Planung und Projektierung - wo die entsprechenden Investitionsrechnungen durchgeführt und analysiert werden, als auch in Stufe 5 bei der Umsetzung, da entstehende Zusatzkosten bei der Implementierung auftreten können. Indirekt wirken die Kalküle auch auf die Investitionsbereitschaft, da die Kapitalverfügbarkeit in Abhängigkeit von der verwendeten Investitionsrechnung unterschiedlich hoch ausfallen kann. Verpflichtende gesetzlich vorgeschriebene Maßnahmen, wie die Auditpflicht und die Einführung eines Energiemanagementsystems für energieintensive Unternehmen nach ISO 50001, wirken direkt auf die Investitionsbereitschaft in Stufe 2 und stellen weiterhin mögliche Informationsquellen zur Wissensgeneration in Stufe 3 dar. Indirekt beeinflussen gesetzliche Verordnungen Unternehmen auch während der Planung und Umsetzung von Maßnahmen durch Vorgaben, wie beispielsweise steuerliche Abschreibungszeiten.

Abbildung 4: Entscheidungsprozesses in Unternehmen für Investitionsentscheidungen



Quelle: Eigene Darstellung nach (Cagno et al. 2013).

Unternehmen unterliegen keinem direkten staatlich vorgegebenen Wirtschaftlichkeitsgebot, d. h. es gibt keine direkten gesetzlichen Vorgaben, wie Investitionsentscheidungen abgewogen und getroffen werden müssen.

Die von den Unternehmen zu tätigenen Investitionen unterliegen jedoch Regularien und Gesetzen, z. B. dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG), die durchaus Auswirkungen auf die Praxis der Investitionsentscheidungen haben können.

Private Unternehmen sind in erster Linie darauf ausgerichtet profitabel zu wirtschaften, was unter anderem durch den Erhalt ihrer Wettbewerbsfähigkeit am Markt erreicht wird. Dieser

Anspruch und die intrinsische Motivation haben in der Vergangenheit zu gewissen Konventionen bei Investitionsentscheidungen geführt:

- ▶ In Unternehmen werden Investitionsentscheidungen maßgeblich von unternehmensspezifischen Konventionen beeinflusst. Diese Konventionen können sich zum einen auf die Art der Investitionsrechnung (z. B. statische vs. dynamische Verfahren) und zum anderen auf die Anforderungen an Investitionen (z. B. Anforderung an die Amortisationszeit) beziehen. Wie diese Konventionen im Detail zustande kommen und sich ggf. ändern, ist wenig erforscht.
- ▶ Für den Bereich der Energieeffizienz-Investitionen gehen wir, basierend auf (i) informellen Gesprächen und Interviews sowie (ii) vergangenen Studien, davon aus, dass es in der Vergangenheit in vielen Unternehmen üblich war, Amortisationszeiten von maximal 3 - 5 Jahren zu fordern. Z. B. ergibt eine Studie über Energiemanagementpraktiken in schwedischen energieintensiven Industrien von (Thollander und Ottosson 2010), dass eine Amortisationszeit von 3 Jahren oder weniger für die meisten Unternehmen eine wichtige Grundvoraussetzung für Energieeffizienzinvestitionen ist. Dies ist im Einklang mit den Ergebnissen aus einer Studie über die deutsche Industrie von 1991, wo eine allgemeine Amortisationszeit von 4,1 Jahren angegeben wird (Gruber und Brand 1991). Es ist jedoch nicht bekannt, durch welche Mechanismen sich diese Konventionen in vielen Unternehmen durchgesetzt haben. Eine Vermutung wäre die Mund-zu-Mund-Kommunikation, die sich aber nur sehr schwer retrospektiv rekonstruieren lässt, da prinzipiell sehr komplexe vergangene Entscheidungen mit wenig Informationen/Daten recherchiert werden müssten.

In der nachfolgenden Textbox ist ein Beispiel aus dem Bereich der Stahlindustrie dargestellt, das Auswirkungen von Konventionen bei der Investitionsentscheidung skizziert.

Fallbeispiel Stahlindustrie

Unternehmensspezifische Konventionen bei der Bewertung von Energieeffizienz-Investitionen können zu folgender Situation führen: Rentable Investitionen werden nicht getätigt, da bestimmte Kriterien, z. B. die Anforderung an die Amortisationszeit nicht erfüllt werden.

Ein Beispiel ist die Studie von Arens (2017), die Investitionen in Energieeffizienztechnologien an Hochöfen und Konvertern untersucht. Diese Anlagen haben typischerweise eine Nutzungsdauer von 20 Jahren oder mehr, und der Wirkungsgrad kann durch Maßnahmen wie Kohlenstaubeinblasung, Gichtgasentspannungsturbinen oder Konvertergasrückgewinnung erhöht werden. Obwohl diese Maßnahmen in der Vergangenheit durchweg profitabel waren, wurden sie nur umgesetzt, wenn die erwartete Amortisationszeit zum Zeitpunkt der Investitionsentscheidung weniger als etwa drei Jahre betrug.

In einem Fall führte es dazu, dass an einem neu gebauten Hochofen - der kapitalintensivsten Anlage in der Stahlindustrie mit erwarteten Lebensdauern von bis zu über 20 Jahren - eine Gichtgasentspannungsturbine mit einem Investitionsvolumen von etwa einem Prozent des Hochofens zunächst nicht installiert wurde, da die erwartete Amortisationszeit im Bereich von Wochen über der vom Unternehmen geforderten Amortisationszeit lag. Der Hochofen wurde im weiteren Verlauf mit dieser Effizienztechnologie dennoch ausgestattet, da der Neubau nur unter Auflagen genehmigt wurde und diese Auflage sich auf den §5 Abs. 1 Satz des BImSchG berief (Arens 2017).

Investitionssituationen

Um Einflussfaktoren auf Investitionsentscheidungen zu analysieren, stellt sich zunächst die Frage nach der vorliegenden Investitionssituation im Unternehmen, d. h. welche Akteurinnen

und Akteure in die Entscheidung der Wirtschaftlichkeit involviert sind und um welche Investitionsgegenstände es sich handelt.

Für den Bereich Energieeffizienz wird in der aktuellen Literatur nach Unternehmensgröße (KMU und Nicht-KMU) und nach Energieintensität (nicht-energieintensiv und energieintensiv) differenziert, um Unterschiede für die Investitionssituation zu beschreiben. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Merkmale zwischen KMU und nicht-energieintensiven Unternehmen in einigen Aspekten vergleichbar sind.

In der Literatur wird anhand des Verhältnisses zwischen Energiekosten und Wertschöpfung bestimmt, wann ein Unternehmen als energieintensiv gilt und wann nicht. Die Definitionen können jedoch variieren, und grundsätzlich gibt es keine festen Grenzen. Die Wahl der Grenzen hängt auch vom Schwerpunkt der Literatur/der Studie ab. Typische energieintensive Branchen sind z. B. die Grundstoffchemie und die Metallerzeugung; weniger energieintensiv ist z. B. der Maschinenbau.

Tabelle 1 zeigt eine Gegenüberstellung von Unterschieden bei energieeffizienzbezogenen Investitionssituationen für nicht-energieintensive und energieintensive Unternehmen, leicht adaptiert in Anlehnung an (Thollander und Palm 2013).

Tabelle 1: Unterschiede bei energieeffizienzbezogenen Investitionssituationen

Nicht-energieintensive Unternehmen	Energieintensive Unternehmen
Geringes Energiekosten-Wertschöpfungsverhältnis ¹⁾	Hohes Energiekosten-Wertschöpfungsverhältnis ¹⁾
Hoher Energieverbrauch bei Querschnittstechnologien (Beleuchtung, Klimatisierung, Druckluft etc.) → einfacher umzusetzendes Energieeinsparpotential ¹⁾	Hoher Energieverbrauch bei Produktionsprozessen → aufwendigere Energieeinsparmaßnahmen ¹⁾
Maßnahmenimplementierung auf operativer Ebene, kann wegen Multiple Benefits auch strategische Elemente haben	Maßnahmenimplementierung auf strategischer Ebene, kann auch operative Elemente haben
* Akteure*Akteurinnen: häufig kein speziell geschultes Personal für Energiethemen	Akteure*Akteurinnen: Top-Management, strategische Entscheider*innen, Energiemanager*innen
* Hemmnisse wie Mangel an Information, Zeit, Ressourcen, Kapital und Expertise vorherrschend ²⁾	Technisches Risiko und Sicherstellung der Produktqualität als größtes Hemmnis ²⁾ Geschäftsmodell/Marktumfeld
	Energiemanagementsystem nach ISO 50001 verpflichtend für EEG-Umlagebefreiung

* Gilt in der Regel nur für nicht-energieintensive KMU. Für Nicht-KMUs sind diese beiden Aspekte eher mit energieintensiven Unternehmen vergleichbar. 1) (Thollander und Palm 2013); 2) Sorrell et al. 2011.

Unsicherheiten in Bezug auf die Energiepreisentwicklung sind ein fester Bestandteil der Investitionssituation von Unternehmen, deren Einschätzung die Investitionsentscheidung maßgeblich beeinflusst. Unter Berücksichtigung steigender Energiepreise ist die Bereitschaft, in Energieeffizienz zu investieren höher. Dies gilt umso mehr für energieintensive Unternehmen, da sie hohe Energiekostenanteile haben.

Querschnittstechnologien vs. Prozesstechnologien

Ein wichtiger Unterschied zwischen energieintensiven und nicht-energieintensiven Unternehmen ist die Art der Prozesse, die maßgeblich zum Energieverbrauch beitragen. Nach (Thollander und Palm 2013) werden zwei grundsätzliche Prozesskategorien unterschieden:

- ▶ Produktionsprozesse, die in 11 Kategorien unterteilt werden (Zersetzen, Mischen, Schneiden, Fügen, Beschichten, Formen, Erhitzen, Schmelzen, Trocknen/ Verdichten, Kühlen/ Gefrieren und Verpacken).
- ▶ Querschnittstechnologie-Prozesse, welche zwar die Produktionsprozesse unterstützen aber technisch unspezifisch sind. Dies beinhaltet 7 Kategorien (Beleuchtung, Druckluft, Lüftung, Pumpen, Raumheizung und -kühlung, Warmwasser und innerbetrieblicher Transport).

Energieauditprogramme haben gezeigt, dass 60 – 90 % der Energieeffizienzmaßnahmen in industriellen KMU im Bereich der Querschnittstechnologien liegen (Thollander et al. 2007; Gruber et al. 2011). Diese Maßnahmen sind häufig einfacher zu implementieren aufgrund von geringeren Initialkosten und der Umsetzung auf betrieblicher Ebene.

Bei energieintensiven Unternehmen liegt der größte Energieverbrauch dagegen bei den Produktionsprozessen, wo Einsparmaßnahmen häufig schon allein aufgrund der Prozess- und Anlagendimensionen schwieriger zu implementieren, kapitalintensiver und von größerer strategischer Bedeutung sind (Thollander und Palm 2013). So kostet eine Papiermaschine beispielsweise bereits mehrere hundert Millionen Euro und eine Änderung im Produktionsprozess ist deutlich anspruchsvoller als der Austausch von Beleuchtung in einer Fabrikhalle.

Neben der Art der Produktionsprozesse muss in Bezug auf Wirtschaftlichkeitskalküle unabhängig von der Art des Unternehmens außerdem unterschieden werden, ob es sich um eine Investition in eine Neuanlage oder den Retrofit einer Anlage mit bereits bestehender Infrastruktur handelt und ob bei der Implementierung entsprechender Einsparmaßnahmen Produktionsunterbrechungen nötig sind. Des Weiteren sind insbesondere die Kapitalanforderungen und der Planungs- und Umsetzungsaufwand von Investitionen davon abhängig, ob es sich eher um langfristige strategische oder mittel- bzw. kurzfristige Einzelentscheidungen handelt.

Hemmnisse

Ein in der Fachliteratur oft identifiziertes Hemmnis im Bereich der Energieeffizienz in der Industrie ist der fehlende Zugang zu Kapital. Dies betrifft insbesondere kleine und mittlere Unternehmen, welche weniger Sicherheiten bieten können und deshalb Kredite zu hohen Zinssätzen aufnehmen müssen. Dies kann dazu führen, dass beispielweise Energieeffizienzprojekte mit hoher Rendite nicht umgesetzt werden. Weitere hemmende Faktoren bei KMU stellen vor allem der Mangel an Information, Zeit, Ressourcen und Fachexpertise dar (Sorrell et al. 2011). So übersteigen die Kosten für entsprechend geschultes Personal und die Datenaggregation zu Energieverbräuchen und Einsparpotentialen in kleinen Unternehmen oft die durch die Maßnahmen generierten Kosteneinsparungen.

Gerade Hemmnissen wie dem Mangel an Information wird für große Unternehmen mit der Einführung eines Energiemanagementsystems nach ISO 50001 als Voraussetzung für die Teilbefreiung besonders energieintensiver Unternehmen von der EEG-Umlage entgegengewirkt, wenn im Rahmen von Energieaudits mögliche Handlungsfähigkeiten aufgezeigt und Maßnahmen umgesetzt werden.

Bei großen energieintensiven Unternehmen stellt vor allem das durch Effizienz- und Umbaumaßnahmen generierte technische Risiko ein großes Hemmnis dar. Ein kontinuierlicher störungsfreier Betrieb und eine zuverlässige Produktqualität sind für die Unternehmen von

höchster Priorität im Hinblick auf die Erfüllung von Kundenanforderungen (Schleich 2011). So gibt es laut der Cement Sustainability Initiative (CSI) in der Zementindustrie noch immer Märkte, wo Zement- und Betonstandards und Kundenpräferenzen eine große Barriere hinsichtlich einer Reduktion des Klinkerfaktors zur Rohstoffeinsparung darstellen (Cement Sustainability Initiative 2007).

Herausforderungen in Zukunft

Eine Herausforderung, der sich alle Industrieunternehmen in Zukunft stellen werden und die die Investitionssituation in Zukunft zunehmend beeinflussen kann, ist die gesetzliche Vorgabe einer langfristigen Transformation des Sektors hin zur vollständigen Dekarbonisierung im Rahmen des Klimaschutzgesetzes. Dies impliziert Veränderungen in den Produktionsprozessen und damit einhergehend auch notwendige Investitionen. Je nach Branche können die Implikationen in der Höhe des Investitionsaufwandes und den technologischen Herausforderungen sehr unterschiedlich ausfallen. Zu nennen sind hierbei unter anderem notwendige Umstellungen des Produktionsverfahrens (z. B. Elektrifizierung, Abwärmenutzung), Umstellungen des Produkts (z. B. Elektromobilität) oder auch die Einstellung bzw. Reduktion bestimmter Produktionen (z. B. Tierhaltung).

2.3.2 Weitere Einflussfaktoren

Bei Investitionsentscheidungen in Unternehmen spielen eine Vielzahl von Einflussfaktoren, sowohl monetärer als auch nicht-monetärer Art eine Rolle. Zu Hemmnissen und fördernden Faktoren im Bereich umweltrelevanter Investitionsentscheidungen in der Industrie, vor allem im Bereich von Energieeffizienzmaßnahmen, gibt es bereits eine fundierte, ausführliche Studienlage (z. B. (Brunke et al. 2014; Schleich 2009; Sorrell et al. 2011; Thollander und Palm 2013; Fleiter 2012; Fleiter et al. 2012; Schleich 2011). Tabelle 2 fasst die wichtigsten Punkte zusammen.

Tabelle 2: Auflistung möglicher Hemmnisse und fördernder Faktoren im Bereich umweltrelevanter Investitionsentscheidungen in der Industrie

Hemmnisse	
Finanziell	• Kapitalverfügbarkeit • Hoher Anfangsaufwand • Transaktionskosten • Hidden Costs
Informationsmangel	• Mangelnde Kenntnisse zu Energieverbrauch und Investitionsmöglichkeiten • Begrenzte Rationalität
Technologisch	• Negative Beeinflussung der Produktions- und Prozesseigenschaften
Personal	• Mangel an Expertise, Ressourcen, Qualifikation, Zeit
Örtlich	• Standortspezifische Einschränkungen • begrenzte Flächenverfügbarkeit • Abstimmungshemmnisse (z.B. Zustimmung der Gemeinde)
Interessenskonflikte	• Produktionssicherheit und Qualitätssicherung vs. Energie- und Kosteneinsparungen

	Investitionsträger vs. Energiekostenverursacher
Fördernde Faktoren	
Multiple Benefits	- Öffentlichkeits- und Imagewirkung - Qualitätsverbesserungen - Verbesserte Arbeitsumgebung - Gesteigerte Produktqualität
Unternehmenskultur	- Hoher Stellenwert von Umweltschutz/ Umweltbewusstsein - Begrenzte Rationalität

Quelle: Eigene Darstellung, Fraunhofer ISI.

2.3.3 Investitionsrechenarten

Die möglichen in Unternehmen zum Einsatz kommenden Investitionsrechenarten werden in diesem Kapitel nur kurz erläutert, eine umfassendere Zusammenstellung erfolgt in Kapitel 3.1.

Statistisch quantitative Investitionsrechenverfahren wie z. B. die statistische Amortisationsrechnung sind verhältnismäßig einfach durchzuführen und werden aufgrund des geringen Datenbeschaffungs- und Berechnungsaufwandes häufig in Unternehmen angewandt (Fraunhofer ISI et al. 2019). Nachteilig bei dieser Methode ist, dass der Zeitwert des Geldes vernachlässigt wird und mögliche Erträge nach Ablauf der ermittelten Amortisationsdauer nicht berücksichtigt werden.

Dahingegen bieten **dynamische quantitative Verfahren** (z. B.: Kapitalwertmethode, Annuitätenmethode, Interne-Zinsfuß-Methode) den Vorteil, dass die Investition über die gesamte Laufzeit mit allen Ein- und Auszahlungen abgebildet wird und dabei der Zeitwert des Geldes z. B. in Form von Annuitäten miteinbezogen wird. Eine Umfrage im Rahmen einer Studie von (Brunke et al. 2014), die sich unter anderem mit der Umsetzung von Energieeinsparmaßnahmen in der schwedischen Eisen- und Stahlindustrie beschäftigt, hat gezeigt, dass die Mehrheit der 23 befragten Unternehmen (Stahlproduzenten und nachgelagerte Branchen) die Amortisationsdauer für Profitabilitätsrechnungen heranzieht. Wobei nur vier der Unternehmen Investitionen mit einer Amortisationszeit über drei Jahren in Betracht zieht. Zusätzlich wurden von drei Unternehmen Mindestverzinsungen für die Investition gefordert (25 %, 15 %, 5 %). Nur ein Stahlhersteller rechnete mit der Kapitalwertmethode (Nettogegenwartswert NPV) (Brunke et al. 2014). Was bei keiner der beiden oben genannten Investitionsrechnungen betrachtet wird, sind qualitative Kriterien wie Sicherheitsaspekte, Lärmbelastungen oder Umweltverträglichkeit.

Eine Möglichkeit, diese zu erfassen, bieten sogenannte **multikriterielle Verfahren**, wie die Nutzwertanalyse, welche heutzutage jedoch noch selten Anwendung finden. Hier werden nicht nur ausschließlich Kosten, Gewinne und Rentabilität erfasst, sondern auch qualitative Faktoren. Letztere werden mithilfe von Bewertungskriterien definiert, entsprechend gewichtet, Alternativen werden bewertet und eine Rangfolgenbildung durchgeführt.

Neben diesen quantitativen bzw. semi-quantitativen Verfahren basieren Investitionsentscheidungen häufig auch auf Heuristiken – also nach Erfahrungswerten getroffenen Entscheidungen. Besonders ausgeprägt sind diese in Kleinstbetrieben und Familienunternehmen, wo reger Austausch mit anderen Betrieben der Region herrscht. Dieser Bereich kann in Bezug auf Hemmnisse interessant sein, da hier beispielsweise Informationskampagnen gut greifen.

Ein Ansatz zur Erklärung von zu geringen Investitionen in Energieeffizienz ist die erwähnte mangelnde strategische Komponente von Energiekosteneinsparungen oder der zu geringe

Anteil von Energiekosten an den Gesamtkosten eines Unternehmens. Doch Energieeffizienz bringt oftmals noch weitere Vorteile auf anderen Gebieten mit sich, sogenannte Multiple Benefits (auch Non-Energy Benefits oder Co-Benefits). Sie werden jedoch oftmals entweder nicht erkannt oder werden auf Grund der schwierigen Quantifizierbarkeit nicht in die Investitionsrechnung einbezogen. Der wahre Wert von Energieeffizienzinvestitionen wird somit von Unternehmen oft unterschätzt. Die möglichen Multiple Benefits umfassen bessere Produktqualität, weniger Materialinput oder weniger Abfall. Weiterhin Aspekte, die die Arbeitsplatzqualität für Mitarbeiter verbessert, beispielsweise eine angenehmere Temperatur, weniger Verletzungsrisiko oder weniger Lärmbelästigung. Diese Aspekte können zu weniger krankheitsbedingten Ausfällen oder höherer Loyalität der Belegschaft führen und sich direkt in der Wirtschaftlichkeit ausdrücken. Weiterhin kann ein Imagegewinn durch umweltrelevante Investitionen sich indirekt positiv auf die Unternehmensperformance auswirken (Cooremans 2015).

2.3.4 Fazit

Investitionsentscheidungen in Unternehmen werden weitgehend systematisch, d. h. mit Hilfe von festgelegten Methoden und Kriterien getroffen. Dies ist ein wesentlicher Unterschied in der Investitionssituation im Vergleich zu den privaten Haushalten.

Für die Bewertung von Energieeffizienzinvestitionen ist die Amortisationszeit ein gängiges Kriterium, obwohl dieses Kriterium eher das Risiko als die Rentabilität einer Investition beschreibt. In den letzten drei Jahrzehnten wurden in einigen Studien von den Unternehmen geforderte Amortisationszeiten von ca. drei bis fünf Jahren ermittelt, was auch in vielen Experteninterviews bestätigt wurde. Dies weist auf eine Konvention in Industrieunternehmen hin, die in der Vergangenheit oft dazu führte, dass rentable (energiesparende) Investitionen nicht getätigt wurden. Wie sich diese Konvention in der Wirtschaft (oder der Industrie) durchgesetzt hat, ist nicht bekannt.

Um der oben skizzierten Situation entgegenzuwirken, werden zunehmend andere Kriterien (Kapitelwert, Investitionsrendite, etc.) zur Bewertung von Energieeffizienzinvestitionen herangezogen. Flankiert wird dies durch eine zunehmende Anzahl von Energiemanagementsystemen in Unternehmen. Die Maßstäbe, die an die Kriterien angelegt werden (z. B. wie hoch die Kapitalrendite sein soll), sind jedoch von Unternehmen zu Unternehmen unterschiedlich und daher individuell.

In Investitionssituationen gibt es zahlreiche hemmende und fördernde Faktoren, die die Investitionsentscheidung eines Unternehmens in effizientere und/oder umweltschonendere Technologien beeinflussen. Bei der Analyse dieser Faktoren ist es sinnvoll, zwischen KMU und nicht-energieintensiven Unternehmen im Vergleich zu energieintensiven Unternehmen zu unterscheiden, da diese mitunter vor anderen Herausforderungen bei der Transformation hin zu einer vollständigen Dekarbonisierung des Industriesektors stehen. In letzter Zeit erkennen immer mehr Unternehmen, dass durch Investitionen in umweltfreundlichere Technologien zahlreiche Mehrfachnutzen (Multiple Benefits) erzielt werden können; dies gilt es zu verstärken und aufrechtzuerhalten.

Im Unterschied zu Investitionen von öffentlichen Einrichtungen (siehe Kapitel 2.4) gibt es keine wesentlichen direkten gesetzlichen Vorgaben für Unternehmen, wie sie Investitionsentscheidungen abwägen und treffen müssen. Vielmehr ergibt sich das Gebot des wirtschaftlichen Handelns aus den Zielen der Unternehmen, z. B. der Gewinnerzielung. Dennoch schränken die Vorschriften und Gesetze des Ordnungsrahmens den Möglichkeitsraum für Investitionsentscheidungen ein, z. B. durch das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG). An

dieser Stelle gibt es also teilweise sehr weitgehende Spielräume, um Investitionsentscheidungen in Richtung umweltfreundlicherer Technologien zu beeinflussen.

2.4 Öffentliche Einrichtungen

Wie in Unternehmen werden auch in öffentlichen Einrichtungen Investitionsentscheidungen getroffen, die Wirtschaftlichkeitskalkülen unterliegen. Das öffentliche Beschaffungsvolumen beträgt in Deutschland pro Jahr ca. 350 Mrd. Euro (BMW i / KOINNO (Hg.) 2017), die OECD geht sogar von 500 Mrd. Euro bzw. 15 % des Bruttoinlandsprodukts aus, welches zugleich 35 % der gesamtstaatlichen Ausgaben entspricht. (OECD 2019).

Der Fokus der Betrachtung von Wirtschaftlichkeitskalkülen in öffentlichen Einrichtungen liegt in der vorliegenden Studie auf der öffentlichen Beschaffung. Öffentliche Einrichtungen nehmen vielfältige weitere Investitionen vor, beispielsweise über Landesbanken, Pensionsfonds oder Förderprogramme, die eigenen Wirtschaftlichkeitskalkülen unterliegen und im Folgenden nicht weiter betrachtet wurden. Öffentliche Einrichtungen können als öffentliche Unternehmen organisiert sein (z. B. Eigenbetriebe).

Die Auswertung basiert überwiegend auf dem „Rechtsgutachten umweltfreundliche öffentliche Beschaffung“, welches für das Umweltbundesamt aktualisiert wurde (UBA 2019b).

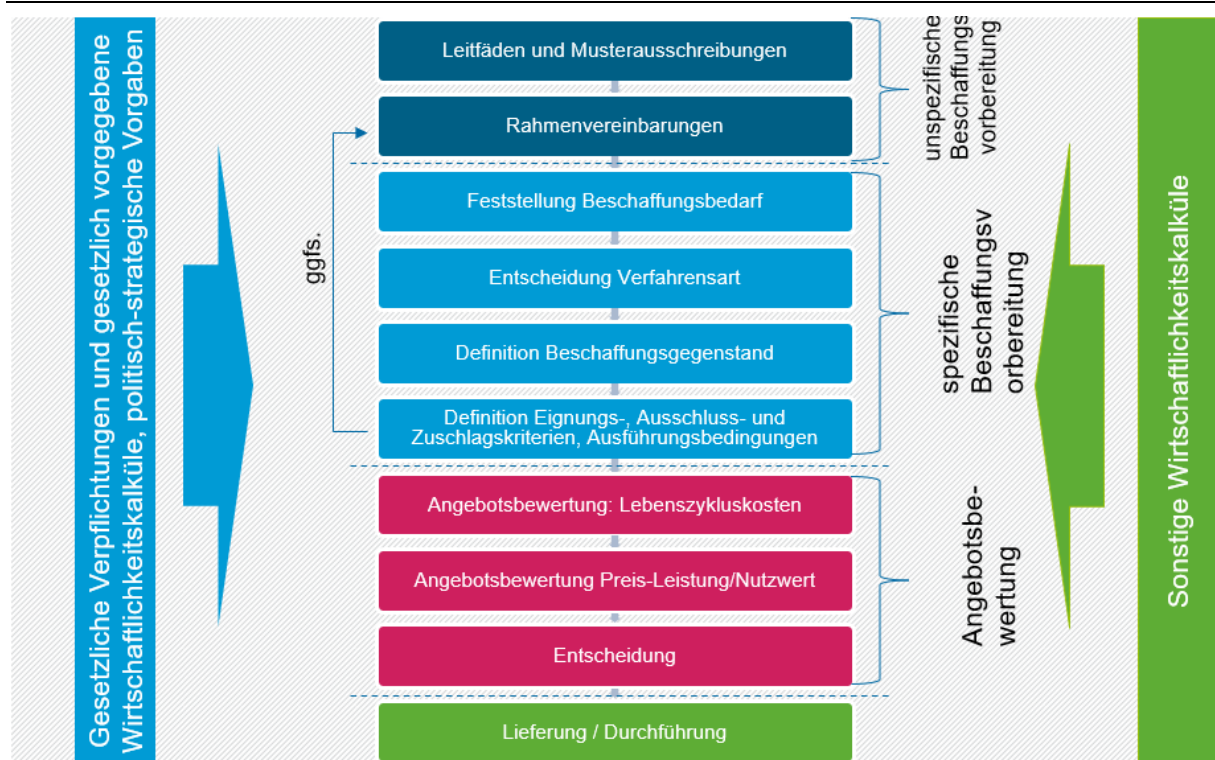
Für die Beschaffung in öffentlichen Einrichtungen definiert insbesondere das Vergaberecht verbindlich zu beachtenden Anforderungen und Rahmenbedingungen. Das Vergaberecht gliedert sich in die internationale Ebene mit dem Völkerrecht und im Speziellen dem Government Procurement Agreement, die europäische und die deutsche Ebene (UBA 2019b), S. 26ff). Für die Europäische Union stellen u. a. der Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union, die klassische Vergaberichtlinie, die Sektorenrichtlinie und die Richtlinie zu Energiedienstleistungen wichtige Referenzdokumente dar. Für Deutschland sind u. a. der 4. Teils des Gesetzes gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB), die Vergabeverordnung, die Sektorenverordnung und die Unterschwellenvergabeverordnung ausschlaggebend.

Wirtschaftlichkeitskalküle in Bezug auf die Beschaffung in öffentlichen Einrichtungen sind damit in ihrer grundsätzlichen Ausrichtung durch rechtliche Regelungen formalisiert bzw. vordefiniert.

2.4.1 Phasen der Entscheidung und Einfluss von Wirtschaftlichkeitsgeboten und -kalkülen

Abbildung 5 stellt die Phasen der Entscheidung sowie die Rolle von Wirtschaftlichkeitsgeboten bei der öffentlichen Beschaffung dar.

Abbildung 5: Schematischer Entscheidungsprozess in der öffentlichen Beschaffung und die Wirkung von Wirtschaftlichkeitskalkülen und gesetzlichen Verpflichtungen



Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut.

Wirtschaftlichkeitsgebote sind insbesondere durch das Vergaberecht definiert. Dieses ist auf europäischer und nationaler Ebene implementiert. Daneben können spezifische Vorgaben auf Ebene der Bundesländer gelten. Ein Beispiel ist die *Verwaltungsvorschrift Beschaffung und Umwelt (VwVBU 2019)* des Landes Berlin. Solche Vorgaben unterhalb der nationalen Ebene werden im Folgenden nicht weiter betrachtet.

Als Wirtschaftlichkeitsgebot greift in Bezug auf die öffentliche Beschaffung insbesondere der *Grundsatz der Wirtschaftlichkeit* (=bestes Preis-Leistungs-Verhältnis).

Der *Grundsatz der Wirtschaftlichkeit* hat übergreifende Bedeutung für die Beschaffung. Er ist u. a. in § 127 Abs. 1 des Gesetzes gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB) folgendermaßen verankert:

„Der Zuschlag wird auf das wirtschaftlichste Angebot erteilt. Grundlage dafür ist eine Bewertung des öffentlichen Auftraggebers, ob und inwieweit das Angebot die vorgegebenen Zuschlagskriterien erfüllt. Das wirtschaftlichste Angebot bestimmt sich nach dem besten Preis-Leistungs-Verhältnis. Zu dessen Ermittlung können neben dem Preis oder den Kosten auch qualitative, umweltbezogene oder soziale Aspekte berücksichtigt werden.“

Die Vergabeverordnung definiert vergleichbare Anforderungen (§ 58 VgV):

„(1) Der Zuschlag wird nach Maßgabe des § 127 des Gesetzes gegen Wettbewerbsbeschränkungen auf das wirtschaftlichste Angebot erteilt.

(2) Die Ermittlung des wirtschaftlichsten Angebots erfolgt auf der Grundlage des besten Preis-Leistungs-Verhältnisses. Neben dem Preis oder den Kosten können auch qualitative, umweltbezogene oder soziale Zuschlagskriterien berücksichtigt werden, insbesondere:

1. die Qualität, einschließlich des technischen Werts, Ästhetik, Zweckmäßigkeit, Zugänglichkeit der Leistung insbesondere für Menschen mit Behinderungen, ihrer Übereinstimmung mit Anforderungen des „Designs für Alle“, soziale, umweltbezogene und innovative Eigenschaften sowie Vertriebs- und Handelsbedingungen,

2. die Organisation, Qualifikation und Erfahrung des mit der Ausführung des Auftrags betrauten Personals, wenn die Qualität des eingesetzten Personals erheblichen Einfluss auf das Niveau der Auftragsausführung haben kann, oder

3. die Verfügbarkeit von Kundendienst und technischer Hilfe sowie Lieferbedingungen wie Liefertermin, Lieferverfahren sowie Liefer- oder Ausführungsfristen.

Der öffentliche Auftraggeber kann auch Festpreise oder Festkosten vorgeben, sodass das wirtschaftlichste Angebot ausschließlich nach qualitativen, umweltbezogenen oder sozialen Zuschlagskriterien nach Satz 1 bestimmt wird.

(3) Der öffentliche Auftraggeber gibt in der Auftragsbekanntmachung oder den Vergabeunterlagen an, wie er die einzelnen Zuschlagskriterien gewichtet, um das wirtschaftlichste Angebot zu ermitteln. Diese Gewichtung kann auch mittels einer Spanne angegeben werden, deren Bandbreite angemessen sein muss. Ist die Gewichtung aus objektiven Gründen nicht möglich, so gibt der öffentliche Auftraggeber die Zuschlagskriterien in absteigender Rangfolge an.

(4) [...]

(5) An der Entscheidung über den Zuschlag sollen in der Regel mindestens zwei Vertreter des öffentlichen Auftraggebers mitwirken.“

Neben dem Grundsatz der Wirtschaftlichkeit ist der Grundsatz der Sparsamkeit zu beachten: die definierten Aufgaben sollen mit möglichst geringem Mitteleinsatz bzw. mit vorgegebenen Mitteleinsatz sollen möglichst weitgehende Leistungen erbracht werden.

Durch umfangreiche Möglichkeiten der Berücksichtigung von klima- und umweltpolitischen Zielen, qualitativen und auch sozialen Aspekten ergeben sich damit weitreichende Möglichkeiten der Auslegung, der durch den Grundsatz der Wirtschaftlichkeit definierten Wirtschaftlichkeitskalküle (im Sinne eines „wohlfahrtsökonomischen Begriffs der Wirtschaftlichkeit“) (C.H. BECK 2013).

Das Vergaberecht sieht in § 97 Abs. 3 GWB auch umfangreiche Möglichkeiten der Berücksichtigung von weitergehenden Anforderungen vor, so lange diese mit der zu beschaffenden Leistung in Verbindung stehen. Derartige Anforderungen können bereits in Bezug auf den Beschaffungsgegenstand definiert werden. Weiterhin können umweltbezogene Anforderungen in Leistungs- oder Funktionsanforderungen sowie technischen Spezifikationen oder als Zuschlagskriterien definiert werden.

Die spezifischen Arten der umweltbezogenen Anforderungen sind für die meisten Beschaffungsgegenstände im Vergaberecht nicht genauer definiert. Bis auf wenige Ausnahmen handelt sich auch um Kann-Bestimmungen, die von Beschaffungsstellen Anwendung finden können, jedoch nicht angewendet werden müssen. Das heißt in den meisten Fällen ist eine Vergabe ausschließlich nach deren Wirtschaftlichkeit möglich.

Für spezifische Beschaffungsgegenstände bestehen Vorgaben zur Berücksichtigung der Energieeffizienz, von Lebenszykluskosten und sogar zur Berücksichtigung „externer Kosten“. Dies ist der Fall (UBA 2019b)

- für die Beschaffung energieverbrauchsrelevanter Waren, Geräte oder Ausrüstungen oder von Leistungen, bei denen diese zum Einsatz kommen,

- für die Beschaffung von Straßenfahrzeugen,
- für die Beschaffung von Bauleistungen (Bundesdienststellen) und
- für die Beschaffung von Holzprodukten (Bundesverwaltung).

Mit der Verabschiedung des Bundes-Klimaschutzgesetzes (KSG) Ende 2019 wurden auch weitere Vorgaben an die Beschaffung auf Bundesebene getroffen:

- Nach § 13 Abs. 2 S. 1 KSG ist bei der Planung, Auswahl und Durchführung von Investitionen und bei der Beschaffung jeweils zu prüfen, wie damit jeweils zum Erreichen der nationalen Klimaschutzziele beigetragen werden kann.
- Kommen dabei mehrere Realisierungsmöglichkeiten in Frage, dann ist nach Satz 2 in Abwägung mit anderen relevanten Kriterien mit Bezug zum Ziel der jeweiligen Maßnahme solchen der Vorzug zu geben, mit denen das Ziel der Minderung von Treibhausgasemissionen über den gesamten Lebenszyklus der Maßnahme zu den geringsten Kosten erreicht werden kann. Dies dürfte auf einen relativen Vorrang des Klimaschutzes hinauslaufen. Allerdings wird diese Vorgabe durch Satz 3 etwas eingeschränkt, wonach „Mehraufwendungen bei der Investition oder Beschaffung [...] nicht außer Verhältnis zu ihrem Beitrag zur Treibhausgasminde rung stehen [sollen]“.
- Nach § 13 Abs. 3 S. 1 KSG sind zudem „bei der Anwendung von Wirtschaftlichkeitskriterien [...] bei vergleichenden Betrachtungen die Kosten und Einsparungen über die jeweilige gesamte Nutzungsdauer der Investition oder Beschaffung zugrunde zu legen.“
- Zudem bestimmt § 13 Abs. 3 S. 2 KSG, dass die „zu erwartenden volkswirtschaftlichen Kosten für den Klimaschutz [...] auf geeignete Weise zu berücksichtigen [sind].“ Letzteres verlangt, dass auch der volkswirtschaftliche Nutzen des Klimaschutzes bzw. die Folgekosten des unterlassenen Klimaschutzes einzubeziehen sind. Die einschlägige Rechtsliteratur verweist diesbezüglich für die Umsetzung auf die Methodenkonvention des Umweltbundesamts (Scharlau et al. 2020, S. 7). Nach der aktuellen Methodenkonvention 3.1 und der im Jahr 2020 aktualisierten Kostensätze wäre demnach ein Kostensatz von 195 €/t CO₂-Äquivalent bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit von Investitionen oder bei der Beschaffung zugrunde zu legen.

Vorgaben zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit

Für die Beschaffung sind in der Regel keine spezifischen Methoden zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit vorgegeben, an verschiedenen Stellen wird allerdings auf die Lebenszykluskostenmethode verwiesen. Für verschiedene Beschaffungsgegenstände existieren über das Vergaberecht und weitergehende Verwaltungsvorschriften allerdings Vorgaben zu den bei der Angebotsbewertung zu berücksichtigenden Kriterien. Dazu gehören beispielsweise die Energieeffizienz bei energieverbrauchenden Produkten, der Kraftstoffverbrauch und die Emissionen bei Straßenfahrzeugen. Werden dabei auch Vorgaben für die anzuwendenden Methoden gemacht, so sind Bundesdienststellen bei der Beschaffung von energieverbrauchsrelevanten Produkten und Dienstleistungen verpflichtet, die Lebenszykluskosten bei der

Angebotsbewertung zu berücksichtigen.⁶ Grundsätzlich ist bei Beschaffungen von energieverbrauchsrelevanten Produkten oberhalb der EU-Schwellenwerte von Bietenden „in geeigneten Fällen“ eine Analyse minimierter Lebenszykluskosten oder einer „vergleichbaren Methode zur Überprüfung der Wirtschaftlichkeit“ zu verlangen. In jedem Fall ist unabhängig vom Beschaffungsgegenstand die Berücksichtigung von Lebenszykluskosten grundsätzlich zulässig.

Für den Zweck der Berücksichtigung von Lebenszykluskosten werden von verschiedenen Institutionen für eine Reihe von Beschaffungsgegenständen Empfehlungen und Vorlagen bereitgestellt, die Beschaffungsstellen nutzen können. Beispiele sind:

- ▶ Leitfäden und Excel-Tools des Umweltbundesamtes unter www.beschaffung-info.de
- ▶ Der Lebenszykluskosten-Tool-Picker vom Kompetenzzentrum Innovative Beschaffung unter <https://www.koinno-bmwi.de/informationen/toolbox/detail/lebenszyklus-tool-picker-1>

Die grundsätzlich angestrebte Beschaffung des Angebots mit dem besten Preis-Leistungs-Verhältnis kann (über Preis und Kosten hinaus) über die Festlegung von vielfältigen auch nicht monetär bewertbaren Kriterien und von deren Gewichtung erfolgen, die in Bezug auf die zu beschaffende Leistung Anwendung finden sollen. Wichtig ist, dass diese tatsächlich mit der zu beschaffenden Leistung in einem Zusammenhang stehen. Der Ansatz wird auch als „MEAT-Ansatz“ (Most Economically Advantageous Tender) bezeichnet (BMWI und KOINNO 2017).

Bereits im Vergaberecht gibt es Unterschiede in Bezug auf den Investitionsgegenstand. Dies betrifft insbesondere die verpflichtende Berücksichtigung von umweltbezogenen Aspekten. So sind u. a. für folgende Produkte/Leistungen spezifische Anforderungen definiert:

- ▶ Energieverbrauchsrelevante Waren, Geräte, Ausrüstungen oder entsprechende Dienstleistungen
- ▶ Besondere Regelungen für Beschaffung von Straßenfahrzeugen
- ▶ Bauleistungen
- ▶ Holzprodukte

Entsprechend § 67 VgV *sollen* für die **Beschaffung energieverbrauchsrelevanter Waren, Geräte oder Ausrüstungen** bzw. für Dienstleistungen, in denen diese zum Einsatz kommen, das höchste Leistungsniveau an Energieeffizienz und, soweit vorhanden, die höchste Energieeffizienzklasse im Sinne der Energieverbrauchskennzeichnungsverordnung gestellt werden (UBA (2019), S.67). Die Berechnung der Lebenszykluskosten oder eine vergleichbare Methode sollen „in geeigneten Fällen“ angewendet werden. Bundesdienststellen *müssen* bei energieverbrauchsrelevanten Produkten und Dienstleistungen das „Lebenszykluskostenprinzip“ einhalten.⁷ Gleiches gilt bei der Beschaffung von **Bauleistungen** durch Bundesdienststellen. Gemäß Artikel 2 Abs. 4 der AVV-EnEff gilt für Bundesdienststellen: „Für die Ermittlung des wirtschaftlichsten Angebots im Rahmen der Zuschlagsentscheidung sind neben den Anschaffungskosten die voraussichtlichen Nutzungskosten, insbesondere die Kosten für den Energieverbrauch der zu beschaffenden Leistung, die Wartungskosten und die Kosten am Ende der Nutzungsdauer zu

⁶ Gem. § 2, Absatz 4 der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Beschaffung energieeffizienter Leistungen (AVV-EnEff) vom 18. Mai 2020.

⁷ § 2 Absatz 4 der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Beschaffung energieeffizienter Produkte und Dienstleistungen (AVV-EnEff) vom 18. Mai 2020.

berücksichtigen (Lebenszykluskosten), es sei denn, eine solche Berücksichtigung ist nicht möglich oder sachgerecht. Die Kosten, die durch externe Effekte der Umweltbelastung entstehen, sind nach Maßgabe des § 59 Absatz 2 Nummer 5 und Absatz 3 VgV zu berücksichtigen.“

Gemäß § 68 VgV müssen Beschaffungsstellen bei der **Beschaffung von Straßenfahrzeugen** Energieverbrauch und Umweltauswirkungen in der Leistungsbeschreibung oder bei den Zuschlagskriterien berücksichtigen. Hier sind, umgerechnet auf die Gesamtkilometerleistung, die folgenden Parameter zu berücksichtigen: Energieverbrauch, Kohlendioxid-Emissionen, Emissionen von Stickoxiden, Emissionen von Nichtmethan-Kohlenwasserstoffen und partikel-förmige Abgasbestandteile. Diese Faktoren werden nach im Anhang der VgV vorgegebener Berechnungsmethode in Kosten umgerechnet (UBA (2019), S. 68). Es handelt sich damit quasi um eine Berechnung externer Kosten, auch wenn die Begrifflichkeit nicht verwendet wird.

Bei der **Beschaffung von Holzprodukten** dürfen Beschaffungsstellen der Bundesverwaltung nur Holz aus nachhaltiger und legaler Waldbewirtschaftung beschaffen.⁸

Weiterhin gibt es spezifische Vorschriften für verteidigungs- und sicherheitsrelevante Liefer- und Dienstleistungsaufträge, für Lieferaufträge im Sektorenbereich und für die Vergabe von Konzessionen.

Entscheidungen in Bezug auf öffentliche Beschaffungen unterliegen naturgemäß unterschiedlichen Konkretisierungsgraden, von übergreifenden politischen, strategischen oder gesetzlichen Vorgaben, über die Vereinbarung von Rahmenverträgen, konkreten Beschaffungsverfahren, bis hin zu operativen Entscheidungen während der Leistungserbringung.

Jenseits der konkreten Beschaffungsentscheidung können bereits durch politische Vorgaben, Leitungsvorgaben, Budgetfestlegungen und Rahmenverträge Entscheidungen für die Beschaffung getroffen werden, die eigenen Wirtschaftlichkeitskalkülen unterliegen und die Kalküle spezifischer Beschaffungsentscheidungen beeinflussen.

So ist bei der Vergabe von öffentlichen Aufträgen durch Bundesdienststellen gemäß Abs. 3 der AVV-EnEff bereits vor Einleitung eines Verfahrens zur Auftragsvergabe eine Wirtschaftlichkeitsuntersuchung nach § 7 der Bundeshaushaltsordnung durchzuführen. Diese schreibt im Einzelnen vor:

„(1) Bei Aufstellung und Ausführung des Haushaltsplans sind die Grundsätze der Wirtschaftlichkeit und Sparsamkeit zu beachten. Diese Grundsätze verpflichten zur Prüfung, inwieweit staatliche Aufgaben oder öffentlichen Zwecken dienende wirtschaftliche Tätigkeiten durch Ausgliederung und Entstaatlichung oder Privatisierung erfüllt werden können.

(2) Für alle finanzwirksamen Maßnahmen sind angemessene Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen durchzuführen. Dabei ist auch die mit den Maßnahmen verbundene Risikoverteilung zu berücksichtigen. In geeigneten Fällen ist privaten Anbietern die Möglichkeit zu geben darzulegen, ob und inwieweit sie staatliche Aufgaben oder öffentlichen Zwecken dienende wirtschaftliche Tätigkeiten nicht ebenso gut oder besser erbringen können (Interessenbekundungsverfahren).“

Spezifische Vorgaben, wie diese Wirtschaftlichkeitsuntersuchung im Vorfeld eines Beschaffungsverfahrens zu erfolgen hat, scheinen nicht formal vorgeschrieben zu sein.

⁸ Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Gemeinsamer Erlass zur Beschaffung von Holzprodukten vom 22.12.2010.

2.4.2 Weitere Einflussfaktoren

Beschaffungsvorgänge finden in einem gesellschaftlichen Kontext statt, der - über formalisierte Vorgaben hinaus - auf Entscheidungen wirken kann. Die nachstehende Tabelle 3 gibt eine Übersicht möglicher Einflussfaktoren, die auf Kalküle im Beschaffungsvorgang wirken können.

Tabelle 3: Mögliche weitere Einflussfaktoren auf Wirtschaftlichkeitskalküle

Art des Einflussfaktors	Beispiele
Strategisch	Politische Ziele Strategische Ziele der Beschaffungsstelle (z.B. Förderung von Innovation) (BMWi / KOINNO 2019)
Finanziell	Haushaltspläne und -vorgaben (Haushaltsmittel)
Personell	(Fehlende) Kenntnisse über Anforderungen, Möglichkeiten und Gestaltungsspielräume Spezialisierungsgrad (OECD 2019), S. 254f) Fachliches Wissen zu Beschaffungsgegenständen (OECD 2019) (Mangel an) Personal, Zeit und Ressourcen ggfs. persönliche Motive
Kulturell	Bisherige herrschende Praxis Implizite Erwartungshaltungen
Organisatorisch	Bindende Verträge Interessenkonflikte Kollision mit Vergaberecht Zeitdruck Zentralisierungs-/Dezentralisierungsgrad (OECD 2019) Rotationsprinzip bei Beamten und damit begrenzter Spezialisierungsgrad (OECD 2019)
Gesellschaftlich	Politische Erwägungen/Erwartungshaltung der Öffentlichkeit Vorherrschende Themen

Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut.

2.4.3 Investitionsrechenarten

Wirtschaftlichkeitskalküle können an verschiedenen Stellen des Beschaffungsprozesses eine Rolle spielen. In allen Fällen gilt der Grundsatz, dass das wirtschaftlichste Angebot zu wählen ist. Dies bedeutet nicht das günstigste Angebot, sondern das Angebot, welches die definierten Anforderungen im Verhältnis zu den Kosten (nicht zum Preis) am besten erfüllt.

Zwei Fällen kommt eine besondere Bedeutung zu: der Definition der Anforderungen an die zu beschaffende Leistung (insbesondere auch der Bedarfsermittlung und der Definition des Auftragsgegenstandes) und der Angebotsbewertung.

Neben der eigentlichen Angebotsbewertung kommt der vorgelagerten Definition der Anforderungen an den Leistungsgegenstand damit eine zentrale Bedeutung zu. Denn die Anforderungen sind bei der späteren Angebotsbewertung zu berücksichtigen. Diese Phase erscheint besonders geeignet, um Umweltkosten einzubeziehen, auch wenn dies bislang nicht vorgegeben ist. Daher ist es interessant zu verstehen, welche Wirtschaftlichkeitskalküle in der Definition der

Anforderungen greifen. Dies dürften in der Regel nicht formalisierte Investitionsrechenarten sein, sondern vielmehr explizite und implizite Erwägungen, die sich aus Einflussfaktoren wie in Tabelle 3 ergeben. Eine wichtige Rolle kommt den zur Verfügung stehenden und verhandelten Haushaltsmitteln zu. Über die Haushaltsplanung werden den Beschaffungsstellen Mittel für die Umsetzung ihrer Aufgaben und zum Erreichen ihrer Ziele zur Verfügung gestellt. Das heißt bereits vor einer Ausschreibung gibt es üblicherweise eine grundsätzliche Gegenüberstellung der erwarteten Leistungen mit den zur Verfügung stehenden Haushaltsmitteln. Da es hierbei noch nicht um den Vergleich tatsächlicher Angebote geht, geht es eher um eine Abwägung verschiedener Ziele einer Organisation und den Einsatz knapper Mittel für die verschiedenen Ziele. Eine wichtige Frage hierbei ist: „Mit welcher Leistung kann bei einem gegebenen Budget der größte Beitrag zu den Aufgaben und Zielen der beschaffenden Organisation erreicht werden?“ In diesem Zusammenhang können auch taktische Überlegungen in der Beschaffung von Bedeutung sein, beispielsweise bestehen für die interne Vorbereitung und Priorisierung von zu beschaffenden Leistungen gegebenenfalls Anreize, diese zunächst höher oder niedriger als tatsächlich erwartet anzusetzen, um damit die Bewilligung und spätere Umsetzung positiv zu beeinflussen.

Für die eigentliche Angebotsbewertung muss für die Identifikation des wirtschaftlichsten Angebots der Nutzen den Kosten gegenübergestellt werden. Die genaue Form hierfür ist meist freigestellt. Kommen Zuschlagskriterien zum Einsatz, sind Nutzwertanalysen und Kosten-Nutzen-Analysen (für die Bewertung des Preis-Leistungs-Verhältnisses) üblich. Sowohl in Bezug auf die Nutzendefinition wie auf die betrachteten Kosten bestehen in der Regel große Freiheitsgrade, jedoch müssen alle Bewertungselemente und deren Gewichtung bereits bei der Ausschreibung den Bietern bekannt sein. Für die Bewertung sollen Lebenszykluskosten als Bewertungsgrundlage dienen. Dies ist zum Teil explizit gefordert und sonst immer möglich. Welche Kostenkategorien im Einzelnen zu berücksichtigen sind, ist in der Regel freigestellt. Bei einigen Produkten (insbesondere energieverbrauchende Produkte) sind Energiekosten zwingend zu berücksichtigen. Weitere Kostenkategorien können berücksichtigt werden, müssen jedoch bereits in den Anforderungen genannt und bekannt sein.

Die Bewertung von Zuschlagskriterien im Vergleich zu (Lebenszyklus-)kosten über eine Nutzwertanalyse stellt damit den üblichen Fall dar, sofern Zuschlagskriterien über die Leistungsbeschreibung und technische Spezifikationen hinaus definiert sind.

Für diese Elemente gibt es jedoch viele Wahlmöglichkeiten (siehe unten zu Auslegungsspielräumen). Das heißt über die Auswahl der Elemente werden letztlich auch die Kalküle bewusst oder unbewusst beeinflusst. Es können auch weitere Bewertungskriterien definiert werden (z.B. Rentabilität).

Auslegungsspielräume sind innerhalb der gesetzlichen Bestimmungen, verwaltungsrechtlichen Vorschriften und auf Basis der allgemeinen Grundsätze der Wirtschaftlichkeit, Sparsamkeit und Verhältnismäßigkeit in allen Phasen des Beschaffungsprozesses gegeben, insbesondere in Bezug auf

- die Wahl der Verfahrensart,
- die Definition des Beschaffungsgegenstandes,
- die Definition der technischen Spezifikationen,
- die Definition der Kostenarten bei Anwendung der Lebenszykluskostenrechnung,
- die Definition der Zuschlagskriterien und

► die Gewichtung der Zuschlagskriterien und Kostenelemente.

Bei der Wahl der Verfahrensart bestehen Ermessensspielräume, insbesondere in Bezug auf die Definierbarkeit der zu beschaffenden Leistung und die Marktreife.

Bei der Definition des Beschaffungsgegenstands können strategische Ziele, inkl. umweltbezogene Aspekte, explizit aufgenommen werden. Eine Beschränkung auf spezifische Aspekte ist nicht vorgeschrieben, solange ein Bezug zum Auftragsgegenstand gegeben ist. So ist es auch möglich, Nutzelemente wie Garantien oder Mindestlebensdauern aufzunehmen. Diese Entscheidung muss allerdings von der beschaffenden Stelle bewusst getroffen werden und mit in die Ausschreibung aufgenommen werden. Diesem Schritt kommt für die Berücksichtigung umweltbezogener Aspekte eine besondere Bedeutung zu, da somit nur ökologisch vorteilhafte Beschaffungsvarianten zugelassen und damit bewertet werden.

Die Definition der technischen Spezifikationen erlaubt die Präzisierung von spezifischen Anforderungen, die für alle Anbieter zu erfüllen sind. Aus dem Vergaberecht ergeben sich weitreichende Möglichkeiten umweltbezogene Anforderungen zu definieren, sofern sie einen Bezug zum Beschaffungsgegenstand haben und eine Grundlage für deren Nachweis gegeben ist.

Das gleiche gilt in Bezug auf Kostenarten, für die ebenfalls weitreichende Auslegungsspielräume bestehen, solange sie mit dem Beschaffungsgegenstand in Bezug stehen. Das können eine Vielzahl von Kostenarten, inkl. externer Kosten, sein.

Über die Zuschlagskriterien und der Festlegung von deren Gewichtung im Vergleich zum Preis und den weiteren Kostenelementen können Schwerpunkte und strategische Ziele konkretisiert werden, die strategische Ziele unterstützen und das letzte Wirtschaftlichkeitskalkül stark prägen. Der Preis und auch die Kosten einer Leistung sind nur ein Element der Wirtschaftlichkeitsbewertung bei der Feststellung des besten Preis-Leistungs-Verhältnisses.

Grundsätzlich können alle Kosten, die mit dem Beschaffungsgegenstand in Verbindung stehen, bei der öffentlichen Vergabe Berücksichtigung finden, auch externe/gesellschaftliche Kosten. Wenn dies nicht explizit vorgeschrieben ist (siehe oben), ist jedoch auch eine Vergabe alleine auf Basis des Preises möglich. Welche Kostenarten berücksichtigt werden und wie diese im Einzelnen ermittelt werden, liegt im Ermessen der Vergabestelle.

Den Kosten stehen unterschiedliche Nutzenarten gegenüber. Dies sind zum einen die vorgegebenen zu erbringenden Leistungen (definiert durch die Art des Beschaffungsgegenstandes, die technischen Spezifikationen), und zum anderen z. B. Mindestanforderungen an die Energieeffizienz, die in Energieeinsparungen und einem Beitrag zur Reduktion von klimarelevanten Emissionen resultieren. Da diese von allen Anbietenden gleichermaßen erfüllt werden müssen, gehen diese allerdings nicht unmittelbar in den Vergleich des Preis-Leistungsverhältnisses verschiedener Anbietender ein. Nichtsdestotrotz stellen diese naturgemäß den Kern der Leistung und damit den erwarteten Nutzen für die Beschaffungsstelle dar.

Über Zuschlagskriterien kann ein weitergehender Nutzen definiert werden, beispielsweise durch die Berücksichtigung einer besonders langen Lebensdauer beschaffter Waren oder geringeren Emissionen.

Ein monetärer Nutzen ergibt sich üblicherweise über geringere Kosten in einer Lebenszykluskostenbetrachtung.

Ähnlich verhält es sich in Bezug auf die zu berücksichtigenden Kostenarten. Lebenszykluskosten können gemäß § 59 VgV als Zuschlagskriterien berücksichtigt werden. Hierbei ist in § 59 Abs. 2 VgV explizit aufgeführt, welche Kostenelemente die Berechnung umfassen kann:

„Die Anschaffungskosten, Nutzungskosten (insbesondere den Verbrauch von Energie und anderen Ressourcen), Wartungskosten, Kosten am Ende der Nutzungsdauer sowie Kosten, die durch die externen Effekte der Umweltbelastung entstehen, die mit der ausgeschriebenen Leistung während ihres Lebenszyklus in Verbindung stehen, sofern ihr Geldwert bestimmt und geprüft werden kann (z. B. Kosten der Emission von Treibhausgasen oder anderen Schadstoffen).“ (UBA (2019), S. 95)

Interessant ist die explizite Möglichkeit auch externe gesellschaftliche Kosten bei den Kostenarten zu berücksichtigen:

Kosten, die durch die externen Effekte der Umweltbelastung entstehen, die mit der Leistung während ihres Lebenszyklus in Verbindung stehen, sofern ihr Geldwert nach Absatz 3 bestimmt und geprüft werden kann; solche Kosten können Kosten der Emission von Treibhausgasen und anderen Schadstoffen sowie sonstige Kosten für die Eindämmung des Klimawandels umfassen. (§ 59 Abs. 2 Nr. 5 VgV)

Bei Straßenfahrzeugen ist dies über eine vorgegebene Berechnungsmethode für bestimmte Emissionen/Umweltauswirkungen quasi fest vorgeschrieben (siehe oben).

Wie unter 2.4.1 bereits ausgeführt enthält das Bundes-Klimaschutzgesetz seit Ende 2019 ebenfalls die Vorgabe, dass der Bund bei der Planung, Auswahl und Durchführung von Investitionen und bei der Beschaffung jeweils prüft, wie damit jeweils zum Erreichen der nationalen Klimaschutzziele beigetragen werden kann. Durch die Vorgabe des § 13 Abs. 3 S. 2 KSG, dass die „zu erwartenden volkswirtschaftlichen Kosten für den Klimaschutz [...] auf geeignete Weise zu berücksichtigen [sind]“, ist auch ein Ankerpunkt gesetzt, wonach die externen Effekte des Klimaschutzes bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit bei allen Investitionen und Beschaffungen einzubeziehen sind. Allerdings sind die bisherigen Vorgaben dazu im KSG wenig konkretisiert. Deshalb steht zu befürchten, dass in vielen Vergabestellen noch eine Unsicherheit vorhanden ist, wie die neuen gesetzlichen Vorgaben in der Praxis anzuwenden sind. Es wäre zu begrüßen, wenn die Vorgaben entweder im KSG oder auf untergesetzlicher Ebene näher konkretisiert würden.

Datengrundlagen und Wahlmöglichkeiten

Für die öffentliche Beschaffung sind an unterschiedlichen Stellen im Beschaffungsprozess unterschiedliche Informationen und Daten relevant.

Bei der Angebotsvorbereitung, der Entscheidung für ein Vergabeverfahren und der Definition des Beschaffungsgegenstandes ist ein gutes Verständnis potenziell angebotener Leistungen, des erwartbaren Leistungsniveaus und der Anzahl möglicher Anbieter hilfreich.

Für die Kostenplanung in der öffentlichen Haushaltsplanung sollte auch bereits der ungefähre Rahmen der zu erwartenden Kosten bekannt sein.

Die spezifisch benötigten Daten für die Festlegung von technischen Spezifikationen, Kostenkategorien und Zuschlagskriterien hängen sehr von dem betreffenden Beschaffungsgegenstand ab. Für Bauleistungen werden andere Informationen benötigt als für Lieferleistungen, wie z.B. Multifunktionsdrucker.

Für Lebenszykluskostenberechnungen werden grundsätzlich Informationen zu wesentlichen Kostenparametern und Kostentreibern (z. B. Verbrauchsmaterial) je nach Beschaffungsgegenstand benötigt. Weiterhin können Informationen zu Energiepreisentwicklung und Diskontierungsfaktoren wesentliche Grundlage der Wirtschaftlichkeitsbewertung sein.

Für die Berücksichtigung monetarisierter externer Kosten werden Informationen zu grundlegenden monetarisierbaren ökologischen Parametern benötigt, z. B. zur Höhe der THG-

Emissionen, Luftschadstoffe, Lärm. Diese können entweder für alle Anbieter als Berechnungsgrundlage vorgegeben werden oder von den Anbietern nachweislich abgefragt werden, um Grundlage der Bewertung zu werden.

Für die Berücksichtigung monetarisierter externer Kosten werden weiterhin Grundlagen für anzuwendende Kostensätze benötigt (bspw. Schadenskosten je Tonne CO₂e) wie sie vom Umweltbundesamt über die Methodenkonvention bereitgestellt werden.

Grundsätzlich hat die Vergabestelle über die Definition der Ausschluss- und Zuschlagskriterien direkten Einfluss auf die benötigten Informationen für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit.

Neben den Vorschriften im Vergaberecht, gibt es für viele Produktgruppen und Leistungen bereits Leitfäden, Ausschreibungsempfehlungen, Praxisbeispiele, Ausschreibungsunterlagen, die als Grundlage für die Berücksichtigung von Umweltaspekten im Beschaffungsprozess genutzt werden können. Dies beinhaltet bzw. wird ergänzt um die Möglichkeit zur Nutzung von Leitfäden und Tools (z. B. für Lebenszykluskostenrechnung), die weitergehende Informationen und Daten enthalten (bspw. vorgeschlagene Kostenfaktoren).

2.4.4 Fazit

Im Vergaberecht und der öffentlichen Beschaffung sind weitreichende Möglichkeiten vorgesehen, mit einer zu beschaffenden Leistung in Verbindung stehende Umweltaspekte bei der Auswahl einer Leistung zu berücksichtigen. Dies ist in allen Phasen eines Beschaffungsprozesses möglich, von der Festlegung des Beschaffungsgegenstandes, über die Definition der technischen Spezifikationen und Zuschlagskriterien bis zur Ausführung der Leistung. Explizit ist die Berücksichtigung von Lebenszykluskosten und in diesem Kontext auch von externen Kosten möglich – hinsichtlich des Klimaschutzes sind sie durch die Vorgaben des § 13 KSG sogar verpflichtend vorgesehen. Nur für wenige Beschaffungsgegenstände bestehen allerdings konkretisierte bzw. spezifische Vorgaben zur verpflichtenden Berücksichtigung von Umweltaspekten. Verbindliche Vorgaben existieren u. a. für energieverbrauchende Produkte und Straßenfahrzeuge.

Eine wesentliche Methode für die Bewertung von zu beschaffenden Leistungen sind sogenannte Lebenszykluskosten, die eine Bewertung nicht nur nach dem nominellen Preis einer Leistung, sondern nach Möglichkeit einschließlich aller damit einhergehenden Kosten vornehmen. In solch einer Gesamtkostenbetrachtung können Kosten für Wartung, Verbrauchsmaterial, Ersatz, Entsorgung etc. mitberücksichtigt werden. Eine Entscheidung für niedrigen Lebenszykluskosten ist oftmals auch eine Entscheidung für eine ökologischere Leistung, da Folgekosten, z. B. für Energieverbrauch, auch mit Umweltbelastungen einhergehen.

Das Vergaberecht sieht auch explizit die Möglichkeit vor, externe (gesellschaftliche) Kosten bei der Vergabeentscheidung zu berücksichtigen. Für die Beschaffung von Straßenfahrzeugen ist dies über das EU-Vergaberecht vorgeschrieben. Allerdings ist offengelassen, ob dies durch eine Monetarisierung der externen Kosten erfolgt oder durch eine andere angemessene Berücksichtigung der entsprechenden Umweltauswirkungen. Bei allen anderen Beschaffungsleistungen ist die Berücksichtigung monetarisierter externer Kosten weder vorgegeben noch über entsprechende Tools in der Anwendung unterstützt.

Die in Deutschland für die öffentliche Beschaffung als Vorlagen bereit gestellten Tools für die Berücksichtigung und Berechnung von Lebenszykluskosten beinhalten bisher wichtige direkte Kosten, die mit einer zu beschaffenden Leistung in Verbindung stehen. Es stellt sich die Frage, ob und wie eine systematische Berücksichtigung von monetarisierten externen Kosten zu veränderten Entscheidungskalkülen bei der öffentlichen Beschaffung führen könnte und welche Vor- und Nachteile ein solcher Ansatz hätte.

3 Hemmnisanalyse und Reformvorschläge

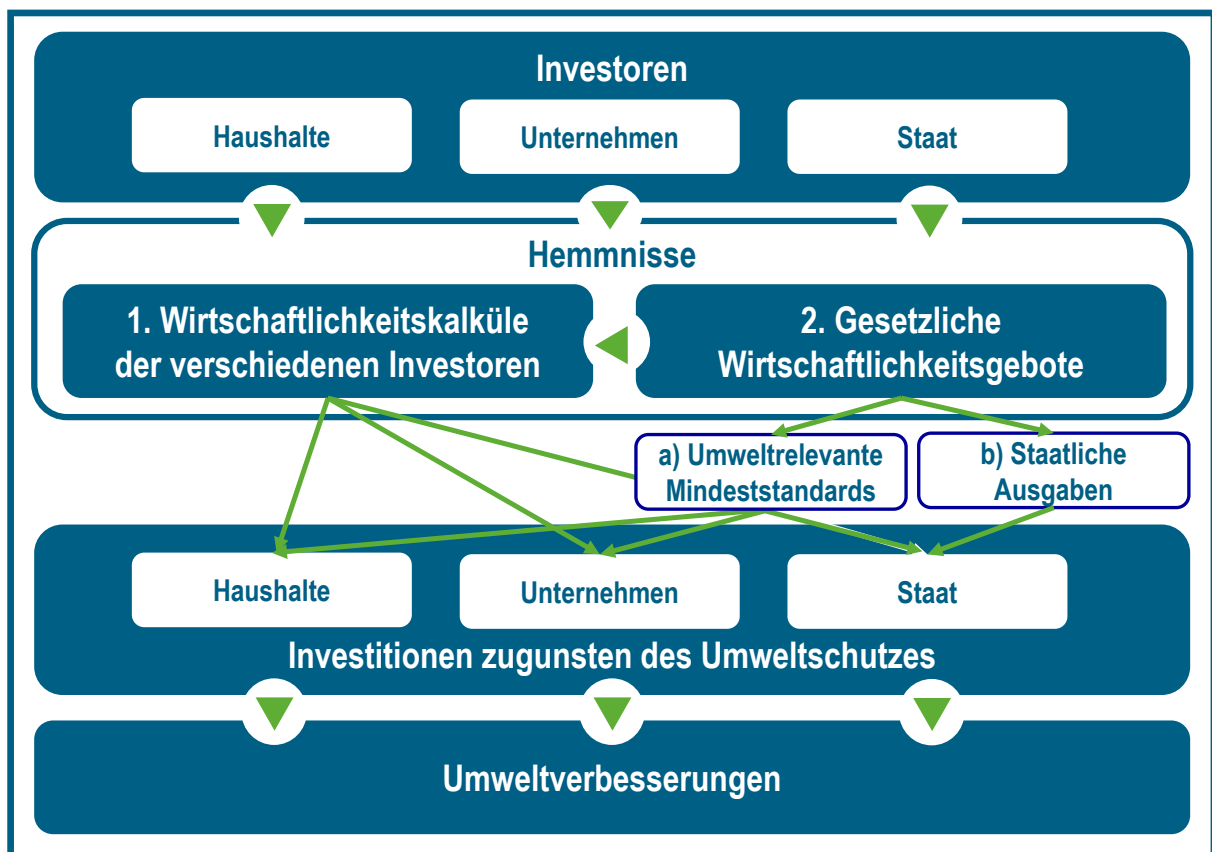
In diesem Kapitel wird eine vertiefte Hemmnisanalyse durchgeführt, mit Beispielen unterfüttert und darauf aufbauend werden mögliche Reformvorschläge entwickelt. Für die Hemmnisanalyse werden Faktoren im Zusammenhang mit Wirtschaftlichkeitskalkülen und Wirtschaftlichkeitsgeboten identifiziert, die Investitionen zugunsten des Umweltschutzes „in der Breite“ und/oder „in der Tiefe“ hemmen – beispielsweise unattraktiv oder unrentabel machen oder sogar unterbinden. Dabei wird unterschieden in:

1. Investitionshemmnisse, die sich grundsätzlich aus den Wirtschaftlichkeitskalkülen unterschiedlicher Akteurinnen und Akteure (Haushalte, Unternehmen, Staat) ergeben (Kapitel 3.1); und
2. Investitionshemmnisse, die sich aus gesetzlichen Wirtschaftlichkeitsgeboten ergeben. Hier ist wiederum zu unterscheiden zwischen:
 - a) Investitionshemmnissen, die sich aus Wirtschaftlichkeitsgeboten im Kontext von umweltrelevanten Mindeststandards ergeben (Kapitel 3.2). In diesem Fall verhindern Wirtschaftlichkeitsgebote im Fachrecht, dass der Gesetz- oder Verordnungsgeber strengere Umweltschutzstandards erlässt, wenn (private, unternehmerische oder staatliche) Investitionen damit unwirtschaftlich werden könnten.
 - b) Investitionshemmnissen, die sich aus Wirtschaftlichkeitsgeboten im Kontext von staatlichen Ausgaben (Beschaffung, Investitionen) ergeben (Kapitel 3.3). Wirtschaftlichkeitsgebote in unterschiedlichen Rechtsmaterien erfordern, dass eine entsprechende Ausgabe wirtschaftlich ist. Dabei können fachrechtliche Regelungen vorgeben, ob bestimmte Kostenarten (Lebenszyklus, Umweltkosten), (Umwelt-) Nutzen oder welche Ansätze zur Wirtschaftlichkeitsrechnung verwendet werden müssen bzw. nicht verwendet werden dürfen.

Während sich die Investitionshemmnisse unter 1) und 2.a) auf Investitionen verschiedener Akteurinnen und Akteure auswirken, beziehen sich die unter 2.b) lediglich auf Investitionen bzw. Ausgaben staatlicher Einrichtungen.

Der schematische Entscheidungsprozesses in Bezug auf umweltrelevante Investitionen und die Wirkung von Wirtschaftlichkeitskalkülen und -gebote werden in Abbildung 6 dargestellt.

Abbildung 6: Schematischer Entscheidungsprozess in Bezug auf umweltrelevante Investitionen und die Wirkung von Wirtschaftlichkeitskalkülen und geboten



Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut.

3.1 Hemmnisse im Zusammenhang mit Wirtschaftlichkeitskalkülen

Die Art der Wirtschaftlichkeits- bzw. Investitionsrechnung kann Auswirkungen haben auf die Umweltperformance der zu beschaffenden Produkte und Dienstleistungen. Sie wirkt sich u.a. darauf aus, wie die Systemgrenzen der Berechnung gesetzt werden, welche Kosten- und Nutzenarten einbezogen werden, welche Annahmen getroffen werden müssen und welche weiteren Informationen einfließen können. Tabelle 4 umreißt verschiedene hier relevante Investitionsrechenarten (einschließlich der Input- und Outputvariablen) und beschreibt die jeweiligen Stärken und Schwächen aus Umweltsicht.

Tabelle 4: Verschiedene Investitionsrechenarten – Stärken & Schwächen aus Umweltsicht

Art der Investitionsrechnung	Input-Variablen	Output-Variablen	Stärken und Schwächen aus Umweltsicht
Statischer Vergleich von Gesamtkosten und -nutzen	Investition, Einzahlungen und Auszahlungen über die Lebensdauer	Gesamtkosten, Gesamtnutzen	Stärke: Nutzen werden gleichgewichtig berücksichtigt, unabhängig davon, wann sie entstehen. Schwäche: Nur monetarisierbare Nutzen werden berücksichtigt, nicht der Zeitwert des Geldes und

			damit Opportunitätskosten (und ggf. Finanzierungskosten)
Statische Amortisationsrechnung	Investition, jährliche Einzahlungen und Auszahlungen bis zum Erreichen der Amortisation	Amortisationsdauer	Stärke: Kosten und Nutzen der Zukunft werden gleichgewichtig berücksichtigt. Schwäche: Einsparungen/Nutzen über die Amortisationsdauer hinweg (also auch nach dem Amortisationszeitpunkt) werden nicht berücksichtigt.
Dynamische quantitative Verfahren, z.B. Kapitalwertmethode, Annuitätenmethode, Interne-Zinsfuß-Methode	(erwartete) Einzahlungen und Auszahlungen (z.B. Investition, Kosteneinsparungen), Diskontrate, Lebensdauer	(diskontierter) Kapitalwert, Annuität, Rendite, auch Amortisationsdauer	Stärke: Berücksichtigung der zeitlichen Struktur von Zahlungen. Optionen mit unterschiedlichem Kapitaleinsatz und Laufzeit können vergleichbar gemacht werden. Schwächen: Nutzen/Einsparungen der Zukunft werden ebenfalls geringer gewichtet. Herausforderung der Bestimmung des Kalkulationszinssatzes bzw. der Opportunitätskosten des Kapitals. Bei interner Zinsfuß-Methode: implizite Wiederanlageprämisse zum internen Zins.
Multikriterielle und semi-quantitative Verfahren, z.B. Nutzwertanalyse	Neben den quantitativen Variablen gehen auch nicht-monetäre Zielkriterien, z.B. Umweltauswirkungen, in die Analyse ein	Ranking der Optionen in Abhängigkeit der Zielkriterien	Stärke: Berücksichtigung von nicht-monetarisierbarem Nutzen möglich. Schwächen: Keine einheitliche Vorgabe und Maßstab für Zielkriterien und Gewichtung von Umweltkriterien.
Heuristiken	Externe oder interne Informationen/ Erfahrungen	Ranking der Optionen auf Basis von jeweiligen Erfahrungs-/ Einschätzungs-kriterien	Stärke: Explizite Formulierung von Umweltaspekten in Abhängigkeit von Informationsstand und Rahmenbedingungen möglich. Schwäche: Es gibt keinen einheitlichen Bewertungsmaßstab für Umweltaspekte, bietet keine fundierte/ rechtssichere Entscheidungsgrundlage.

Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut.

3.1.1 Mangelnde Transparenz und Verzerrungen („Bias“) durch die Art der Wirtschaftlichkeits-/Investitionsrechnung bei privaten Akteurinnen und Akteuren

Hemmnis

Unternehmen und Haushalte entscheiden i. d. R. frei darüber, welche Methoden der Wirtschaftlichkeitsrechnung sie für die Planung von (umweltrelevanten) Investitionen einsetzen. Neben quantitativen bzw. semi-quantitativen Verfahren begründen Unternehmen (v. a. Kleinst-, Familienunternehmen) ihre Investitionsentscheidungen häufig auch auf Heuristiken (Erfahrungswerten). Private Haushalte nutzen oft keine klassischen Investitionsrechnungen (vgl. Gossen und Nischan 2014 für energetische Gebäudesanierungen). Dies kann dazu führen, dass wirtschaftliche Potenziale nicht gehoben werden, da die Einsparungen nicht oder nur teilweise in die Investitionsrechnung einbezogen werden.

Beispiele

In Unternehmen werden unterschiedlichste Ansätze der Investitions- bzw. Wirtschaftlichkeitsrechnung genutzt. Für Investitionen in Energieeffizienztechnologien zeigt sich allerdings, dass ein häufig genutztes Entscheidungskriterium die Amortisationsdauer darstellt, während der internen Verzinsung und der Lebenszykluskostenberechnung untergeordnete Rollen zukommen (Jochem 2014). Für die Entscheidung werden häufig maximale Investitionsdauern von zwei bis drei Jahren als Entscheidungskriterium angelegt (Mai et al. 2014), was dazu führt, dass wirtschaftliche Energieeffizienzpotenziale nicht gehoben werden. Auch (Nissen 2020) konstatiert im Kontext von Investitionen im Energiebereich u. a. eine hohe Intransparenz der Ergebnisdarstellung, die verbreitete Anwendung statischer Berechnungsverfahren anstelle dynamischer sowie einen Mangel an qualifizierten Personen zur Durchführung von Wirtschaftlichkeitsberechnungen.

Für den Bereich private Haushalte nutzt eine Studie von (Zundel und Albrecht 2010) das Konzept der „gefühlten Wirtschaftlichkeit“. Dies geht, am Beispiel von energetischen Sanierungsmaßnahmen von Gebäuden, der Frage nach, wie Eigenheimbesitzer*innen die Wirtschaftlichkeit bewerten, wie sich Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen in Entscheidungen niederschlagen und welche Folgen sich daraus für Energieberatung und Förderprogramme in der Praxis ergeben. Die Studie konstatiert, dass viele Eigenheimbesitzer*innen die Amortisationsrechnung verwenden und diese auf Basis der Gesamtsanierungskosten anlegen. Diese Methode ist einfach und nachvollziehbar, greift aber zu kurz, da a) in der Regel entlang von Investitionszyklen saniert wird, also dann, wenn ohnehin Instandsetzungen anstehen. Dementsprechend dürfen in der Rechnung nur die Mehrkosten für energetische Sanierung angelegt werden. Die Methode greift aber auch deshalb zu kurz, weil b) die Amortisationsrechnung nicht die Einsparungen über den gesamten Zeitraum berücksichtigt. Insbesondere bei langlebigen Gütern ist sie daher zu kurzfristig ausgerichtet und lässt wesentliche Einsparungen unberücksichtigt. Die „gefühlte Wirtschaftlichkeit“ enthält darüber hinaus noch Aspekte wie Vorsorgegedanken, Werteerhalt, Liquidität, Betrachtung der Maßnahme als (Zukunfts-)Investition oder als reinen Kostenblock, subjektive Einschätzung von Preisentwicklungen, von Steuerersparnissen u. a. zur Überwindung der Hemmnisse werden von Albrecht und Zundel (2010) insbesondere die Energieberatung durch Expert*innen genannt, die die Wirtschaftlichkeit ganzheitlich auf Basis von gesicherten Daten ermitteln und den Eigenheimbesitzer*innen darlegen. Auch alternative Finanzierungsmodelle helfen, Hemmnisse zu überwinden. Beispiele sind die Verwendung der staatlichen Förderung im Rahmen der Riesterrente für den Kauf von Wohneigentum als Altersvorsorge oder Finanzierung durch Contracting, das als lohnenswertes Geschäftsfeld speziell für den Ein- und Zweifamilienhausbereich entwickelt werden müsste.

Reformansätze

- Unternehmen: Durch Aktualisierung der DIN EN ISO 50.001 (Energiemanagement) im Hinblick auf die Durchführung von Wirtschaftlichkeitsberechnungen könnte sowohl die Transparenz als auch die Qualität von Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen verbessert werden. Zum Beispiel könnte die Norm genauer beschreiben, wie Wirtschaftlichkeitsberechnungen durchgeführt werden sollten. An dieser Stelle müssten Normungsgremien aktiv werden. Allerdings sind die Auswirkungen einer Anpassung der Norm unsicher, während Aktualisierungen von Normen zeitaufwendig und langwierig sein können. Daher scheint es wichtig, dass Unternehmen eine gute Praxis in diesem Bereich entwickeln oder beibehalten, je nachdem, wo sie stehen. Und da dies auch maßgeblich von den Mitarbeitenden bestimmt wird, ist es hilfreich, dass Stärken und Schwächen der verschiedenen Arten der Wirtschaftlichkeits-/Investitionsbewertung auch im Hinblick auf den Umweltschutz in den Lehrplänen angemessen berücksichtigt werden.
- Private Haushalte: Wie oben beschrieben, können alternative Finanzierungsmodelle geeignet sein, die „gefühlte Wirtschaftlichkeit“ von Privatpersonen zu verändern bzw. anzusprechen. Z. B. kann eine Förderung von Contracting-Modellen Liquiditätshemmnissen oder der Sorge vor Verschuldung begegnen (Zundel und Albrecht 2010). Die öffentliche Hand kann dies durch Maßnahmen, vorzugsweise in Verbindung mit Energieberatungen durch Expert*innen, unterstützen.

3.1.2 Unzureichende Berücksichtigung von Lebenszykluskosten in Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Hemmnis

Die Planung von Investitionen durch private Haushalte (z. B. in langlebige Konsumgüter) unterliegen keinen gesetzlichen Wirtschaftlichkeitsgeboten und daher auch keinen Vorgaben zu Methoden der Wirtschaftlichkeitsberechnung, die etwa eine Berücksichtigung von Lebenszykluskosten umfassen könnten. Haushalte berücksichtigen bei (umweltrelevanten) Investitionen Lebenszykluskosten faktisch nur sehr unzureichend (vgl. Kapitel 2.3). Häufig werden vergleichsweise aufwändige Wirtschaftlichkeitsberechnungen, wie sie zur Erfassung von Lebenszykluskosten nötig sind, wegen mangelnden Bewusstseins, mangelnder Kompetenzen, der damit verbundenen Kosten und weiterer Hemmnisse nicht durchgeführt.

Auch in privatwirtschaftlichen Unternehmen unterliegt die Planung von Investitionen i. d. R. keinen gesetzlichen Wirtschaftlichkeitsgeboten und keinen Vorgaben zur Methodik. Dennoch haben sich (teils unternehmensspezifische) Konventionen ausgeprägt, die unternehmerische Investitionsentscheidungen beeinflussen.

Um zu entscheiden, ob ein bestimmtes Investitionsprojekt in Unternehmen durchgeführt werden soll oder nicht, werden in der Regel Wirtschaftlichkeitsberechnungen durchgeführt (vgl. Tabelle 4). Ein häufig genutzter Ansatz, mit dessen Hilfe Risiken bei der Rückgewinnung von Kapital bewertet werden, ist die Berechnung der Amortisationszeit. Sie beschreibt den Zeitraum, innerhalb dessen das in einer Investition gebundene Kapital zurückfließt. Für Investitionen in Energieeffizienztechnologien weisen verschiedene Studien darauf hin, dass Unternehmen Amortisationszeiten von etwa drei bis fünf Jahren anstreben (vgl. Abschnitt 2.4). Dies führt einerseits dazu, dass viele Projekte, die wirtschaftlich tragfähig sind und einen ökologischen Nutzen haben, nicht umgesetzt werden. Andererseits kann dies bei der Wahl zwischen verschiedenen Technologien dazu führen, dass diejenige mit der kürzesten Amortisationszeit ausgewählt wird, selbst wenn deren Lebenszykluskosten nicht die niedrigsten sind. Zum Beispiel kann ein Unternehmen eine Technologie wählen, die weniger Investitionen erfordert,

aber auch weniger effizient ist und daher höhere Energiekosten verursacht, was sich wiederum in höheren Lebenszykluskosten niederschlägt. Oder ein Investor entscheidet sich für Technologien oder Anlagen mit vergleichsweise vorteilhafter Amortisationsdauer, die jedoch am Ende ihres Lebenszyklus hohe Kosten für Rück- oder Abbau, Sanierung oder Modernisierung verursachen (beispielsweise Atomkraftwerke, Braunkohleabbau etc.) – Kosten, die bei der Berechnung der Amortisationszeit nicht berücksichtigt werden (Barckhausen et al. 2019, Exkurs zu Amortisationszeit).

Zu strikte Anforderungen an die Amortisationszeit führen also dazu, dass ökologisch ambitionierte Investitionen nicht oder in geringerem Ausmaß getätigt werden oder ökologisch problematische Investitionen betriebswirtschaftlich rentabel erscheinen. Die Vorgaben für die Anforderung an die Amortisationsdauer hängen von den Strukturen in den Unternehmen ab. Dabei spielt die wirtschaftliche Situation eine Rolle. Es kann aber auch davon ausgegangen werden, dass die Anforderungen an Investitionen aus verschiedenen Bereichen (z. B. Produktionstechnik vs. Energieeffizienz) mehr oder weniger streng sein können. Die Identifizierung von strategischen Werten und Mehrfachnutzen ökologisch ambitionierter Investitionen kann hier zum Abbau von Barrieren beitragen.

Beispiele

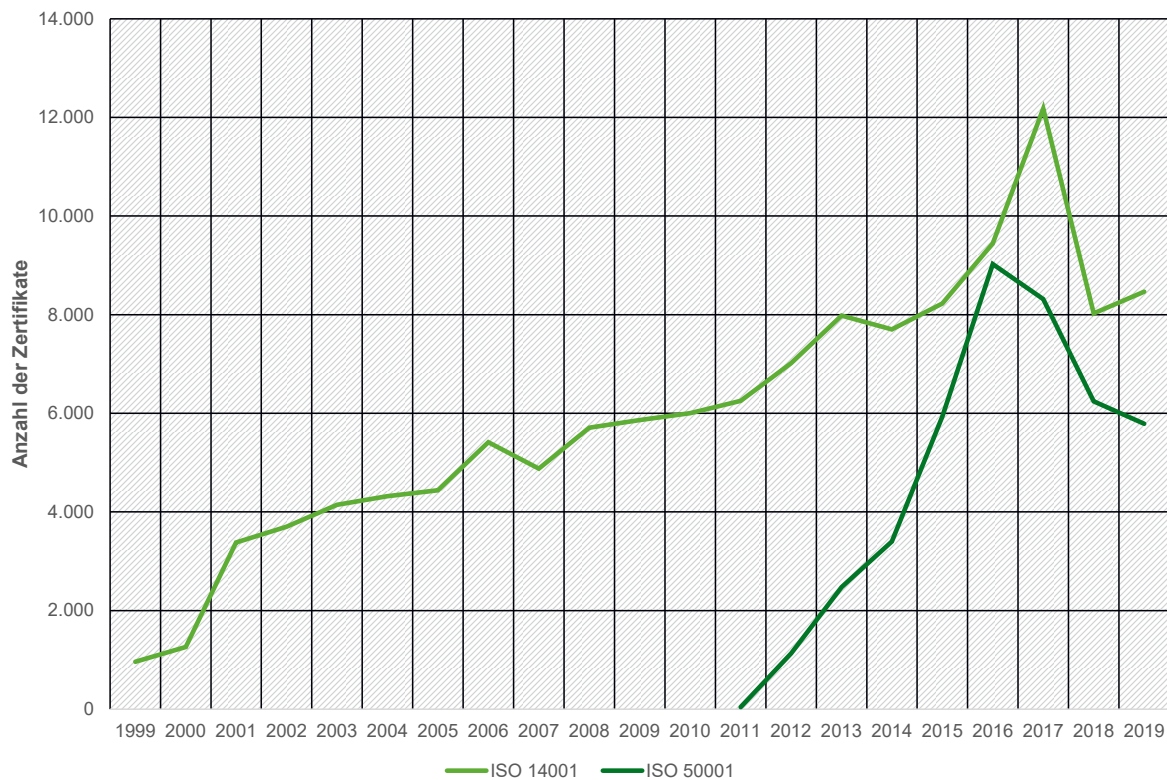
In einer breit angelegten Befragung von mehr als 6.000 Haushalten in Deutschland im Jahr 2018 wurde ermittelt, dass die Kosten für die Nutzung privater PKW (Kosten für Benzin bzw. Diesel) um mehr als 50 % unterschätzt werden (Andor et al. 2020). Das Beispiel legt nahe, dass die Lebenszykluskosten im Bereich privater Haushalte bei der PKW-Nutzung unzureichend berücksichtigt werden.

Ein positives Beispiel im Unternehmenssektor ist die steigende Nutzung von Umwelt- und Energiemanagementsystemen in Deutschland, da diese die Berücksichtigung von Lebenszykluskosten fördern. Unternehmen nutzen Umweltmanagementsysteme (ISO 14001, EMAS) und Energiemanagementsysteme (ISO 50000) grundsätzlich freiwillig. Allerdings hat der Gesetzgeber Anreize für ihre Nutzung verankert.⁹ Die Zertifizierungen für Energie- und Umweltmanagementsysteme hat in Deutschland stark zugenommen (Abbildung 7; dass die Zahlen 2017 absanken, geht auf eine Umstellung der Erfassungsmethodik im ISO Survey zurück¹⁰).

⁹ So können energieintensive Unternehmen des produzierenden Gewerbes, die nach EMAS oder ISO 50001 zertifiziert sind, unter bestimmten Bedingungen die EEG-Umlage reduzieren („besondere Ausgleichsregelung“) und ihre Strom- und Energiesteuer mindern („Spitzenausgleich“). Auch sind ISO 50001- und EMAS-zertifizierte Unternehmen von der Pflicht befreit, alle vier Jahre ein Energieaudit durchzuführen. EMAS-zertifizierte Organisationen können noch weitere Erleichterungen im Vollzug des Umweltrechts in Anspruch nehmen („EMAS-Privilegierung“, vgl. <https://www.emas.de/privilegierung>).

¹⁰ <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-wirtschaft/umwelt-energiemanagementsysteme#iso-14001>

Abbildung 7: Zertifizierungen für Energie- und Umweltmanagementsysteme in Deutschland



Quelle: eigene Darstellung auf Basis des ISO Survey (Rohde et al. 2018; ISO 2019).

Rohde et al. (2018) gehen davon aus, dass in Deutschland etwa 18 - 23 % aller Unternehmen über ein Energiemanagementsystem verfügen. Bei Industrieunternehmen geht das UBA von 24 bis 28 %, im Bereich Handel, Handwerk, Dienstleistung (GHD) von 6 bis 10 % aus. Zudem schätzt es, dass etwa 5 - 10 % der Unternehmen ein „Eco-Management and Audit Scheme“ (EMAS) betreiben und weitere 9 - 13 % über ein alternatives Umweltmanagementsystem verfügen.

Energie- und Umweltmanagementsysteme fördern die Berücksichtigung von Lebenszykluskosten indirekt durch die Anforderung, Umweltauswirkungen entlang der Nutzungsdauer oder manchmal auch des Lebenszyklus zu berücksichtigen:

- Die ISO 50001:2018 (Energiemanagement) fokussiert z. B. in den Abschnitten 8.2 (Auslegung) und 8.3 (Beschaffung) auf die Perspektive der Nutzungsdauer.¹¹
- EMAS und ISO 14001:2015 fordern ausdrücklich die *Bewertung des Lebenszyklus von Produkten und Dienstleistungen*.

Obwohl beide Systeme keine explizite Berücksichtigung der Lebenszykluskosten bei der Beschaffung von Produkten und Dienstleistungen fordern, wird davon ausgegangen, dass die Einführung beider Systeme eine fokussiertere Betrachtung des Lebenszyklus fördert und sei es nur durch den Aufbau von Know-how, das für den Betrieb der Systeme notwendig ist. Bei

¹¹ Z.B. in EN ISO 50001:2018, Absatz 8.2: „Die Organisation muss Möglichkeiten zur Verbesserung der energiebezogenen Leistung.... die einen wesentlichen Einfluss auf ihre energiebezogene Leistung über die geplante oder erwartete Nutzungsdauer haben können.

Wo zutreffend, müssen die Ergebnisse der Betrachtungen bzgl. der energiebezogenen Leistung in die Spezifikation, Auslegung und Beschaffungstätigkeiten mit einbezogen werden.“

Energiemanagementsystemen wird in Leitfäden beispielsweise empfohlen, die Lebenszykluskosten als Teil der Bewertung von Maßnahmen und Energiezielen einzubeziehen.¹²

Seit 2015 verpflichtet das novellierte Energiedienstleistungsgesetz (EDL-G) auch kleine und mittlere Unternehmen zur Durchführung eines Energieaudits. Dieses muss den Anforderungen des DIN EN 16247-1 entsprechen (§ 8a Abs. 1 Nr. 1); anders als beim Energiemanagementsystem ISO 50001 ist es für ein Energieaudit nicht nötig, jenseits der Erfassung von Energieverbräuchen weitere Maßnahmen umzusetzen, diese zu überprüfen oder einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess einzuführen. Das EDL-G gibt auch vor, dass die Bewertung der Wirtschaftlichkeit für die im Rahmen des Energieaudits entwickelten Energieeffizienzmaßnahmen mindestens auf dem Kapitalwert der Investition und der internen Verzinsung beruhen muss (§ 8a Abs. 1 Nr. 4 EDL-G). Damit sind KMU verpflichtet, bei Energieeffizienzinvestitionen über die Amortisationszeit hinauszugehen und eine Wirtschaftlichkeitsberechnungsmethode zu nutzen, die sich deutlich besser für die Berücksichtigung von Lebenszykluskosten eignet als die der Amortisationsrechnung.

Auf Grundlage einer Umfrage im Rahmen der Evaluation für verpflichtende Energieaudits stellen Mai et al. (2017) fest, dass das Konzept der Lebenszykluskosten nicht in nennenswertem Umfang angewendet wird. Dies gilt jedoch nicht für die Gruppe der Unternehmen mit Energiemanagementsystemen. Vielleicht ist die Situation bei Energiemanagementsystemen anders, und das Konzept der Lebenszykluskosten wird dort häufiger angewendet, z. B. weil die Systeme langfristiger sind als z. B. im Vergleich zu einem Audit.

Die Industrieemissionsrichtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (Richtlinie 2010/75/EU) regelt Genehmigung, Betrieb, Überwachung und Stilllegung besonders umweltrelevanter Industrieanlagen in der EU.¹³ Konkrete Regelungen über die besten verfügbaren Techniken dieser Industrieanlagen werden in einem Informationsaustausch (Sevilla-Prozess) erarbeitet und in BVT-Merkblättern veröffentlicht. Ein Teil dieser Merkblätter, die sogenannten BVT-Schlussfolgerungen, müssen von allen Mitgliedstaaten in nationales Recht umgesetzt werden. Dabei erscheinen in den BVT-Schlussfolgerungen nur Techniken, die einerseits in einem Maßstab entwickelt sind, der unter Berücksichtigung des Kosten/Nutzen-Verhältnisses die Anwendung *unter in dem betreffenden industriellen Sektor wirtschaftlich und technisch vertretbaren Verhältnissen ermöglicht*; und die zugleich am wirksamsten zur Erreichung eines allgemein hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt sind (Art. 3 Abs. 10 IE-Richtlinie). Letzteres impliziert, dass beispielsweise nicht nur die durch eine Technik erzielbaren Minderungen von Emissionen betrachtet werden, sondern entlang des Lebenszyklus auch die dafür aufgewendete Energie, die benötigten Hilfsmittel und entstehenden Abfälle.

Reformansätze

Während es nicht mit bestehendem Recht vereinbar wäre, dass der Gesetzgeber private Haushalte dazu verpflichtet, in ihren privaten Wirtschaftlichkeits-/Investitionsberechnungen Lebenszykluskosten zu berücksichtigen, wären Informationen zum Nutzen und zur Durchführung von Lebenszykluskostenanalysen sowie bezuschusste Beratungen möglich, damit bei privaten Investitionen verstärkt Lebenszykluskostenanalysen durchgeführt werden. Dabei spielen insbesondere auch informatorische Instrumente wie das Energielabel eine Rolle. Beim EU-Energielabel ist allerdings nur der Energieverbrauch in kWh angegeben und nicht die damit verbundenen Kosten, was u. a. darauf zurückzuführen ist, dass sich die Energiepreise zwischen

¹² Siehe https://www.tenag.de/media/files/Interpretationshilfe_Energiemanagement_ISO_50001.pdf.

¹³ Sie wurde 2013 durch das Gesetz zur Umsetzung der Richtlinie über Industrieemissionen (IndEmissRLUG) und Anpassungen im Bundes-Immissionsschutzgesetz, Kreislaufwirtschaftsgesetz und Wasserhaushaltsgesetz umgesetzt.

den EU-Mitgliedstaaten deutlich unterscheiden, so dass eine Kostenangabe auf einem EU-weiten Label nicht umsetzbar ist.

Die oberen Ansätze sind auch nutzbar, um Unternehmen zur verstärkten Nutzung ganzheitlicher Wirtschaftlichkeitsberechnungen anzuregen. Darüber hinaus könnte sich Deutschland dafür einsetzen, dass die Berücksichtigung der Lebenszykluskosten in den Normen auf nationaler, EU- und internationaler Ebene noch stärker verankert wird. Besonders bei internationalen Normen ist der Handlungsspielraum jedoch begrenzt. Auch könnte eine Verschärfung der Normen dazu führen, dass sich weniger Organisationen zertifizieren lassen. Denkbar wäre es auch, weitere Anreize und Pflichten zur Einführung von Umwelt- und Energiemanagementsystemen zu schaffen. Eine Option ist die Ausweitung des Kreises von Unternehmen, die sich ISO 50001 zertifizieren lassen müssen (beispielsweise, wenn Industrien Vergünstigungen gewährt werden, um deren internationale Wettbewerbsfähigkeit zu sichern). Eine andere Option ist die Einführung einer Pflicht für Unternehmen/Organisationen ab einer gewissen Mitarbeiterzahl, sich ein Umweltmanagementsystem geben zu müssen. Ein weiterer Reformansatz wäre erweiterter Wissenstransfer, z. B. in Netzwerkkonzepten. Dies wird bereits in Formaten wie den Energieeffizienz-Netzwerken (bspw. <https://www.effizienznetzwerke.org/>) vorangetrieben.

3.1.3 Unzureichende Berücksichtigung von Umweltkosten in Wirtschaftlichkeitsberechnungen in Unternehmen

Hemmnis

Unternehmen berücksichtigen umweltbezogene Risiken – und insbesondere externe (Umwelt-) Kosten – in der traditionellen Finanzplanung und -berichterstattung nicht ausreichend und kalkulieren diese nicht ausreichend vergleichbar (Morel et al. 2018). Umweltkosten ergeben sich aus der monetären Bewertung der Nutzung von Umwelt und Ressourcen und daraus möglicherweise resultierenden Schäden. Sofern keine Internalisierung dieser externen Kosten stattfindet, werden Umweltkosten in einer rein betriebswirtschaftlichen Berechnung nicht berücksichtigt. Als Folge scheinen Investitionen zugunsten des Umweltschutzes weniger rentabel, als sie dies aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive wären und werden weniger und/oder weniger tiefgreifend durchgeführt.

In neoklassisch orientierter Umwelt- und Ressourcenökonomik wird gemeinhin empfohlen, Umweltkosten in die Wirtschaftlichkeitsrechnung der Verursacher zu integrieren, indem ein entsprechender „Verschmutzungspreis“¹⁴ festgelegt wird. Dieser kann durch eine („optimal“ gesetzte) Steuer erfolgen oder durch Einführung von Verschmutzungsrechten (handelbaren Zertifikaten), die Verschmutzer im Umfang der von ihnen verursachten Emissionen kaufen müssen. Wichtig ist dafür, dass ein Ziel für die maximale Verschmutzung definiert und eingehalten wird. Werden die Grenzvermeidungskosten über alle Wirtschaftsakteurinnen und Wirtschaftsakteure ausgeglichen, so ist dieses Ziel effizient erreichbar. Ist kein explizites (Emissions-) Ziel definiert, so sollte im effizienten Fall so viel vermieden werden, dass die Grenzvermeidungskosten mit den Grenzsadenskosten ausgeglichen sind (Tietenberg, Lewis 2018).

In der Praxis sind Grenzvermeidungskosten und Grenzsadenskosten meist nicht bekannt. Allerdings können negative Wirkungen qualitativ beschrieben und auch in einigen Fällen quantifiziert und monetarisiert werden (Bsp. über Gesundheitskosten, Versicherungskosten, Kosten für Beseitigung von Schäden durch Sturm, Überflutung, Abwasserunreinigung etc.).

¹⁴ Der Begriff deckt auch Formen von Umweltnutzung und Umweltschäden ab, die gemeinhin nicht unter „Verschmutzung“ fallen, wie Flächenumnutzung, Flächenzerschneidung, THG-Emissionen etc.

Diese sogenannten Schadenskostensätze können verwendet werden, um die Umweltkosten im Wirtschaftlichkeitskalkül zu berücksichtigen.

Neben solchen preis- oder kostenbasierten Bewertungen¹⁵ sind grundsätzlich auch Bewertungen möglich, die auf Nachfragekurven basieren (indirekte oder direkte präferenzbasierte Bewertungen¹⁶) (Hansjürgens und Lienhoop 2015).

Die Monetarisierung externer Umwelteffekte ist durch einige Herausforderungen und Unzulänglichkeiten gekennzeichnet. Zunächst sind Wirkungen auf die Umwelt und den Menschen in der Regel nicht vollständig quantifizierbar, so dass Schätzungen von Umweltkosten oft nur einen Teil der tatsächlichen Schäden wiedergeben (UBA 2018, S. 14). Grundsätzlich ist die Monetarisierung von Umweltkosten mit großen Unsicherheiten verbunden und erfordert das Treffen von (oft stark vereinfachenden) Annahmen. Bewertungsmethoden sind daher teils vereinfachend und werden auch uneinheitlich genutzt (Klie 2010; Hampicke 1998; SRU 2008). Die der Bewertung zugrunde gelegten Systemgrenzen, Annahmen und Maßstäbe sind oft uneinheitlich.¹⁷ In manchen Umweltwirkungskategorien fehlen anerkannte Bewertungsmethoden (u. a. Lärm, vgl. Jäcker-Cüppers und Lindmaier 2014; Allekotte et al. 2020, 74-81). Sowohl Bewertungsansätze als auch Kostensätze gilt es in Bezug auf ihre Konsistenz kritisch zu prüfen. Grundsätzlich ist die Monetarisierung von Umweltkosten teils mit einem hohen Aufwand in Bezug auf methodische Kenntnisse und Datenbeschaffung verbunden. Liegen diese Daten jedoch vor und sind für den konkreten Anwendungsfall passfähig aufbereitet, können sie mit moderatem Aufwand in Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen berücksichtigt werden.

Das Umweltbundesamt versucht mit der Methodenkonvention (UBA 2018, 2019a), diesen Herausforderungen zumindest teilweise zu begegnen. Die Konvention bietet einen standardisierten Rahmen für das Verfahren zur Schätzung von Umweltkosten, stellt die wichtigsten ökonomischen Bewertungsmethoden dar, definiert Kriterien für die Beurteilung und Auswahl von Bewertungsmethoden (in Abhängigkeit von den jeweiligen Fragestellungen), schlägt Maßstäbe zur Schätzung der Umweltkosten (d. h. normative Elemente der Bewertung) vor¹⁸ und enthält Schadenskostensätze für eine Reihe von Umweltfaktoren (wie Klimafolgeschäden, Luftschadstoffe, Lärm, Flächenverbrauch). Für Treibhausgase im Rahmen der Methodenkonvention 3.1 und der im Jahr 2020 aktualisierten Kostensätze ein Kostensatz von 195 €/t CO₂-Äquivalent empfohlen¹⁹. Das heißt, diese Schadenskosten sollten bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit von umweltschädlichen Varianten auf der Kostenseite einfließen. Bzw. umgekehrt sollten bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit von umweltfreundlichen Varianten

¹⁵ Hierunter fallen neben den erwähnten Bewertungen auch solche über Marktpreise, Ersatzkosten, Vermeidungskosten, Opportunitätskosten, Produktionsfunktion oder Nettofaktoreinkommen.

¹⁶ z. B. hedonistischer Preisansatz, Reisekostenmethode, kontingente Bewertungsmethode, Choice Experimente, Valuation Workshops, Marktstandmethode.

¹⁷ So weisen UBA und IER 2013 darauf hin, dass Schätzungen zu den externen Kosten einzelner Energiesysteme zum Teil eine Varianz bis zum Faktor 40.000 aufwiesen. Diese hohe Varianz in den Ergebnissen verschiedener Studien wird darauf zurückgeführt, dass die Studien unterschiedliche Systemgrenzen setzen, im Umfang der Schadenserfassung variieren und unterschiedliche Schadensarten berücksichtigen, unterschiedliche Annahmen über Dosis-Wirkungsbeziehungen treffen, Risiken unterschiedlich bewerten und unterschiedliche normative Annahmen (Maßstäbe) zugrunde legen, z. B. über die Diskontierung künftig erwarteter Kosten und Nutzen (UBA 2018, S. 14-15).

¹⁸ bzw. schreibt diese für Studien des UBAs und für vom UBA beauftragte Studien vor.

¹⁹ Siehe https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-12-21_methodenkonvention_3_1_kostensaetze.pdf. Die Berechnungen im vorliegenden Text wurden auf Basis der Kostensätze der UBA Methodenkonvention 3.0 durchgeführt.

jede vermiedene Tonne CO₂-Äquivalent mit diesem Kostensatz bewertet werden und als Nutzen in die Wirtschaftlichkeitsrechnung eingehen.²⁰

Beispiele

In Unternehmen ist es unserer Einschätzung nach bisher nicht gängig, Umweltkosten bei Investitionsentscheidungen zu berücksichtigen. Geschieht dies, so ist es – wie auch die Anwendung umweltbezogener Anforderungen bei Investitionen oder der Beschaffung von Gütern – eher durch Unternehmenskultur, werteorientierte Unternehmensführung, Expertenmeinungen etc. bestimmt, und teilweise auch als Folge von Anforderungen in Umwelt- und Energiemanagementsystemen (EMAS/ISO 14001, ISO 50001) – deren Einführung und Umsetzung ihrerseits oft Folge einer entsprechenden Unternehmenskultur bzw. -führung sind. So gibt es zunehmend Unternehmen, die sich öffentlich Ziele setzen, die über die gesetzlichen Vorgaben hinausgehen. Beispielsweise haben eine Reihe Unternehmen bereits angekündigt, in den kommenden Jahrzehnten treibhausgasneutral werden zu wollen.²¹ Entsprechende Ziele sind dann in Investitions- und Beschaffungsdirektiven in den Unternehmen zu operationalisieren.

In den letzten Jahren gab es zudem eine Diskussion über methodische Ansätze zur Berücksichtigung von Umweltkosten in der (internen und in Teilen auch externen) Rechnungslegung („environmental accounting“) (vgl. den folgenden Kasten). Im Zentrum steht die Frage, wie Umweltkosten und -nutzen in das Controlling eingehen können, und damit im Unternehmen entscheidungsrelevanter werden. Im Prinzip stützen sich diese Diskussionen auf zahlreiche frühere Vorarbeiten, insbesondere im Bereich der Quantifizierung der Umweltauswirkungen von Produkten. Diese ist ein wesentlicher Bestandteil der Quantifizierung von Umweltkosten.

Ansätze und Initiativen für die Umwelt- bzw. Nachhaltigkeitsbilanzierung (environmental / sustainability accounting)²²

Es existieren inzwischen eine Vielzahl von Ansätzen und Initiativen, die darauf abzielen, Umweltinformationen in der monetär getriebenen Unternehmenssteuerung zu berücksichtigen.

So bietet beispielsweise auf Ebene von internationalen Normen der ISO-Standard 14007:2019 Leitlinien, wie sich die Umweltkosten und der Umweltnutzen von Unternehmen ermitteln und kommunizieren lassen. Er erläutert, wie Unternehmen Kosten-Nutzen-Analysen für unterschiedliche umweltrelevante Handlungsoptionen erstellen können. ISO-Standard 14008:2019 stellt verschiedene Methoden für die monetäre Bewertung von Umweltaspekten und Umweltwirkungen dar. Der Standard empfiehlt, wie monetäre Bewertungen durchgeführt werden sollen und stellt grundlegende Daten zur Verfügung, die in entsprechenden Kosten-Nutzen-Analysen benötigt werden.

Auf Ebene von Unternehmensinitiativen setzt die Firma PUMA schon seit 2011 den Ansatz des „Environmental Profit and Loss Accounting“ (EP&L) ein. Der International Integrated Reporting Council entwickelte 2013 ein „Integrated Reporting (IR) Framework“, das eine Offenlegung von Informationen über die „wahre“ Wertschöpfung eines Unternehmens (einschließlich Natur-, Finanz-, Sozialkapital etc.) ermöglichen soll. Die Value Balancing

²⁰ Ähnlich (und teilweise aufbauend auf) der UBA-Methodenkonvention gibt das Methodenhandbuch zum Verkehrswegeplan 2030 beispielhaft die externen Kosten bzw. den monetarisierten Nutzen aus Veränderung der Geräusch- und Abgasbelastungen durch Bundesstraßen an; Mann 2016, 382–383, 466.

²¹ u.a. im Rahmen der Initiativen „Science-based Targets“ (<https://sciencebasedtargets.org/net-zero>) und „Climate Action 100+“ (<https://www.climateaction100.org/>).

²² Die Informationen im Kasten beruhen größtenteils auf einem Input von Christoph Töpfer, für den wir uns herzlich bedanken.

Alliance, ein Zusammenschluss von Unternehmen und Wirtschaftsprüfungsgesellschaften, arbeitet daran, eine standardisierte Bewertung und Monetarisierung des Unternehmenswertes unter Berücksichtigung von finanziellen und „vor-finanziellen“ Werten zu entwickeln. PriceWaterhouseCoopers entwarf gemeinsam mit eftec und dem Naturschutzverband RSPB 2015 eine erste Corporate National Capital Accounting Methode für das britische Natural Capital Committee (ein Beratungsgremium der Regierung). Die Natural Capital Coalition (NCC) hat 2016 mit dem „Natural Capital Protocol“ ein standardisiertes Vorgehen für die Ermittlung und (monetäre) Bewertung der Abhängigkeiten eines Unternehmens vom Naturkapital und seiner Auswirkungen auf das Naturkapital vorgelegt. Die Social and Human Capital Coalition (SHCC) verfolgt den gleichen Ansatz in Bezug auf Sozial- und Humankapital („Social & Human Capital Protocol“). Die Leitlinien („essential guides“) des Prince’s Accounting for Sustainability Project (A4S) verweisen u. a. auf das Natural and Social Capital Accounting (A4S 2020). Zudem erfordern sie, Nachhaltigkeitskriterien in der strategischen (Finanz-)Planung und Budgetierung zu berücksichtigen.

Das Impact Management Project ist ein Forum, in dem rund 2.000 Organisationen zusammenarbeiten, um einen globalen Konsens und Normen zur Messung, dem Management und der Berichterstattung von Nachhaltigkeitsimpacts zu erzielen. Diese Praktiker-Gemeinschaft hat sich unter anderem mit der Monetarisierung von sozialen und ökologischen Auswirkungen auseinander gesetzt (IMP 2020). Neben oben bereits genannten Beispielen verweist IMP (2020, S. 2) auf einige weitere Ansätze einer Monetarisierung von Umwelt- und Sozialwirkungen, u.a. PriceWaterhouseCoopers „Total Impact Measurement and Management Framework“, Y Analytics „Monetizing Impact“ und „The Impact Weighted Accounts Initiative“.

Um die Umweltkosten von Unternehmen abschätzen zu können, ist es zunächst notwendig, die Umweltauswirkungen ihrer Aktivitäten (konkret: ihrer Produkte oder der Durchführung von Prozessen und Dienstleistungen) zu bewerten. Hilfreich ist in dieser Hinsicht die Ökobilanz (Life Cycle Assessment). Sie ist eine Methode zur Abschätzung von Umweltwirkungen (z. B. Treibhausgaseffekte) bei der Herstellung von Produkten oder der Durchführung von Prozessen und Dienstleistungen. Die Erstellung von Ökobilanzen ist in den Normen ISO 14040:2006 und ISO 14044:2006 international normiert. Auch im Auftrag der EU-Kommission wurden Methodiken zur Ermittlung von produktspezifischen Umweltfußabdrücken (Product Environmental Footprint, PEF) entwickelt. Weitere Normen unterstützen die Bilanzierung spezifischer Impacts (z.B. ISO Standard 14067:2018 für den Carbon Footprint von Produkten; ISO 14046:2014 für den Wasser-Fußabdruck). Einige Normen beziehen sich nicht nur auf die Ökobilanzierung von Produkten, sondern auch von Prozessen und Organisationen (ebenfalls ISO 14046:2014 für den Wasser-Fußabdruck, ISO/TS 14072:2014 für die organisatorische Ökobilanz sowie die von der EU-Kommission initiierte Methoden für den Umweltfußabdruck von Organisationen, OEF). Verschiedene Softwares unterstützen die Erstellung von Ökobilanzen (SimaPro, GaBi, openLCA, Umberto, usw.). Den einzelnen Umweltwirkungen müssen dann Kosten zugeordnet werden. Auch an dieser Stelle gibt es schon zahlreiche Vorarbeiten, z. B. die Methodenkonventionen zur Schätzung von Umweltkosten des Umweltbundesamtes.

Es gibt somit bereits eine Fülle von Daten, Instrumenten und Initiativen zur Quantifizierung von Umweltauswirkungen und entsprechenden Umweltkosten. Durch Kombination bestehender Methoden, Werkzeuge und Software können bereits aktuell Umweltkosten für die Herstellung von Produkten oder die Durchführung von Prozessen und Dienstleistungen abgeschätzt werden. Es ist daher zu erwarten, dass Unternehmen die Frage der Daten und Instrumente lösen können, wenn sie der Notwendigkeit der Berücksichtigung von Umweltkosten zustimmen und dies in

ihrer strategischen Unternehmensführung entsprechend stark berücksichtigen. Wenn die Umweltauswirkungen tatsächlich Kosten für die Unternehmen verursachen, dann ist dies umso wahrscheinlicher. In Vorbereitung darauf wäre es sicherlich hilfreich, wenn der Gesetzgeber frühzeitig Standards entwickelt, damit die von den Unternehmen erhobenen Daten und ermittelten Umweltauswirkungen auch zwischen den Unternehmen verglichen werden können.

Reformansätze

Um die Berücksichtigung von Umweltkosten in Unternehmen zu unterstützen, bestehen verschiedene umweltpolitische Ansätze sowie nicht-staatliche Initiativen. Wie im Kasten oben dargestellt, arbeiten aktuell unterschiedliche Initiativen und Organisationen darauf hin, Umwelthinformationen besser in der Rechnungslegung von Unternehmen und mittelbar in der Unternehmenssteuerung aufzugreifen, u. a. durch Schätzung externer Umweltkosten. Diese Ansätze werden seitens der Politik grundsätzlich unterstützt. So formuliert der European Green Deal der Europäischen Kommission: „Um einen angemessenen Umgang mit Umweltrisiken und Klimaschutzmöglichkeiten zu gewährleisten und die damit verbundenen Transaktionskosten zu senken, wird die Kommission Unternehmen und andere Interessenträger bei der Entwicklung standardisierter Verfahren für die Naturkapitalbilanzierung in der EU und auf internationaler Ebene unterstützen“ (European Commission 2019).

Allerdings sehen Unternehmen es i. d. R. nicht als in ihrem Interesse liegend an, Umweltkosten bei Investitionsentscheidungen zu berücksichtigen. Ausnahmen hiervon sind Unternehmen, die sich im Rahmen eigener Nachhaltigkeitspolitik dazu verpflichtet haben, ihre Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft transparent zu machen; und Unternehmen, deren negative Umweltperformance dazu führt, dass sich der Zugang zu Finanzierungsquellen verschlechtert. Mit stringenteren Klimazielen und Klimaschutzanforderungen können sich künftig die Nachhaltigkeitsanforderungen für Finanzierungsquellen noch verstärken.²³ Auch wenn sich diese nicht konkret auf die Berücksichtigung von Umwelt- bzw. Klimakosten beziehen, so spiegeln Anforderungen über Taxonomien und Technologiepfade Umwelt- und Klimaziele wider. Informative Ansätze wie Beratung etc. werden nicht dazu führen, dass eine ausreichend große Zahl von Unternehmen ihre Wirtschaftlichkeitskalküle und Investitionspraktiken ändern.

Nötig sind daher politische Rahmensetzungen, die die Berücksichtigung von Umweltkosten bei Investitionsentscheidungen ins Zentrum unternehmerischen Interesses rücken. Zum einen wäre denkbar, dass im Rahmen der Sustainable Finance Strategie der EU und der Überarbeitung der Europäischen CSR-Richtlinie²⁴ die Schätzung externer Umweltkosten durch Unternehmensaktivitäten und ein standardisiertes Verfahren hierfür festgeschrieben werden. Dies kann den grundsätzlichen Druck (u. a. von Investoren und anderen Stakeholdern der Unternehmen) erhöhen, dass Unternehmen Umweltkosten mindern, selbst wenn sich die Offenlegungspflicht nicht zwingend auf Wirtschaftlichkeitsberechnung bei einzelnen Investitionsvorhaben auswirken würde. Zum anderen läge ein zentraler Hebel, damit private Akteurinnen und Akteure Umweltkosten in ihren Wirtschaftlichkeitskalkülen besser berücksichtigen, in der lange geforderten Internalisierung von Umweltkosten (u. a. durch eine ambitionierte CO₂-Bepreisung, stringente Haftungsregelungen, aber auch ordnungsrechtliche Ansätze).

²³ Siehe die Diskussion und Berichte zu Sustainable Finance: https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/banking-and-finance/sustainable-finance/international-platform-sustainable-finance_en bzw. https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/business_economy_euro/banking_and_finance/documents/international-platform-sustainable-finance-annual-report-2020_en.pdf oder in Deutschland auch https://www.bafin.de/SharedDocs/Veroeffentlichungen/EN/Konsultation/2019/kon_16_19_Merkblatt_Nachhaltigkeit_en.html?jsessionid=F64D123D3C65DE8CB181B17BF83E5495.2_cid370?nn=8813520.

²⁴ Richtlinie 2014/95/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Oktober 2014 zur Änderung der Richtlinie 2013/34/EU im Hinblick auf die Angabe nichtfinanzieller und die Diversität betreffender Informationen durch bestimmte große Unternehmen und Gruppen (ABl. L 330 vom 15.11.2014, S. 1).

Auch unabhängig von einer konkreten politischen Rahmensetzung zur Internalisierung von Umweltkosten sollten Unternehmen wie auch Banken eigene Motivation haben – auch als Teil ihres Risikomanagements – das regulatorische Umfeld mit den entsprechenden klimaziel-konsistenten CO₂-Preisen zu antizipieren und vorwegzunehmen und folglich entsprechende Kosten internalisieren, um langfristig wirtschaftlich zu investieren bzw. zu produzieren. Die Bedeutung dieses „Eigeninteresses“ sollte gestärkt werden, u.a. durch langfristige Signalwirkungen des regulatorischen Umfelds.

3.1.4 Unzureichende Berücksichtigung des (Umwelt-) Nutzens in Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Hemmnis

In der Regel werden als Nutzen einer Investition direkt messbare und quantifizierbare Aspekte berücksichtigt. Oftmals handelt es sich dabei um direkte vermiedene Kosten, wie z. B. Energie-, Wasser-, Entsorgungskosteneinsparung oder Einsparungen von weiteren Betriebskosten. Diese Einsparungen können auch einen direkten oder indirekten Nutzen für die Umwelt haben, z. B. spiegeln Einsparungen an Energiekosten eine Verringerung des Energieverbrauchs wider mit entsprechenden Einsparungen an Emissionen und Ressourcen bei der Energiebereitstellung; Einsparungen an Entsorgungskosten bedeuten weniger Abfall und damit weniger Belastung für die Umwelt.

Darüber hinaus gibt es aber noch weitere wichtige Nutzenelemente, die in der Literatur oft als „co-benefits“, „multiple benefits“, „ancillary benefits“ und mehr bezeichnet werden. Diese umfassen z. B. positive Beschäftigungseffekte, Gesundheit, Wohlbefinden, Wissensvermittlung, Befähigung, Bewusstseins-schaffung, Innovationsbereitschaft und soziale Faktoren (bspw. Vernetzung, Austausch) usw.

Um nicht-monetär bewertete Aspekte in die Wirtschaftlichkeitsentscheidung einfließen zu lassen, empfiehlt das BMF, die aus der Entscheidungstheorie bekannte Nutzwertanalyse anzuwenden (BMF 2019, S. 6). Die Nutzwertanalyse ist vor allem aus der Gesundheitsökonomie bekannt, in der der Nutzen für Gesundheit und Wohlbefinden oftmals gar nicht oder nicht mit vertretbarem Aufwand monetarisierbar sind. Die Nutzwertanalyse sollte dabei mit anderen monetären Verfahren der Wirtschaftlichkeitsanalyse (z. B. der Kapitalwertmethode, vgl. Kapitel 3.1.1) kombiniert werden.

In der Ökonomie sind darüber hinaus noch einige Methoden zur Bewertung von Nutzen bzw. Gütern ohne Preis bekannt (Tietenberg und Lewis 2018; Hansjürgens und Lienhoop 2015), die in klassischen Wirtschaftlichkeitsrechnungen verwendet werden können, soweit Informationen verfügbar sind bzw. zutreffen:

- ▶ Kontingente Bewertungsmethode, in der Präferenzen und Zahlungsbereitschaften über Umfragen ermittelt werden, so dass der Umweltnutzen monetarisiert werden kann.
- ▶ Hedonischer Preisansatz, bei dem auf Basis von Marktpreisen für Immobilien ermittelt wird, welchen Einfluss ein (Umwelt)-Faktor, z. B. Lärmbelästigung an einer lauten Straße, Nähe zum Wald) auf den Preis einer Immobilie hat im Vergleich zu einer anderen sonst gleichen Immobilie ohne diesen Faktor.
- ▶ Reisekostenmethode, bei der die Kosten betrachtet werden, die Menschen auf sich nehmen, um ein Umweltgut zu nutzen (z. B. Naherholungsgebiet).
- ▶ Wiederherstellungsmethode, bei der die Kosten zur Wiederherstellung des Umweltzustands als Umweltnutzen (bzw. dessen Untergrenze) angelegt werden.

Die Berücksichtigung von (umweltbezogenen) Nutzenaspekten mithilfe dieser Methoden kann die Wirtschaftlichkeitsrechnung verändern, die Rentabilität von Maßnahmen erhöhen und kann Investitionen zugunsten des Umweltschutzes so zum Durchbruch verhelfen.

Beispiele

Viele Investitionen in umweltfreundliche Technologien haben einen mehrfachen Nutzen (multiple benefits). Es ist wichtig, diese Vorteile zu erkennen und sie zu integrieren. Im Folgenden sind zwei Beispiele für Unternehmen aufgeführt²⁵.

Beispiel: Änderung der Wasserversorgung führt zu erhöhter Sicherheit, Zuverlässigkeit und Kosteneinsparungen

Das Fallbeispiel bezieht sich auf multiple benefits durch eine Energieeffizienzmaßnahme in einem Industrieunternehmen im Bereich hochpräzise mechanische Arbeiten.

In einem Produktionsprozess werden Metallteile nach dem Fräsen gereinigt und gespült. Zu diesem Zweck wurden Vorrattanks, Waschtanks und Spültanks mit 20 °C kaltem Stadtwasser versorgt. Das Wasser wurde dann durch elektrische Widerstandserhitzer, die sich im Boden der Tanks befanden, auf die gewünschte Temperatur (bis etwa 75 °C) erhitzt. Ein- bis zweimal am Tag wurden die Reinigungstanks entleert, mit kaltem Wasser gereinigt und anschließend wieder mit kaltem Wasser befüllt. Dies verursacht manchmal Temperaturschocks, die zu Rissen im Tank führen können und einen Not austausch erfordern. Zusätzlich wurden die Lagertanks einmal im Monat mit Ameisensäure, einer tödlichen Chemikalie, gereinigt, um den angesammelten Kalkstein zu entfernen.

Der oben beschriebene Prozess wurde optimiert, begleitet von Maßnahmen zur Ressourcen- und Energieeffizienz. Kern der Optimierung war, dass die Wasserversorgung für die Reinigungs- und Spülprozesse nun nicht mehr mit kaltem Stadtwasser, sondern mit Brauchwasser vom Standort versorgt wird (Ressourceneffizienz), das zusätzlich durch Abwärme aus der Druckluftherzeugung auf 55 °C vorgewärmt wird (Energieeffizienz). Das Wasser wird dann immer noch über elektrische Widerstandserhitzer auf die gewünschte Temperatur erwärmt, nur wird jetzt weniger Energie dafür benötigt. Durch den Wegfall des Kaltwassers entfällt zudem die Gefahr von Temperaturschocks in den Tanks, die die Produktivität beeinträchtigen können. Darüber hinaus macht die neue Prozesssteuerung Lagertanks überflüssig, was den gefährlichen Umgang mit Ameisensäure obsolet macht und damit die Sicherheit für die Mitarbeiter erhöht.

Auswirkungen auf Werte und Umsatzsteigerung

- ▶ Erhöhte Sicherheit
- ▶ Erhöhte Zuverlässigkeit von Ausrüstung und Einrichtungen und ggf. Produktivität
- ▶ Erhöhung der Mitarbeiterzufriedenheit
- ▶ Beitrag zur Vision und Strategie des Unternehmens

Kostensenkungen

- ▶ Geringerer Wasserverbrauch
- ▶ Niedrigere Wartungskosten
- ▶ Geringerer Verbrauch von Verbrauchsmaterialien (Ausrüstung gegen Ameisensäure)

²⁵ Die Beispiele sind dem EU Projekt „multiple benefits of energy efficiency“ (www.mbenefits.eu).

- ▶ Weniger Ausrüstung erforderlich
- ▶ Reduzierte Energiekosten (Nutzung von Abwärme)

Risikominderungen

- ▶ Reduziertes Unfallrisiko (Ameisensäure)
- ▶ Reduziertes Rechtsrisiko
- ▶ Reduzierung der Ausfälle und des Produktionsrisikos

Beispiel: Oberflächenbehandlungsunternehmen verbessert die Produktkonsistenz und erhöht die Produktionskapazität

Ein Energieeffizienzaudit einer Schweizer Oberflächenbehandlungsfirma identifizierte eine Gelegenheit, alternde Gleichrichter (die für die elektronische Galvanisierung verwendet werden) durch neue Gleichrichter mit verbesserter Überwachung zu ersetzen. Die neuen Gleichrichter brachten dem Unternehmen mehrere Vorteile. Betrachtet man allein die Energieeinsparungen, so betrug die Amortisationszeit für die Energieeffizienzmaßnahmen 6 Jahre. Wenn jedoch alle Vorteile der Maßnahme in monetärer Hinsicht berücksichtigt wurden, verkürzte sich die Amortisationszeit erheblich auf 0,85 Jahre. Darüber hinaus stieg die Rentabilität der Maßnahme massiv an; der interne Zinsfuß stieg von 6,9 % auf 118 %, was die Argumente für die Umsetzung erheblich verbesserte.

Auswirkungen auf Wertversprechen und Umsatzsteigerung

- ▶ Beständigere Produktqualität
- ▶ Höhere Produktionskapazität (aufgrund reduzierter Produktionszeit)
- ▶ Platzersparnis

Kostensenkungen

- ▶ Reduzierte Fehler
- ▶ Geringere Wartungskosten
- ▶ Reduzierte Kühlwasserkosten
- ▶ Geringere Energiekosten

Risikominderungen

- ▶ Reduziertes Risiko von Unfällen
- ▶ Geringeres Rechtsrisiko
- ▶ Reduziertes Risiko von Ausfällen

Reformansätze

Der vorgeschlagene Reformansatz für die Berücksichtigung der Umweltkosten kann auch auf die Berücksichtigung des Umweltnutzens übertragen werden, da sich der Nutzen umweltfreundlicher Varianten durch vermiedene Umweltschäden und damit durch vermiedene Umweltkosten ausdrücken lässt. Dies gilt zumindest für die monetarisierbaren Nutzen bzw. monetarisierbaren vermiedenen Umweltschäden.

Für Unternehmen verursacht die Umweltinanspruchnahme nicht immer Kosten²⁶. Dennoch gibt es einige Unternehmen, die umweltfreundlicher sind als andere. Unternehmen sind komplexe Systeme, in denen Einzelpersonen Entscheidungen treffen, die nicht immer nur auf wirtschaftlichen Erwägungen beruhen. Daher können Werte und Visionen, insbesondere über zukünftige Entwicklungen, sehr relevante Faktoren sein.

Es ist klar, dass, wenn Umweltauswirkungen tatsächlich Kosten in den Unternehmen verursachen, dies zu einer verstärkten Berücksichtigung von Umweltauswirkungen in allen Sektoren führen wird. Dies ist sicherlich eine Möglichkeit, dem Thema mehr Gewicht zu verleihen. Es ist jedoch nicht absehbar, dass jeder Bereich umfassend geregelt werden kann und wird. Deshalb ist es auch wichtig, die Entscheidungsträger*innen in den Unternehmen über die Vorteile der Berücksichtigung von Umweltauswirkungen zu informieren und ihnen Wege aufzuzeigen, wie sie dies in der strategischen Unternehmensführung umsetzen können.

Wenn es also darum geht, „wirtschaftlich neu zu denken“, muss dieses neue Denken kommuniziert und vermittelt werden. Es erscheint daher sinnvoll, bereits an den Hochschulen anzusetzen, indem beispielsweise Lehrmaterialien im Bereich der „Umweltwirkungen von Unternehmen“ zum obligatorischen Bestandteil des Curriculums entsprechend relevanter Studiengänge gemacht werden (BWL, VWL usw.). Für heutige Entscheidungsträger*innen könnten Workshop-Formate geeignet sein. Darüber hinaus erscheint es sinnvoll, im Bereich der Lehre auch Anknüpfungspunkte zu MBA-Programmen zu suchen, da dort unter Umständen viele Entscheider*innen erreicht werden können. Letztlich geht es darum, die Denkweise in den Unternehmensführungen so zu ändern, dass Umweltauswirkungen als strategisch wichtige Aspekte der Unternehmensführung stärker berücksichtigt werden.

Der Umweltnutzen unternehmerischer Entscheidungen kann auch dadurch für Entscheidungsträger*innen deutlicher werden, wenn Umweltwirkungen von Unternehmen im Rahmen gesetzlicher Berichtspflichten für Unternehmen transparent gegenüber Share- und Stakeholdern gemacht werden. Hier kann über eine Ausweitung des Scopes und der Pflichten im Rahmen der (in Überarbeitung befindlichen) CSR-Richtlinie nachgedacht werden. Auch umweltrelevante Sorgfaltspflichten im Rahmen eines Lieferkettengesetzes unterstützen Unternehmen dabei, den Umweltnutzen von Entscheidungen im Rahmen ihres Lieferkettenmanagements gegenüber möglichen Kosten höher zu gewichten.

3.1.5 Unzureichende Berücksichtigung von dynamischen Anreizwirkungen und Pfadabhängigkeiten in Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Hemmnis

In der Regel wägen Wirtschaftlichkeitskalküle unterschiedliche Investitionsoptionen unter Berücksichtigung zukünftiger Zahlungsströme gegeneinander ab. In Folge wird dann in die Technologie investiert, die aus heutiger Sicht entsprechend des gewählten Wirtschaftlichkeitskalküls am besten abschneidet (vgl. Kapitel 3.1.1).

Dabei kann es vorkommen, dass der Optionenraum bei der Wirtschaftlichkeitsanalyse auf aus heutiger Sicht absehbare, bekannte bzw. etablierte Alternativen beschränkt ist. Investitionen in neue innovative Technologien, die über einen derzeitigen Standard hinausgehen und erst über einen längeren Zeitraum und nach Weiterentwicklung und entsprechender Marktreife eine Rendite abwerfen, können gegebenenfalls nicht berücksichtigt werden, da sie nicht bekannt sind, kein Vertrauen darin besteht oder ihre Entwicklung nicht absehbar ist. Ebenso können ggf.

²⁶ Dies erfolgt nur dann, wenn diese über Gebühren oder Zertifikate internalisiert werden, oder wenn ein Reputationsverlust entsteht.

Learning-by-doing-Effekte nicht antizipiert werden, die sich innerhalb eines Technologiestrangs oder über Technologien hinweg ergeben können. Damit gehen in das Wirtschaftlichkeitskalkül Optionen für neue innovative Technologien oder Investitionen in Forschung und Entwicklung nicht ein, die allerdings langfristig betrachtet einen Vorteil gegenüber state-of-the-art oder absehbarer künftiger Technologien bringen können. Diese dynamische Wirkung erhöht somit die Wirtschaftlichkeit. Werden diese dynamischen Chancen nicht betrachtet, besteht die Gefahr, dass technischer Fortschritt verhindert wird oder sich ein Lock-in (z.B. in fossile Technologien) etabliert.

Gleichzeitig besteht das Hemmnis, dass die volle Produktivität einer Technologie sich erst im Laufe der Zeit über learning-by-doing Prozesse entfalten könnte. Dadurch kann die Produktivität anfänglich eingeschränkt sein gegenüber einer bekannten Technologie. Gerade Unternehmen beobachten bei Lernprozessen auch Spill-Over-Effekte auf andere Marktteilnehmer*innen, etwa auf Konkurrenzunternehmen. Es besteht daher ein Anreiz, nicht als erster die Investition zu tätigen, sondern auf andere zu warten, um von den Lernprozessen zu profitieren, ohne die anfänglichen Produktivitätseinbußen zu riskieren (Gillingham and Palmer 2014).

Statt einer kurzsichtigen Betrachtung brauchen Akteurinnen und Akteure eine dynamische Optimierungssichtweise, also eine forward-looking Perspektive, die über den gesamten Pfad einer Technologie inklusive möglicher (erwarteter) Entwicklungen auch in Relation zu Konkurrenztechnologien (oder Unternehmen) optimieren. Dies kann bedeuten, dass höhere Kosten zu Anfang in Kauf genommen werden, um erwartete höhere Renditen zu einem späteren Zeitpunkt generieren zu können. Wichtige Aspekte für diese Optimierung sind: Eine Nutzenbewertung der Entwicklungs-, Informations- und Transaktionskosten (z. B. Bewertung der zukünftigen Marktchancen, Wettbewerbsfähigkeit, Skaleneffekte), verlässliche Planungshorizonte der politischen, infrastrukturellen und finanziellen Rahmenbedingungen, eine explizite Strategie zur Bewertung von absehbaren und unabsehbaren Risiken und Chancen und weitere.

Beispielsweise ist die Erreichung von Klimazielen und die damit verbundene vollständige Dekarbonisierung der Produktionsprozesse deutlich kosteneffizienter, wenn Unternehmen Gelegenheitsfenster (z. B. Investitionszyklen) nutzen und frühzeitig in klimafreundliche, innovative Alternativen investieren. Bei verlässlicher Politik und stabilen Marktbedingungen zahlen sich diese Investitionen über die Zeit gegenüber späteren radikalen Umbrüchen deutlich aus. Ein vorausschauender Blick, über die typischerweise angelegten Amortisationszeiten hinaus, ist dabei erforderlich ebenso wie die Bewertung von Skaleneffekten, Exportchancen und hohen Marktanteilen.

Beispiel

Ein Beispiel aus dem Bereich Unternehmen ist der Elektroautomobilhersteller Tesla, der Konjunkturlösungen für Zukunftsinvestitionen in Folge der Wirtschafts- und Finanzkrise 2008/2009 nutzte, um sein Konzept und seine Technologie für Fahrzeuge und Ladeinfrastruktur weiterzuentwickeln. In der Folge entwickelte sich Tesla zu einem führenden Unternehmen in der Elektroautomobilbranche. Das Unternehmen hat in der Umbruchsituation (der Wirtschafts- und Finanzkrise) unter Zuhilfenahme staatlicher Förderung die Entwicklungschancen und Wettbewerbsvorteile gesehen und eine Technologie zur Marktreife gebracht, die sich in den Folgejahren zu einem rentablen Geschäft fortführen ließ.

Reformansätze

Reformansätze umfassen eine explizite Berücksichtigung von innovations- und zukunftsorientierten Investitionen in Wirtschaftlichkeitskalkülen.

Dies gilt auch für Förderprogramme der **öffentlichen Hand**, die sich an Zielkonformität orientieren und dabei auch Aspekte, wie Innovativität, potenzielle Skaleneffekte, Spill-over-Effekte, etc. berücksichtigen sollte.

Auch Unternehmen müssen ihre Wirtschaftlichkeitskalküle für Investitionen mit dynamischen Wirkungen um entsprechende Faktoren erweitern, um Lock-in-Effekte und versunkene Kosten zu vermeiden und künftige Wettbewerbschancen zu nutzen. Klare politische Signale und Vorgaben der öffentlichen Hand müssen hier gegeben sein, um Unternehmen einen sicheren Planungshorizont zu geben. Dazu gehören bspw. dynamische, sich verschärfende Vorgaben zur Nutzung von alternativen Technologien/Brennstoffen, dynamische Grenzwerte, sprunghafte Verschärfung von Standards orientiert an Investitionszyklen und weiteres.

3.1.6 Unzureichende Adressierung des Investor-Nutzer Dilemmas („geteilte Anreize“) im Ordnungsrahmen

Hemmnis

Ein Investor-Nutzer Dilemma liegt vor, wenn Kosten und Nutzen einer Investition bei unterschiedlichen Akteurinnen und Akteuren anfallen (sog. „geteilte Anreize“). So wird beispielsweise im Fall der energetischen Sanierung eine Investition durch Vermietende getätigt, während die Energieeinsparungen den Mietenden zu Gute kommen. Dies beschränkt beim Investierenden den Anreiz, die entsprechende (umweltrelevante) Investition zu tätigen (Hallof und Schröder 2013). Um das grundsätzliche Hemmnis zu überwinden, kann die Umlage von Kosten rechtlich geregelt werden.

Bei der konkreten Ausgestaltung von rechtlichen Regelungen zur Umlage von Kosten energetischer Sanierungen bei geteilten Anreizen können wiederum Hemmnisse auftreten. So schafft die Umlage ggf. keine ausreichende Anreizwirkung auf Seiten der Investierenden und/oder führt zu unangemessen hohen Belastungen für den*die Nutzer*in. Beispiele dafür sind:

- ▶ Die Wahl der Bezugsgröße für die Bestimmung der Höhe der zulässigen Umlage: Ist die Umlage so gewählt, dass die Investition sowohl beim Investierenden als auch beim*bei der Nutzer*in wirtschaftlich ist?
- ▶ Der Einbezug von Fördermitteln: Bei umweltrelevanten Entscheidungen stehen häufig Fördermittel zur Verfügung, die durch den Investierenden beantragt werden können. Besteht im Rahmen der Regelung ein Anreiz, Fördermittel zu beantragen? Wie verteilt sich der monetäre Nutzen durch die Fördermittel zwischen Nutzer*in und Investierenden?

Beispiele

Die in Anhang B.2 betrachtete Modernisierungsumlage bei Gebäudesanierungen definiert die Rahmenbedingungen für die Mietsteigerungen nach der Durchführung von energetischen Sanierungen. Nach § 559 Abs. 1 BGB können Vermietende nach der Durchführung von bestimmten Modernisierungsmaßnahmen die jährliche Miete um 8 % der für die Wohnung aufgewendeten Kosten erhöhen.

Die Bezugsgröße für die Festlegung der zulässigen Mietsteigerung ist somit die Investition und sind nicht die erzielten Energieeinsparungen. Dies führt einerseits dazu, dass für den Vermietenden kein monetärer Anreiz besteht, ambitionierte Sanierungen mit hohen Energieeinsparungen durchzuführen. Andererseits führt dies (gerade in angespannten Wohnungsmärkten) häufig dazu, dass energetische Sanierungen nicht „warmmietenneutral“ durchgeführt werden. Die Mietsteigerung übertrifft also die Energiekosteneinsparungen.

Bei Inanspruchnahme von Fördermitteln müssen diese von der Höhe der umzulegenden Investitionssumme abgezogen werden, die Fördermittel kommen somit direkt dem Mietenden zu Gute. Dies führt allerdings dazu, dass für den Vermietenden kein Anreiz besteht, Fördermittel zu beantragen, sofern eine Mieterhöhung über die Modernisierungsumlage am Markt durchsetzbar ist.

Reformansätze

Für den Fall der Modernisierungsumlage können folgende Reformansätze betrachtet werden:

- ▶ Gesetzgeber: Deutliche Absenkung der Modernisierungsumlage bei gleichzeitiger Reform des Förderrahmens: Wird die Modernisierungsumlage abgesenkt, entsteht für Vermietende ein Anreiz, für die durchzuführenden Maßnahmen Fördermittel zu beantragen. Über die Ausgestaltung des Förderrahmens kann (wie z. B. bei den bestehenden Förderprogrammen im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude) die Umsetzung von ambitionierten Sanierungsmaßnahmen angereizt werden, wenn auch die Vermietende (anteilig) von der Förderung profitieren können²⁷.
- ▶ Gesetzgeber: Derzeit werden verschiedene Ansätze für Warmmietenmodelle diskutiert (Agora Energiewende und Universität Kassel 2020) sowie für die Aufteilung der Energiekosten zwischen Mietendem und Vermietenden. In einigen Ländern (beispielsweise Schweden) tragen die Vermietenden die Kosten für die Wärmeerzeugung, d. h. es wird direkt eine Warmmiete erhoben. Ein Warmmietenmodell adressiert grundsätzlich das Hemmnis des Nutzer-Investor Dilemmas, da die Vermietenden von den Energiekosteneinsparungen nach einer energetischen Sanierung selbst profitieren. Auf der anderen Seite besteht bei einem Warmmietenmodell keine monetäre Anreizwirkung für Mietende, den Energieverbrauch durch Verhaltensänderungen zu senken (z. B. kein Heizen bei offenem Fenster). Ein reines Warmmietenmodell widerspricht zudem zunächst den Anforderungen aus den Artikeln 9 bis 11 der EU-Energieeffizienzrichtlinie 2012/27/EU und in Deutschland den Bestimmungen der Heizkostenverordnung. Zudem wäre die (flächendeckende) Umstellung auf ein Warmmietenmodell mit erheblichen Eingriffen in die bestehenden Mietverträge verbunden. Neben einem Warmmietenmodell kann auch bei einer Aufteilung der Heizkosten zwischen Mietenden und Vermietenden (z. B. 50 % / 50 %) ein Anreiz für Vermietende geschaffen werden.

3.2 Wirtschaftlichkeitsgebote im Kontext umweltrelevanter Mindeststandards

Anhand verschiedener Beispiele (Wirtschaftlichkeitsgebot im GEG, Kostenoptimalitätsrechnungen in der EU-Gebäuderichtlinie, Ökodesign-Richtlinie) werden Hemmnisse untersucht, die sich im Zusammenhang mit Wirtschaftlichkeitsgeboten bei der Festsetzung von umweltrelevanten Mindeststandards ergeben.

3.2.1 Konflikte zwischen umweltpolitischen Zielen und Wirtschaftlichkeitsgeboten

Hemmnis

Wirtschaftlichkeitsgebote im Zusammenhang mit der Festsetzung von Mindeststandards können in Widerspruch zu den Umweltzielen von Gesetzen und politischen Beschlüssen und Strategien stehen, in denen sie verankert sind. Bezogen auf ein zu erreichendes Umweltziel wäre es ein

²⁷ Mit der Einführung der Bundesförderung für effiziente Gebäude im Jahr 2021 wurden die Förderbedingungen bereits deutlich verbessert. Insbesondere stellen die Option der Zuschussförderung für alle Förderbereiche sowie die beihilferechtliche Befreiung wichtige Verbesserungen dar.

sachgerechtes Verständnis von Wirtschaftlichkeit, nach den minimalen Zielerreichungskosten zu suchen. Daraus könnten im Sinne eines Kosten-Effektivitäts-Ansatzes umweltbezogene Mindeststandards abgeleitet werden. Dafür ist i. d. R. eine systemische und langfristig angelegte Betrachtung erforderlich, denn meist gibt es viele Emittenten bzw. Verursacher, die für die Erreichung von Umweltzielen innerhalb eines festgelegten Zeitraums ihre Produktions- oder Konsumweise umstellen müssen.

Tatsächlich sichern Wirtschaftlichkeitsgebote bei der Festlegung von umweltbezogenen Mindeststandards in vielen Fällen nicht die Kosteneffizienz („minimale Zielerreichungskosten“). Vielmehr haben sie eine einschränkende Funktion, die die Verfolgung der Umweltziele davon abhängig macht, dass bestimmte Akteurinnen und Akteure hierdurch nicht oder nicht zu stark belastet werden. Statt einer volkswirtschaftlichen Kostenperspektive, die auch Umweltkosten vollständig berücksichtigt, wird dabei oft lediglich eine einzelwirtschaftliche (betriebswirtschaftliche) Perspektive zu Grunde gelegt.

Die so verstandenen Wirtschaftlichkeitsgebote hemmen dann faktisch eine ambitionierte Umsetzung und die Erreichung der umweltpolitischen Ziele. Denn für diese reicht die Einhaltung von Wirtschaftlichkeit auf der einzelwirtschaftlichen Ebene in der Regel nicht aus.

Beispiele

Im Gebäudeenergiegesetz (GEG) ist der Zusammenhang zwischen dem Wirtschaftlichkeitsgebot und dem Ziel des Gesetzes in § 1 (2) formuliert: „Unter Beachtung des Grundsatzes der Wirtschaftlichkeit soll das Gesetz im Interesse des Klimaschutzes, der Schonung fossiler Ressourcen und der Minderung der Abhängigkeit von Energieimporten dazu beitragen, die energie- und klimapolitischen Ziele der Bundesregierung sowie eine weitere Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte zu erreichen und eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung zu ermöglichen.“ Der in § 5 formulierte Grundsatz der Wirtschaftlichkeit sieht vor, dass die Anforderungen und Pflichten wirtschaftlich vertretbar sein müssen, was erfüllt ist „wenn generell die erforderlichen Aufwendungen innerhalb der üblichen Nutzungsdauer durch die eintretenden Einsparungen erwirtschaftet werden können“.

Die Formulierung macht deutlich, dass sich der Grundsatz der Wirtschaftlichkeit einschränkend auf das eigentliche Ziel des Gesetzes auswirkt, da der Grundsatz der Wirtschaftlichkeit auf die einzelwirtschaftliche Perspektive des Gebäudeeigentümers*der Gebäudeeigentümerin abzielt. Die Festlegung des Ambitionsniveaus der Mindeststandards orientiert sich somit nicht an den für das Erreichen der Klimazielen notwendigen Energieeinsparungen, sondern an der (einzelwirtschaftlichen) Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen.

Reformansätze

Die Formulierung von umweltrelevanten Anforderungen sollte sich zunächst an den übergeordneten umweltpolitischen Zielen orientieren und nicht an der einzelwirtschaftlichen Wirtschaftlichkeit oder Kostenoptimalität. Dieser Ansatz wird beispielsweise in den Regelungen zur Sanierung von Altlasten im Rahmen des Bundesbodenschutzgesetzes verfolgt: Bei der Durchführung von Sanierungsprojekten werden zunächst ohne Berücksichtigung der Kosten geeignete Sanierungsszenarien erstellt, die anhand verschiedener Kriterien bewertet werden, wobei die Bewertung zunächst ohne Berücksichtigung der Kosten erfolgt (Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie). Eine vergleichende Bewertung der Kosten und Nutzen erfolgt erst nach der Auswahl der geeigneten Sanierungsszenarien.

Die Formulierung von Mindestanforderungen (z. B. an die Energieeffizienz) sollte sich zunächst an den übergeordneten klimapolitischen Zielen orientieren, wobei nur solche Anforderungen in

Betracht gezogen werden, die mit den langfristigen Zielen kompatibel sind. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen können im Anschluss zum Einsatz kommen, um auf Basis der Auswahl der zielkonformen Optionen die wirtschaftlich günstigsten Optionen zu identifizieren (Kosten-Effektivitäts-Ansatz).

Das Hemmnis ließe sich alternativ abschwächen, wenn bei der Formulierung von Mindestanforderungen ein Kosten-Nutzen-Ansatz verfolgt würde und die monetarisierten Umweltschäden als Umweltkosten möglichst umfassend bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung berücksichtigt würden, vgl. auch Reformvorschläge im nachfolgenden Kapitel 3.2.2).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Wirtschaftlichkeitsgebote bei der Festlegung von umweltbezogenen Mindeststandards – als umweltpolitisches Instrument zur Zielerreichung – als Hemmnis wirken, wenn sie auf die betriebswirtschaftliche Wirtschaftlichkeit ausgerichtet sind. Dies begünstigt eine Aufweichung des umweltpolitischen Schutzniveaus.

3.2.2 Unzureichende Berücksichtigung von Umweltkosten in Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Hemmnis

Bei der Festsetzung von Mindeststandards erfolgt in der Regel eine Betrachtung der Wirtschaftlichkeit verschiedener Optionen, wobei Umweltkosten nur teilweise oder nicht berücksichtigt werden. In der Folge werden die Mindeststandards aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive zu niedrig angesetzt. Dadurch werden weniger und/oder weniger tiefgreifende Investitionen zugunsten des Umweltschutzes durchgeführt (vgl. ausführlicher Kapitel 3.1.3). Beispielsweise führen in Abwesenheit einer ambitionierten CO₂-Bepreisung, die vollumfänglich die mit dem Energieverbrauch verbundenen Umweltkosten internalisiert, Wirtschaftlichkeitsgebote mit Einbezug von Umweltkosten, die unter den Schadenskosten liegen, zu Mindeststandards, die gesamtwirtschaftlich weder optimal noch kompatibel mit den zu erreichenden Minderungszielen sind.

Beispiele

Das Energieeinspargesetz ermöglichte es bislang nicht, die Berücksichtigung von Umweltkosten von Unternehmen des Gebäudesektors zu verlangen. Vielmehr erforderte das Gesetz, dass Anforderungen an die Energieeinsparung im Gebäudesektor „wirtschaftlich vertretbar“ sein müssen (§ 5 Abs. 1 EnEG), mit einer weiteren Abschwächung bei Modernisierungen im Gebäudebestand (§ 4 Abs. 3 Satz 1 EnEG). Als vertretbar galten solche Investitionen, die innerhalb der üblichen bzw. noch zu erwartenden Nutzungsdauer eines Gebäudes durch die zu erwartenden (Energie-) Einsparungen erwirtschaftet werden können. Um sicherzustellen, dass das zulässige Maß der finanziellen Belastung nicht überschritten wird, muss sich der Verordnungsgebende durch Wirtschaftlichkeitsberechnungen davon überzeugen, dass die Anforderungen innerhalb der Spannweite üblicher Anwendungsfälle eingehalten werden. Dabei muss er*sie (möglichst realitätsnahe) prognostische Abschätzungen über die zukünftige Entwicklung treffen (insbesondere hinsichtlich der Energiepreise sowie der Zinsentwicklung) und in gewissem Umfang typisieren und pauschalisieren. Umweltkosten werden in den Berechnungen nicht als Kostenelement berücksichtigt, da eine rein einzelwirtschaftliche Betrachtung aus Sicht des Gebäudeeigentümers*der Gebäudeeigentümerin vorgenommen wird.

Im Rahmen der EU-Ökodesignrichtlinie werden bei der Entwicklung neuer Produktstandards in der Vorstudie Wirtschaftlichkeitsberechnungen durchgeführt als Grundlage für die Festsetzung der Standards. Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen umfassen neben einer einzelwirtschaftlichen Betrachtung auch eine Wirtschaftlichkeitsberechnung unter Einbezug von Klimakosten, wobei als Berechnungsgrundlage die von der EU prognostizierten Preise der Zertifikate im EU-

Emissionshandel dienen. Während dieser Ansatz im Vergleich zur reinen einzelwirtschaftlichen Perspektive in Bezug auf die Umweltwirkungen als positiv zu bewerten ist, ergeben sich zwei wichtige Einschränkungen: (1) Die Preise im EU-ETS spiegeln nicht die vollständigen Umweltkosten wider, so dass diese nur partiell berücksichtigt werden. (2) Die Berechnungen unter Berücksichtigung von Umweltkosten dienen zunächst nur als Sensitivitätsanalyse. D. h. das Ziel der Berechnung ist zu untersuchen, ob sich das Endergebnis in Bezug auf die Klassifizierung der Produkte mit unterschiedlichen Effizienzniveaus grundlegend unterscheidet. Den Autorinnen und Autoren ist kein Fall bekannt, in dem die Berechnungen mit Umweltkosten zu einer Ambitionssteigerung bei der Definition der Standards geführt haben.

Reformansätze

Die Berücksichtigung von Umweltkosten bei der Festlegung von ordnungsrechtlichen Mindeststandards und eine darauf gerichtete Konkretisierung von Wirtschaftlichkeitsgeboten in den fachgesetzlichen und untergesetzlichen Regelwerken, würde einen Schub für den Umweltschutz in der Breite bedeuten. Orientieren könnte sich dies an den Regelungen des Beschaffungsrechts oder des deutschen Klimaschutzgesetzes.

Im Ordnungsrecht wird in der Regel die Verhältnismäßigkeit gefordert. Dies gibt einen Spielraum, auch über den aus einzelwirtschaftlicher Sicht kostenminimalen (Umwelt)Standard hinaus zu agieren. Allerdings sind Akteurinnen und Akteure mit dem Zusammenspiel von Wirtschaftlichkeit und Verhältnismäßigkeit oftmals nicht vertraut, es besteht (z.B. bei der Genehmigung von industriellen Anlagen) Unsicherheit in Bezug auf die Anforderungen der Prüfbehörden und Entscheidungen werden zugunsten der einzelwirtschaftlich günstigsten Variante getroffen.

Bei Beibehalt des einzelwirtschaftlichen Ansatzes zur Kostenminimierung bei der Festlegung von Mindeststandards kann nur dann ein mit den Klimazielen kompatibles Niveau erreicht werden, wenn, idealtypisch, alle externen Umweltkosten durch die CO₂-Bepreisung und weiterer preislicher Instrumente vollständig internalisiert werden.²⁸ Dies trifft allerdings auf eine Reihe von bekannten Schwierigkeiten, u. a. der fehlenden Information zu den anfallenden Schadenskosten. Zudem wäre eine vollständige Internalisierung der Kosten mit erheblichen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen (Verteilungs-) Wirkungen verbunden. Wenn eine vollständige Internalisierung nicht umsetzbar ist, so ist eine (im Zeitablauf ansteigende) Bepreisung von Umweltkosten anzustreben.

3.2.3 Spielräume bezüglich der Auslegung von Wirtschaftlichkeitsgeboten

Hemmnis

Es liegt in der Natur der Sache, dass Wirtschaftlichkeitsgebote regelmäßig recht allgemein formuliert sind, so dass sich in der Auslegung und Anwendung Spielräume ergeben. Die beteiligten Akteurinnen und Akteure können diese Spielräume nutzen, weniger ambitionierte umweltpolitische Ziele als die gesetzlich festgelegten, zu verfolgen.

Beispiele

Die Anforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden wurden im deutschen Recht bisher in der Energieeinsparverordnung (EnEV) festgelegt. Die für den Verordnungsgebenden – der Bundesregierung – hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit maßgebende Vorschrift war § 5 Abs. 1 Energieeinsparungsgesetz (EnEG). Dieser untersagte dem Verordnungsgebenden, Maßnahmen

²⁸ Unter welchen Voraussetzungen eine vollständige Internalisierung tatsächlich kompatibel zu den sehr ambitionierten gesetzlichen Klimaschutz- und Umweltzielen in Deutschland wäre, kann hier nicht weiter vertieft werden.

zu verlangen, bei denen sich die investiven Aufwendungen nicht innerhalb der üblichen Nutzungsdauern durch die zu erwartenden (Energie-) Einsparungen amortisieren lassen. Um sicherzustellen, dass das zulässige Maß der finanziellen Belastung nicht überschritten wird, muss sich der Verordnungsgebende durch Wirtschaftlichkeitsberechnungen davon überzeugen, dass die Anforderungen innerhalb der Spannbreite üblicher Anwendungsfälle eingehalten werden. Das in § 5 EnEG verankerte Wirtschaftlichkeitsgebot stellte demnach eine vom Gesetzgeber – d. h. Bundestag und Bundesrat – aufgestellte Grenze dar, in dessen Rahmen der Verordnungsgebende – d. h. die Bundesregierung – Festlegungen treffen konnte, welche als belastende Grundrechtseingriffe zu werten sind.

In der Praxis zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit wurde bei den letzten EnEV-Novellen danach gefragt, ob die in Aussicht genommenen neuen Anforderungen sich im Vergleich zu den jeweils zuvor geltenden Anforderungen als wirtschaftlich – und damit diesen gegenüber als wirtschaftlicher – darstellen. Da § 5 Abs. 1 Satz 2 EnEG nur den zulässigen Belastungsspielraum nach oben hin begrenzt, steht die Vorschrift einem solchen Vorgehen nicht entgegen. Sie verlangt es aber auch nicht. Die gesetzliche Bestimmung stellt vielmehr ihrem Wortlaut nach darauf ab, ob die „erforderlichen Aufwendungen innerhalb der üblichen Nutzungsdauer durch die eintretenden Einsparungen erwirtschaftet werden können“. Dort ist nicht davon die Rede, dass ein Anforderungsniveau mit einem anderen zu vergleichen sei – bzw. die Mehraufwendungen eines neuen Anforderungsniveaus mit den durch das erhöhte Niveau erreichbaren zusätzlichen Einsparungen. Es kommt vielmehr darauf an, ob die erforderlichen Aufwendungen die zu erwartenden Einsparungen übersteigen. Aus dem Blickwinkel von § 5 Abs. 1 EnEG ist also der Vergleich zwischen der Situation mit den neuen Anforderungen und einer fiktiven Situation *ohne diese Anforderungen* naheliegender, zumindest ebenfalls möglich (praktisch also mit einem Wärmeschutz entsprechend dem bauphysikalisch notwendigen Minimum).

Die federführenden Ministerien der Bundesregierung ließen in der Vergangenheit bei den Wirtschaftlichkeitsberechnungen jedoch auf den Vergleich zwischen bestehendem Standard und neu festzulegendem Standard abstellen. Hierdurch wurden die in der Auslegung bestehenden Spielräume – zu Lasten der verfolgten Ziele einer Energieeinsparung und des Klimaschutzes – nicht ausgeschöpft.

Durch das am 03. Juli 2020 verabschiedete „Gesetz zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude und zur Änderung weiterer Gesetze“ wurden die Rechtsakte EnEV, EnEG und Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) zu einem Gesetz, dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) zusammengelegt. Zwar findet sich in § 5 GEG weiterhin eine dem § 5 EnEG vergleichbare Regelung. Die maßgebliche Funktion einer Begrenzung des Handlungsspielraums des Verordnungsgebenden ist jedoch entfallen, da die materiellen Anforderungen direkt im Gesetz – und damit auf derselben Ebene wie das Wirtschaftlichkeitsgebot – geregelt werden. Dementsprechend spricht sehr viel dafür, dass eine vom Gesetzgeber im GEG getroffene Regelung zur Energieeinsparung rechtlich Bestand hat – unabhängig davon ob der in § 5 GEG aufgestellte allgemeine Wirtschaftlichkeitsgrundsatz eingehalten ist. Denn eine gesetzliche Regelung kann nur vom Bundesverfassungsgericht aufgehoben werden, wenn ein Verstoß gegen das Grundgesetz vorliegt. Dies spricht dafür, dass dem Wirtschaftlichkeitsgrundsatz im GEG rechtlich weitgehend nur eine symbolische Bedeutung zukommt, die nur bei Auslegungsfragen und behördlichen Ermessen (im Rahmen von Befreiungsanträgen) zum Tragen kommt. Dennoch ist davon auszugehen, dass die federführenden Ministerien der Bundesregierung weiterhin entsprechende Wirtschaftlichkeitsberechnungen durchführen und dabei die bestehende restriktive Linie bei der Anwendung des Wirtschaftlichkeitsgrundsatzes anwenden.

Reformansätze

Es ist nicht zu vermeiden, dass Wirtschaftlichkeitsgebote – wie auch andere „unbestimmte Rechtsbegriffe“ – einer Auslegung grundsätzlich offenstehen. Wirtschaftlichkeitsgebote können nicht jeden Einzelfall regeln, so dass sich in der Anwendung stets Spielräume ergeben. Allerdings können Wirtschaftlichkeitsgebote zum einen einschränkend formuliert werden, so dass sie im Sinne einer Unzumutbarkeitsklausel nicht die Wirtschaftlichkeit positiv fordern, sondern nur eine „unzumutbare Belastung“ der Beteiligten ausschließen. Zum anderen kann die Auslegung von Wirtschaftlichkeitsgrundsätzen durch andere Normen, welche den Umwelt- bzw. den Klimaschutz hervorheben, beeinflusst werden. So regelt § 13 KSG die Berücksichtigung des Klimaschutzes bei öffentlichen Entscheidungen. Zwar gilt das Berücksichtigungsgebot für alle Träger öffentlicher Aufgaben in Bund, Ländern und Kommunen. Die konkretisierende Regelung für die Planung, Auswahl und Durchführung von Investitionen und bei der Beschaffung des Absatzes 2 der Norm gilt jedoch nur für die Bundesebene und sollte deshalb durch ergänzende Regelungen von den Ländern und Kommunen übernommen werden.

Hinsichtlich des obigen Beispiels zu § 5 EnEG bzw. GEG (von dem bisher vorgenommenen Vergleich verschiedener Anforderungsniveaus hin zu einem Vergleich mit einem theoretischen Nullniveau der Anforderungen) ließe sich ein Wechsel der Berechnungsmethode für die Wirtschaftlichkeitsbewertung begründen mit: a) allgemein mit der gestiegenen Bedeutung des GEG für den Klimaschutz und b) speziell mit der EU-Anforderung, die Neubauanforderungen künftig an einem Niedrigstenergiestandard auszurichten. Ein Vergleich mit dem jeweils vorherigen Anforderungsniveau stellt für Änderungen am Status quo tendenziell hohe Hürden auf, während die Ziele im Bundes-Klimaschutzgesetz und die Forderung nach einen Niedrigstenergiestandard eine Orientierung „nach oben“ nahelegen.

Bei der Konkretisierung staatlicher Wirtschaftlichkeitsgebote im Ordnungsrecht sollte genauer festgelegt werden, welche Art der Investitionsrechnung anzuwenden ist und in welchen Fällen vereinfachte Bewertungsansätze ungeeignet sind. Dazu sollten auch Vorgaben zu den zu verwendenden Annahmen gemacht und kontinuierlich aktualisiert werden, insbesondere zu Diskontsätzen, Lebens- bzw. Nutzungsdauern und bei Berücksichtigung externer Umweltkosten. Ein solcher Ansatz kann auch bei staatlichen Vergünstigungen Anwendung finden, die an die Durchführung von wirtschaftlich vertretbaren Gegenleistungen geknüpft sind.

3.2.4 Partielle Kosten-Nutzen-Abwägungen in Wirtschaftlichkeitsberechnungen (z. B. mangelnde Berücksichtigung von Fördermitteln)

Hemmnis

Bei der Einführung von Mindeststandards werden häufig Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zu Grunde gelegt, die kostenseitig die gesamte Investition einbeziehen, ohne zu berücksichtigen, dass sich diese für den Investierenden bei Inanspruchnahme bestehender Förderprogramme oder durch Entlastungen von Steuern und Abgaben reduziert.

Die zu Grunde liegenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen berücksichtigen somit nicht, dass für Varianten mit einer höheren Energieeffizienz vorhandene Fördermittel in Anspruch genommen werden können und sich damit eine Verschiebung der Wirtschaftlichkeit hin zu ambitionierteren Standards ergäbe.

Beispiele

Wie in Anhang A beschrieben, unterlagen die Mindeststandards für die Gebäudeeffizienz nach EnEV dem Wirtschaftlichkeitsgebot nach § 5 Abs. 1 Satz 2 EnEG. Dieses untersagt dem Verordnungsgebenden, Maßnahmen zu verlangen, bei denen sich die investiven Aufwendungen nicht innerhalb der üblichen Nutzungsdauern durch die zu erwartenden (Energie-)

Einsparungen amortisieren lassen. Die in diesem Zusammenhang durchgeführten Wirtschaftlichkeitsberechnungen berücksichtigten nicht die vorhandenen Förderprogramme für energetische Gebäudesanierungen. Beispielsweise können bei energetischen Gebäudesanierungen über das KfW-Programm „Energieeffizient Sanieren“ Fördermittel in Anspruch genommen werden, wenn Effizienzniveaus erreicht werden, die über dem gesetzlichen Mindeststandard liegen. Die Förderquote erhöht sich dabei mit steigendem Effizienzniveau. Unter Berücksichtigung der Fördermittel ergibt sich eine Verschiebung der Wirtschaftlichkeit, so dass höhere Standards angesetzt werden könnten.

Reformansätze

Um unter Beibehalt eines einzelwirtschaftlichen Wirtschaftlichkeitsgebotes dennoch Mindeststandards setzen zu können, mit denen ambitionierte Umweltziele erreicht werden können, wäre es denkbar, Fördermittel in die Wirtschaftlichkeitsberechnung einzubeziehen²⁹.

In diesem Fall könnten die Fördermittel in zwei Komponenten aufgeteilt werden:

- ▶ Fördermittel, auf deren Erhalt ein Rechtsanspruch besteht, mit denen die „Lücke“ zwischen den aus Klimaschutzsicht notwendigen Maßnahmen und den aus einzelwirtschaftlicher Sicht wirtschaftlichen Maßnahmen geschlossen wird. Im Unterschied zum derzeitigen Förderrahmen werden diese Fördermittel für die Durchführung solcher Maßnahmen bereitgestellt, die den (ambitionierteren) gesetzlichen Mindestanforderungen genügen.
- ▶ Eine zusätzliche Förderung solcher Maßnahmen, die über die gesetzlichen Mindeststandards hinausgeht (analog zum bisherigen Förderrahmen).

Der vorgeschlagene Reformansatz weicht insofern vom bisherigen Förderrahmen ab, als gesetzlich vorgeschriebene Maßnahmen bisher nur selten gefördert werden. Ein Beispiel für diesen Sonderfall ist die Förderung von Sanierungsmaßnahmen in denkmalgeschützten Gebäuden, wo die Durchführung von Maßnahmen steuerlich geltend gemacht werden können, während die Gebäudeeigentümer gesetzlich zur Durchführung verpflichtet sind. (Bürger et al. 2013). Aus verfassungsrechtlicher Sicht sind Rechtsansprüche auf Förderung für Maßnahmen, zu denen die Fördermittelempfänger gesetzlich verpflichtet sind, nicht ausgeschlossen (Bürger et al. 2013).

Eine ähnliche Vorgehensweise besteht z. B. in Frankreich. Hier ist vorgesehen, dass Fördermitteln für Maßnahmen in Anspruch genommen werden, die unter die Sanierungspflicht fallen (Ademe 2018).

3.2.5 Vergleichende Analyse

Die betrachteten Rechtsmaterien werden in den nachfolgenden Factsheets bezüglich der betrachteten Hemmnisse verglichen.

Gebäudeenergiegesetz (GEG)

Die Anforderungen zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden wurden im deutschen Recht bisher in der Energieeinsparverordnung (EnEV) festgelegt. Die für den Verordnungsgeber – der Bundesregierung – hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit maßgebende Vorschrift war § 5 Abs. 1 Energieeinsparungsgesetz (EnEG). Dieser untersagte dem Verordnungsgebenden, der für die Festlegung von Mindeststandards verantwortlich war, Maßnahmen zu verlangen, bei denen sich die investiven Aufwendungen nicht innerhalb der üblichen Nutzungsdauern durch die zu

²⁹ Dieser Vorschlag ist nur dann relevant, wenn am grundsätzlichen Vorgehen der einzelwirtschaftlichen Wirtschaftlichkeitsgebote festgehalten wird und somit die in Kapitel 3.2.1-3.2.3 genannten Reformoptionen nicht aufgegriffen werden.

erwartenden (Energie-) Einsparungen amortisieren lassen. Um sicherzustellen, dass das zulässige Maß der finanziellen Belastung nicht überschritten wird, muss sich der Verordnungsgebende durch Wirtschaftlichkeitsberechnungen davon überzeugen, dass die Anforderungen innerhalb der Spannbreite üblicher Anwendungsfälle eingehalten werden. Das in § 5 EnEG verankerte Wirtschaftlichkeitsgebot stellte demnach eine vom Gesetzgeber – d. h. Bundestag und Bundesrat – aufgestellte Grenze dar, in dessen Rahmen der Verordnungsgeber – d. h. die Bundesregierung – Festlegungen treffen konnte, welche als belastende Grundrechtseingriffe zu werten sind.

Durch das am 03. Juli 2020 verabschiedete „Gesetz zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude und zur Änderung weiterer Gesetze“ wurden die Rechtsakte EnEV, EnEG und Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) zu einem Gesetz, dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) zusammengelegt. Zwar findet sich in § 5 GEG weiterhin eine dem § 5 EnEG vergleichbare Regelung. Die maßgebliche Funktion einer Begrenzung des Handlungsspielraums des Verordnungsgebenden ist jedoch entfallen, da die materiellen Anforderungen direkt im Gesetz – und damit auf derselben Ebene wie das Wirtschaftlichkeitsgebot – geregelt werden. Dementsprechend spricht sehr viel dafür, dass eine vom Gesetzgeber im GEG getroffene Regelung rechtlich Bestand hat – unabhängig davon ob der in § 5 GEG aufgestellte allgemeine Wirtschaftlichkeitsgrundsatz eingehalten ist. Denn eine gesetzliche Regelung kann nur vom Bundesverfassungsgericht aufgehoben werden, wenn ein Verstoß gegen das Grundgesetz vorliegt. Dies spricht dafür, dass dem Wirtschaftlichkeitsgrundsatz im GEG rechtlich weitgehend nur eine symbolische Bedeutung zukommt, die nur bei Auslegungsfragen und behördlichen Ermessen (im Rahmen von Befreiungsanträgen) zum Tragen kommt. Es ist allerdings bis auf weiteres zu erwarten, dass die Auslegung des Wirtschaftlichkeitsgrundsatzes bei zukünftigen Novellen des GEG in ähnlicher Weise erfolgen wird, wie bisher bei der EnEV. Denn viele Akteurinnen und Akteure treten aus grundsätzlichen Erwägungen für die Einhaltung des Wirtschaftlichkeitsgebots nach dem bisherigen Verständnis ein. Somit dürfte das Hemmnis in der Praxis weiterhin bestehen. Es empfiehlt sich deshalb § 5 GEG ersatzlos zu streichen und die verhältnismäßigen Anforderungen direkt im Gesetz festzulegen.

Tabelle 5: Hemmnisanalyse Gebäudeenergiegesetz (GEG)

Kriterium	Analyse
Inkompatibilität von Gesetzeszielen und Wirtschaftlichkeitsgeboten	Das Wirtschaftlichkeitsgebot wirkt sich einschränkend auf die Handlungsmöglichkeiten des Gesetzes in Hinblick auf dessen Ziele aus.
Berücksichtigung von Umweltkosten in Wirtschaftlichkeitsberechnungen	Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erfasst kostenseitig die anfallenden Investitionen, während auf der Seite des Nutzens die eingesparten Energiekosten betrachtet werden. Aufgrund dieser zu Grunde liegenden einzelwirtschaftlichen Sichtweise können Umweltkosten nur indirekt in die Berechnung einfließen, wenn diese sich z.B. über eine CO ₂ -Bepreisung in den Energiekosten widerspiegeln. Nach derzeitigem Stand werden die Umweltkosten somit unzureichend berücksichtigt, da 1) die beschlossenen CO ₂ -Preise die Umweltkosten nicht ausreichend widerspiegeln und 2) die nächste Revision erst im Jahr 2023 ansteht und somit erst dann die CO ₂ -Bepreisung überhaupt in die Berechnung eingeht.
Spielräume bezüglich der Auslegung von Wirtschaftlichkeitsgeboten	In der Praxis zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit wurde bei den letzten EnEV-Novellen danach gefragt, ob die in Aussicht genommenen neuen Anforderungen sich im Vergleich zu den jeweils zuvor geltenden Anforderungen als wirtschaftlich – und damit diesen gegenüber als wirtschaftlicher – darstellen. Sie verlangt es aber auch nicht. Die gesetzliche Bestimmung stellt vielmehr ihrem Wortlaut nach darauf ab, ob die „erforderlichen Aufwendungen innerhalb der üblichen Nutzungsdauer durch die eintretenden Einsparungen erwirtschaftet werden können“. Dort ist nicht davon die Rede, dass ein Anforderungsniveau mit einem anderen zu vergleichen sei – bzw. die Mehraufwendungen eines neuen Anforderungsniveaus mit den durch das erhöhte Niveau erreichbaren zusätzlichen Einsparungen. Aus dem Blickwinkel von § 5 Abs. 1 EnEG (seit 01.11.2020: § 5 GEG) erscheint also der Vergleich zwischen der Situation mit den neuen Anforderungen und einer fiktiven Situation ohne jede dieser Anforderungen naheliegender, zumindest ebenfalls möglich (praktisch also mit einem Wärmeschutz entsprechend dem bauphysikalisch notwendigen Minimum).
Vollständigkeit der Kosten-Nutzen-Abwägung, z. B. Berücksichtigung von Fördermitteln bei Wirtschaftlichkeitsberechnungen	Im Rahmen der Förderprogramme von KfW und BAFA werden Sanierungsmaßnahmen gefördert, deren Ambitionsniveau über die gesetzlichen Mindeststandards hinausgeht. Bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeitskenngrößen für den Nachweis der Wirtschaftlichkeit werden die Förderprogramme nicht in die Rechnung einbezogen.

Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut.

EU-Gebäuderichtlinie (EPBD)

Im Rahmen von Art. 4 Abs. 1 der EU-Gebäuderichtlinie (EU) 2018/844 (EPBD) bildet die „Kostenoptimalität“ eine Orientierungsvorgabe für die nationale Festlegung von Mindeststandards für Gebäude in den EU-Mitgliedstaaten. Die Rahmenvorgaben zur Berechnung der Kostenoptimalität sind in der Delegierten Verordnung (EU) Nr. 244/2012 festgelegt, wobei unterschieden wird zwischen zwei Berechnungsmethoden: 1) Makroökonomische Perspektive und 2) Finanzielle Perspektive.³⁰ Den Mitgliedstaaten ist freigestellt, welche Perspektive für die Festlegung der Mindeststandards berücksichtigt wird. Die Anforderungsniveaus sollen nicht mehr als 15 % schwächer als das berechnete kostenoptimale Niveau sein, anderenfalls müssen die Mitgliedstaaten die Abweichungen begründen. Die Anforderungen an die Berücksichtigung der Kostenoptimalität beziehen sich auf die Mindestambition der Effizienzstandards, eine Festlegung von ambitionierteren Standards ist den Mitgliedstaaten freigestellt.

Tabelle 6: Hemmnisanalyse EU-Gebäuderichtlinie (EPBD)

Kriterium	Analyse
Inkompatibilität von Gesetzeszielen und Wirtschaftlichkeitsgeboten	In der EU-Gebäuderichtlinie wird das Kostenoptimale Niveau berechnet, um sicherzustellen, dass die in den Mitgliedstaaten einzuführenden Gebäudestandards nicht mehr als 15 % über diesem Niveau liegen, d. h. die Berechnungen dienen einer Festlegung der Untergrenze für das Ambitionsniveau der Standards. Der Ansatz der Kostenoptimalität steht somit nicht grundsätzlich den Zielen des Gesetzes entgegen, da es den Mitgliedstaaten freigestellt ist, ambitioniertere Standards zu setzen. Dennoch würde eine verbindlichere Festsetzung der Anforderungen an die Berücksichtigung von Umweltkosten sowie die Berücksichtigung von Fördermitteln zu ambitionierteren Standards führen.
Berücksichtigung von Umweltkosten in Wirtschaftlichkeitsberechnungen	Umweltkosten sind nur in der makroökonomischen Variante enthalten und spielen in der finanziellen Perspektive keine Rolle. Dabei werden die „Kosten von Treibhausgasemissionen“ verwendet, um den monetären Wert der durch CO ₂ -Emissionen aufgrund des Energieverbrauchs in Gebäuden verursachten Umweltschäden abzubilden (Delegierte Verordnung (EU) Nr. 244/2012 Art. 2 (19)). Die Grundlage für die Berechnung der Kosten der Treibhausgasemissionen bilden die Projektionen der Kommission zur Preisentwicklung für CO ₂ -Zertifikate im EU ETS.
Vollständigkeit der Kosten-Nutzen-Abwägung, z. B. Berücksichtigung von Fördermitteln bei Wirtschaftlichkeitsberechnungen	Nach der Delegierten Verordnung (EU) Nr. 244/2012 Anhang 1 Absatz 4.3. sind „idealerweise in die Berechnung auch die für verschiedene Maßnahmen/Maßnahmenbündel/Varianten verfügbaren Subventionen einzubeziehen; die Mitgliedstaaten können diese jedoch unberücksichtigt lassen, sofern sie sicherstellen, dass in diesem Fall sowohl Subventionen und Förderregelungen für Technologien als auch etwaige

³⁰ Die makroökonomische Perspektive entspricht in der Terminologie dieses Berichts einer volkswirtschaftlichen Perspektive und die finanzielle einer einzelwirtschaftlichen Perspektive.

Energiepreissubventionen aus der Berechnung ausgeschlossen werden“. In der Praxis werden die (umfangreichen) in Deutschland vorhandenen Förderprogramme und Ausnahmeregelungen bei den staatlich bestimmten Energiepreisbestandteilen nicht in die Berechnungen einbezogen.

Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut

EU Ökodesign-Richtlinie

Die EU Ökodesign-Richtlinie (Richtlinie 2009/125/EG) schafft den Rahmen für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte. Die Ökodesign-Richtlinie setzt den Rahmen für die Festlegung von produktgruppenspezifischen Durchführungsmaßnahmen, in denen Anforderungen an die Energieeffizienz sowie weiterer Umweltwirkungen festgelegt werden. Die in den Durchführungsmaßnahmen festgelegten Mindeststandards basieren auf Vorstudien, deren Durchführung einer festgelegten Methodik folgt (Methodology for ecodesign of energy-related products, MEERP)³¹ und die eine umfassende Bewertung der relevanten Umweltaspekte sowie der Auswirkungen auf die Wirtschaft sowie Verbraucherinnen und Verbraucher beinhaltet. Die Untersuchung umfasst u.a. eine Analyse der Lebenszykluskosten, in die auch Umweltkosten einbezogen werden.

Tabelle 7: Hemmnisanalyse EU Ökodesign-Richtlinie

Kriterium	Analyse
Berücksichtigung von Umweltkosten in Wirtschaftlichkeitsberechnungen	Die Umweltkosten werden als externer finanzieller Schaden im Rahmen der gesellschaftlichen Lebenszykluskosten zu den (Verbraucher-) Lebenszykluskosten hinzugerechnet. Auf Basis von Daten der Europäischen Umweltagentur (EEA) von 2011 werden vier Indikatoren bestimmt, das Treibhauspotential (GWP), das Versauerungspotential (AP), flüchtige organische Verbindungen (VOC) und Feinstaub (PM). Diese werden mit finanziellen Werten pro emittierter Masse verbunden und so in die gesellschaftlichen Lebenszykluskosten einbezogen. Obwohl die gesellschaftlichen Lebenszykluskosten berechnet werden müssen, dienen sie meist nur als Vergleich, ob die Lebenszykluskosten ohne Einbeziehung der externen Kosten belastbar sind und nicht zu weit von den gesellschaftlichen Lebenszykluskosten (LCC + Umweltkosten) abweichen. Die Umsetzung ist allerdings nicht einheitlich, so dass die Lebenszykluskosten in den verschiedenen Vorstudien mit unterschiedlicher Detailtiefe und Relevanz betrachtet werden. Die zu Grunde liegenden Werte für die Berechnung der externen Kosten sind von 2011. Inzwischen werden diese meist anders berechnet, was im Normalfall zu einem deutlich höheren Wert für die externen Kosten führt, der aktuell noch unberücksichtigt bleibt. Einige aktuellere Vorstudien nehmen deshalb jüngere Berechnungsmethoden mit auf und kommen auf höhere Umweltkosten. Gerade der Einfluss von CO₂

³¹ <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/b7650397-32f1-436c-82c4-df39aef297a3>

	wird mit 14 € pro Tonne CO₂ noch immer sehr gering berechnet, was mit den Preisen des EU-Emissionshandels (EU ETS) von 2011 und den damaligen Schätzungen zur Preisentwicklung des ETS zusammenhängt. Grundsätzlich ist die Berechnung der externen Kosten auf Basis des ETS problematisch, weil die Zertifikatspreise nicht die entstehenden externen Schäden widerspiegeln und komplementäre Instrumente wie die EE-Förderung und der Kohleausstieg den EUA-Preis beeinflussen.
Berücksichtigung des (Umwelt-) Nutzens in Wirtschaftlichkeitsberechnungen	Der Umweltnutzen der Produkte wird umfassend analysiert. Verschiedene Base-Cases werden einer Umweltverträglichkeitsprüfung unterzogen und Umweltprofile erstellt. Die Energieeffizienz und Emission umwelt- und gesundheitsschädlicher Stoffe im Lebenszyklus des Produkts werden gegenübergestellt. Die Erstellung von unterschiedlichen Design-Optionen dient unter anderem der Auflistung und dem Vergleich der Energieeffizienz. In der Wirtschaftlichkeitsberechnung schlägt sich die Energieeffizienz im niedrigeren Energiepreis nieder. Der Ausstoß von schädlichen Stoffen kann über die externen Kosten Einzug in die Berechnung finden. Die externen Kosten werden aber, wie oben beschrieben, oft nicht oder nur zum Teil berücksichtigt.
Spielräume bezüglich der Auslegung von Wirtschaftlichkeitsgeboten	Momentan werden die geringsten Lebenszykluskosten als Grundlage für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit herangezogen. Über den Lebenszyklus wären Produkte dieser Kategorie somit günstiger und effizienter als das zuvor genutzte Produkt (Base Case). Um die Effizienz weiter zu steigern, könnte es eine Option sein, den Break-Even-Point, also den Punkt, an dem bei (stark) gesteigerter Effizienz die Lebenszykluskosten (LCC) gleich mit denen des Base cases wären, als Grundlage heranzuziehen. Somit könnte die Effizienz bei gleichen LCCs stark gesteigert werden³². Aus ökologischer Perspektive wäre diese Methode zu bevorzugen.
Vollständigkeit der Kosten-Nutzen-Abwägung, z. B. Berücksichtigung von Fördermitteln bei Wirtschaftlichkeitsberechnungen	Fördermittel werden bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung nicht berücksichtigt. Da die Ökodesign-Standards EU-weit gesetzt werden, wäre der Einbezug von Förderprogrammen einzelner Mitgliedstaaten auch nicht sinnvoll in die Berechnung einzubeziehen.

Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut.

3.3 Wirtschaftlichkeitsgebote im Kontext staatlicher Ausgaben (Beschaffung, Investitionen)

Das Beschaffungsrecht – das staatliche Ausgaben einschließlich umweltschutzrelevanter Investitionen regelt – ist maßgeblich durch das Gebot der Wirtschaftlichkeit geprägt (§ 97 Abs. 1 Satz 2 Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen/GWB). Dieses dient dem zentralen Ziel des

³² Dieser Ansatz wird u.a. in Ökopool et al. 2011 betrachtet.

Haushaltsrechts, nämlich der Deckung des Bedarfs der öffentlichen Hand durch eine sparsame und wirtschaftliche Mittelverwendung (z. B. § 6 Abs. 1 Haushaltsgrundsätzegesetz, § 7 Abs. 1 Bundeshaushaltsordnung). Im Beschaffungsrecht spiegelt sich das Wirtschaftlichkeitsgebot u. a. im Zuschlagskriterium des § 127 Abs. 1 GWB: Beschaffungsstellen müssen den Zuschlag auf das wirtschaftlichste Angebot erteilen. Es wird davon ausgegangen, dass das Wirtschaftlichkeitsgebot durch rechtsverbindliche Regeln zur wettbewerblichen Vergabe, zu transparenten Verfahren und zur Gleichbehandlung von Bietern gefördert wird, da „eine Mehrzahl konkurrierender Angebote und ihr Wettbewerb um den Zuschlag den Einkauf für die einkaufende Verwaltung wirtschaftlich günstiger macht“ (Dörr 2015, 630). Auch indem sie Nepotismus und Korruption vorbeugen, senken das Transparenz- und Nichtdiskriminierungsgebot die Kosten von Beschaffung. Neben der Verpflichtung auf Wirtschaftlichkeit ermöglicht das Beschaffungsrecht aber auch, Aspekte der Qualität und der Innovation sowie soziale und umweltbezogene Aspekte in der Vergabe zu berücksichtigen (§ 97 Abs. 3 GWB).

Durch die umweltverträgliche Beschaffung können sowohl relevante ökologische als auch deutliche ökonomische Einspareffekte erzielt werden (Gröger et al. 2015).

Einige Hemmnisse für umweltschutzrelevante Investitionen im Kontext staatlicher Ausgaben ergeben sich aus denselben Grundkonstellationen wie die Hemmnisse in Zusammenhang mit Wirtschaftlichkeitskalkülen (Kapitel 3.1). Es kommt daher zu Überlappungen mit Teilkapiteln von Kapitel 3.1. Im Folgenden sollen Redundanzen soweit wie möglich vermieden werden, indem auf jeweils neue Aspekte (Perspektive auf staatliche Ausgaben) fokussiert wird.

3.3.1 Mangelnde Transparenz und Verzerrungen („Bias“) durch die Art der Wirtschaftlichkeits-/ Investitionsrechnung bei öffentlichen Einrichtungen

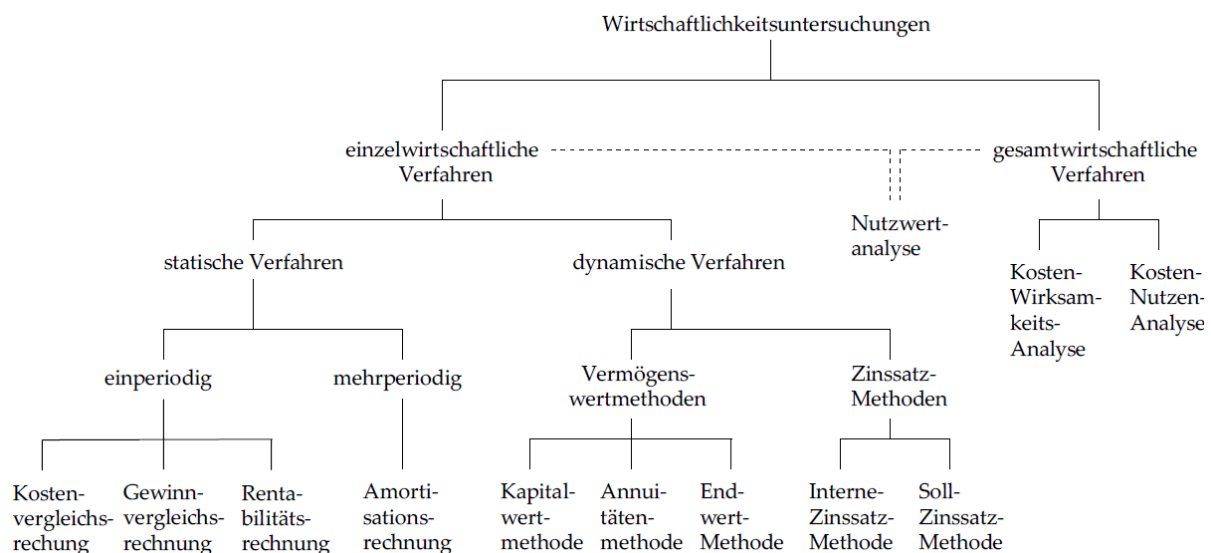
Hemmnis

Anders als bei den oben dargestellten privaten Investitionen (Kapitel 3.1.1) ist die **Art der** zu nutzenden **Wirtschaftlichkeits- bzw. Investitionsrechnung** für staatliche Investitionen teilweise vorgeschrieben. Wie oben bereits geschrieben, wirkt sich die Art dieser Berechnungen u. a. darauf aus, wie die Systemgrenzen der Berechnung gesetzt werden, welche Kosten- und Nutzenarten einbezogen werden, welche Annahmen getroffen werden müssen und welche weiteren Informationen einfließen können. Dies kann sich positiv oder negativ auf die errechnete Wirtschaftlichkeit einer umweltrelevanten Investition und auf die Investitionsbereitschaft privater, unternehmerischer oder staatlicher Akteurinnen und Akteure auswirken (vgl. Tabelle 4).

Abbildung 8 gibt einen Überblick über Arten von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen im öffentlichen Sektor.

Für Investitionen der öffentlichen Hand ist gemäß der „Arbeitsanleitung Einführung in Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen des Bundesfinanzministeriums“ (BMF 2019) „bei der Durchführung von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen die nach den Erfordernissen des Einzelfalls einfachste und wirtschaftlichste Methode anzuwenden (vgl. VV Nr. 2.3.1 zu § 7 BHO)“ (ebd, S. 5).

Abbildung 8: Arten von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen



Quelle: Mühlenkamp (2011).

Die Methode ist anhand der Art der Maßnahme, dem mit der Maßnahme verfolgten Ziel und den mit der Maßnahme verbundenen Auswirkungen zu bestimmen. Tabelle 8 bietet eine Übersicht.

Tabelle 8: Anwendung von Verfahren zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit

Methode	Einzelwirtschaftliche Betrachtung	Gesamtwirtschaftliche Betrachtung
Monetäre Bewertung	Kapitalwertmethode	Kosten-Nutzen-Analyse (Grundlage kann die Kapitalwertmethode sein)
Nicht-monetäre Bewertung	Nutzwertanalyse	Nutzwertanalyse im Rahmen der Kosten-Nutzen-Analyse

Quelle: BMF (2019, S. 6).

Als Hinweis zur Nutzwertanalyse ist vermerkt: „Eine Nutzwertanalyse ohne die Verbindung mit einer monetären Bewertung ist im Regelfall nicht ausreichend“ (BMF 2019). Für jedes Verfahren sind in der Arbeitsanleitung konkrete Vorgehensweisen und Beispiele hinterlegt.

Bezüglich der Diskontierungssätze wird auf regelmäßige Rundschreiben des BMF verwiesen (Arbeitsanleitung S. 7). Bezüglich des Betrachtungszeitraums wird u. a. angemerkt, dass dieser nicht zu kurz gewählt werden darf, um mehr Informationen berücksichtigen zu können. Konkret wird darauf verwiesen, dass sich einige Investitionen (z. B. der Kauf oder Neubau eines Gebäudes) regelmäßig erst innerhalb eines ausreichend langen Zeitraums durch Einnahmen (z. B. Mieteinnahmen) oder Einsparungen (z. B. eingesparte Mietzahlungen) amortisieren kann. Ein zu kurzer Zeitraum könnte daher im Vergleich zu einer Miete die Investition unwirtschaftlich erscheinen lassen. Allerdings wird auch angemerkt, dass die Datengrundlage weniger belastbar wird, je länger der Betrachtungszeitraum ist.

Beispiele

Ein Beispiel im Bereich der öffentlichen Hand stellt die energetische Sanierung von Straßenbeleuchtungen dar. Unter Anwendung statischer Methoden ist der einfache Austausch eines

Lampenkopfs nicht vergleichbar mit einer Gesamteffizienzsanierung durch Austausch des Laternenmasts (ggf. höhenverstellbar) samt Beleuchtungskopf und Schaltungstechnik sowie möglicherweise notwendiger Straßenkabelerneuerung. Aufgrund des deutlichen geringeren Kapitaleinsatzes würde die Entscheidung zugunsten der weniger effizienten Option fallen. Die statische Methode ist nicht geeignet, Optionen mit unterschiedlichem Kapitalbedarf und Nutzungsdauer zu vergleichen. Eine dynamische Betrachtung berücksichtigt die längere Lebensdauer und höhere Einsparung der effizienten Beleuchtung im Vergleich zum Kapitaleinsatz sowie möglicherweise weitere Nutzwerte, die sich durch höhere Sicherheit im Straßenverkehr bei besser Ausleuchtung oder bessere Wohnqualität durch Verringerung der Fassadenbeleuchtung durch abschaltbare Module ergeben.

Als weiteres Beispiel ist die energetische Vorbildfunktion von Bundesbauten zu nennen. In (BBSR 2018) wird eine rein betriebswirtschaftliche Bewertung von Effizienzmaßnahmen in Bundesgebäuden verglichen mit einer auf mehreren Bewertungskriterien fußenden, gesamtwirtschaftlich-orientierten Nutzwertanalyse. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass in dem Anwendungsfall der Bundesbauten die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung mit einem gesamtwirtschaftlich orientierten Verfahren durchgeführt werden sollte. Der bei der einzelwirtschaftlichen Betrachtung vorhandene Konflikt zwischen Wirtschaftlichkeitsgebot und Klimaschutz (siehe auch Abschnitt 3.2.1) würde sich auflösen, so die Studie, wenn eine geeignete Berechnungsmethodik verwendet werde.

Reformansätze

Folgende Reformoptionen könnten das beschriebene Hemmnis mindern.

Im Rahmen staatlicher Investitions- (und Beschaffungs-)tätigkeiten sollte genauer festgelegt werden, welche Art der Investitionsrechnung anzuwenden ist und in welchen Fällen vereinfachte Bewertungsansätze wie z.B. die Amortisationsrechnung ungeeignet sind. Dazu sollten auch Vorgaben zu den zu verwendenden Annahmen gemacht und kontinuierlich aktualisiert werden. Diese Vorgaben sollten insbesondere zu Diskontsatz, Lebens- bzw. Nutzungsdauern und bei Berücksichtigung externer Kosten zu den Schadenskosten gestellt werden. Bei qualitativen bzw. multikriteriellen Ansätzen sind Vorgaben zu den Kriterien und ihrer Gewichtung bereitzustellen. Exemplarisch konkretisiert § 13 Abs. 3 S. 1 des Klimaschutzgesetzes (KSG) den haushaltsrechtlichen Grundsatz der Wirtschaftlichkeit, der die bestmögliche Nutzung der öffentlichen Ressourcen sicherstellt (Scharlau et al. 2020). Dies wird erreicht, in dem als Betrachtungszeitraum für die Wirtschaftlichkeit die reale Nutzungsdauer festgelegt wird und Optionen nicht anhand der kürzesten Amortisationsdauer, der höchsten Renditeerwartung oder des höchsten internen Zinsfußes gewählt werden. Dabei stellen jedenfalls die steuerrechtlichen Abschreibungstabellen für die Absetzung für Abnutzung („AfA-Tabellen“)³³ von Anlagegütern keine geeignete Grundlage für eine Abschätzung des Zeitraums dar. Denn diese weisen regelmäßig deutlich kürzere Nutzungsdauern aus, als in der Praxis realistischerweise erwartet werden können.

Behörden sollten nach innen und nach außen transparent machen, ob und wie Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekte berücksichtigt werden, insbesondere in frühen Planungsphasen von Investitionen (vgl. auch Kapitel 3.3.4).

³³ https://www.bundesfinanzministerium.de/Web/DE/Themen/Steuern/Steuerverwaltung-Steuerrecht/Betriebsprüfung/AfA_Tabellen/afa_tabellen.html.

3.3.2 Unzureichende Berücksichtigung von Lebenszykluskosten in Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Hemmnis

Bei der Planung von Investitionen durch die öffentliche Hand ist die Berücksichtigung von Lebenszykluskosten im Kontext des öffentlichen Beschaffungsrechts³⁴ grundsätzlich vorgesehen (s.u.), allerdings nur für wenige Beschaffungsgegenstände verpflichtend. Über 50 % der öffentlichen Vergabestellen in Deutschland berücksichtigen Lebenszykluskosten jedoch selten bis gar nicht (BMW und KOINNO 2017). Hintergrund ist die Unsicherheit von Beschafferinnen und Beschaffern, Fehler bei der Berechnung der Lebenszykluskosten zu machen und die Beschaffungsentscheidung so angreifbar zu machen (ibid).

Die grundsätzlich angestrebte Beschaffung des Beschaffungsgegenstandes mit dem besten Preis-Leistungs-Verhältnis kann (über Preis und Kosten hinaus) über die Festlegung von vielfältigen, auch nicht-monetär bewertbaren Kriterien und deren Gewichtung erfolgen, die in Bezug auf die zu beschaffende Leistung Anwendung finden sollen. Wichtig ist, dass diese tatsächlich mit der zu beschaffenden Leistung in einem Zusammenhang stehen. Der Ansatz wird auch als „MEAT-Ansatz“ (Most Economically Advantageous Tender) bezeichnet (BMW und KOINNO 2017).

Entsprechend ermöglicht es die Vergabeverordnung öffentlichen Auftraggebern anzugeben, dass das Zuschlagskriterium „Kosten“ auf der Grundlage der Lebenszykluskosten der Leistung berechnet wird (§ 59 Abs. 1 VgV). Die Methode zur Berechnung von Lebenszykluskosten – die vom öffentlichen Auftraggeber öffentlich anzugeben ist – kann Anschaffungskosten, Nutzungskosten (z. B. Energie- und Ressourcenverbräuche), Wartungskosten, Kosten am Ende der Nutzungsdauer (z. B. Abholungs-, Entsorgungs-, Recyclingkosten) sowie Kosten, die durch die externen Effekte der Umweltbelastung entstehen, umfassen (§ 59 Abs. 2 S. 2 VgV).

Beispiele

Für die meisten Beschaffungsgegenstände ist es zwar grundsätzlich *möglich*, Lebenszykluskosten zu berücksichtigen (Kann-Bestimmung), aber nicht verpflichtend. Demgegenüber existiert für einzelne Beschaffungsgegenstände eine *Soll*-Vorgabe zur Berücksichtigung dieser Kosten (UBA 2019c). So soll für die Beschaffung energieverbrauchsrelevanter Produkte und Dienstleistungen die Berechnung der Lebenszykluskosten oder eine vergleichbare Methode „in geeigneten Fällen“ angewendet werden (§ 67 VgV, § 16 Abs. 8 VOL/A). Hingegen *müssen* Bundesdienststellen bei energieverbrauchsrelevanten Produkten und Dienstleistungen das „Lebenszykluskostenprinzip“ einhalten und es muss die höchste auf dem europäischen Markt verfügbare Energieeffizienzklasse bzw. das höchste Leistungsniveau an Energieeffizienz gewählt werden.³⁵ Schließlich *müssen* bei der Beschaffung von Straßenfahrzeugen Lebenszykluskosten in Form von Energieverbrauch und Umweltauswirkungen in der Leistungsbeschreibung oder bei den Zuschlagskriterien berücksichtigt werden (§ 68 VgV). Eine Methode zur Berechnung der Lebenszykluskosten ist hierfür vorgegeben (Anlage 3 zu § 68 Abs. 3 VgV).

Um die faktische Zögerlichkeit von Beschaffungsstellen zu adressieren, Lebenszykluskosten auch dort zu berücksichtigen, wo dies nicht verpflichtend ist, stellt das Kompetenzzentrum Innovative Beschaffung des BMI seit 2016 ein Instrument („Tool-Picker“) zur Verfügung, das

³⁴ Zu berücksichtigen ist, dass öffentliche Einrichtungen jenseits der Beschaffung vielfältige weitere Investitionen vornehmen, beispielsweise über Landesbanken, Pensionsfonds oder Förderprogramme, die eigenen Wirtschaftlichkeitskalkülen unterliegen. Diese wurden im Rahmen des Vorhabens jedoch nicht weiter betrachtet.

³⁵ § 2 der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Beschaffung energieeffizienter Produkte und Dienstleistungen (AVV-EnEff).

bereits vorhandene Tools zur Lebenszykluskosten-Berechnung auswertet und eine bedarfsgerechte Auswahl erleichtert.³⁶ Eine Reihe von Tools und Schulungsmaterialien ist auch direkt über die UBA-Website zugänglich.³⁷

Reformansätze

Für die öffentliche Beschaffung könnte die bestehende Möglichkeit, Lebenszykluskosten in Vergabeverfahren zu berücksichtigen, für alle Beschaffungsgegenstände verpflichtend gemacht werden. Ökonomisch ist dies sachgerecht, weil erst die Berücksichtigung und der Vergleich aller Kosten entlang des Lebenszyklus – einschließlich Folgekosten für Energieverbräuche, Wartung, Verschleißteile etc. – die Wahl des langfristig wirtschaftlicheren Angebots ermöglicht (vgl. „Prinzip der langfristigen Wirtschaftlichkeit“ im Beschaffungsrecht).

3.3.3 Unzureichende Berücksichtigung von Umweltkosten in Wirtschaftlichkeitsberechnungen in der öffentlichen Beschaffung

Hemmnis

Das Verursacherprinzip fordert, dass Kosten zur Vermeidung, Beseitigung und zum Ausgleich von Umweltverschmutzungen dem Verursacher zuzurechnen sind (Tietenberg und Lewis 2018). Umweltnutzende Akteurinnen und Akteure sollen diese Kosten deshalb in ihre Wirtschaftlichkeitsrechnung integrieren. Dies gilt auch und insbesondere für öffentliche Akteure. Diesen kommt grundsätzlich eine Vorbildfunktion zu, um die Akzeptanz und Glaubwürdigkeit staatlichen Handels zu erhöhen.

Grundsätzlich können Umweltkosten in alle Phasen von Beschaffungsvorgängen einbezogen werden: In die unspezifische Beschaffungsvorbereitung, die spezifische Beschaffungsvorbereitung (u. a. zur Begründung anspruchsvoller Zuschlagskriterien) und die Angebotsbewertung. Dabei gibt es verschiedene Alternativen:

- ▶ Alternative 1: Externe Umweltkosten als Argumentationshilfe für die Begründung der Auswahl des Beschaffungsgegenstandes und für grundsätzliche Entscheidungen wie z.B. Sanierung eines Gebäudes oder Abriss und Neubau bzw. Reparatur oder Neubeschaffung eines Produktes.
- ▶ Alternative 2: Externe Umweltkosten im Kontext der Lebenszykluskosten als Basis für einen direkten Vergleich verschiedener Angebote.
- ▶ Alternative 3: Externe Umweltkosten als Basis für die Bewertung von einzelnen Kriterien innerhalb eines Beschaffungsprozesses.

Bislang werden Umweltkosten im Rahmen von Wirtschaftlichkeitsberechnungen von öffentlichen Akteurinnen und Akteuren nur unzureichend berücksichtigt. Dies gilt für die Beschaffungsvorbereitung, bei der Bedarfe identifiziert, Alternativen geprüft und Anforderungen definiert werden und auch für den eigentlichen Beschaffungsvorgang. Umweltkosten, z.B. in Form von CO₂-Schattenpreisen, werden hier nur in sehr wenigen Fällen bei der Bewertung von Alternativen berücksichtigt.

Gründe hierfür sind zum einen der teils hohe Aufwand, den die Monetarisierung von Umweltkosten in Bezug auf methodische Kenntnisse und Datenbeschaffung erfordert. Zum anderen müssen externe Umweltkosten im öffentlichen Beschaffungsrecht nur für sehr spezifische

³⁶ <https://www.koinno-bmwi.de/informationen/toolbox/detail/lebenszyklus-tool-picker-1>.

³⁷ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/umweltfreundliche-beschaffung/berechnung-der-lebenszykluskosten>.

Beschaffungsgegenstände verbindlich berücksichtigt werden (siehe unten). Auffällig ist, dass auch bei der behördeninternen Beschaffungsvorbereitung Umweltkosten kaum Berücksichtigung finden, obwohl die rechtlichen und methodischen Anforderungen hier als sehr viel geringer einzuschätzen sind als im präzise geregelten und auf den marktlichen Wettbewerb zielenden Beschaffungsrecht.³⁸

Beispiele

Das öffentliche Vergaberecht ermöglicht die direkte Berücksichtigung externer Umweltkosten. Dies erfolgt im Rahmen des oben erwähnten „MEAT-Ansatzes“ (Most Economically Advantageous Tender) und des Lebenszykluskostenbegriffs der Vergabeverordnung – der seit Umsetzung der Richtlinie 2014/24/EU auch Umweltkosten umfasst. Umweltkosten können im Rahmen der Berücksichtigung von Lebenszykluskosten (vgl. Kapitel 3.1.2) bei der Vergabeentscheidung grundsätzlich berücksichtigt werden. So ermöglicht § 59 Abs. 2 Nr. 5 VgV die Berücksichtigung von „Kosten, die durch die externen Effekte der Umweltbelastung entstehen, die mit der Leistung während ihres Lebenszyklus in Verbindung stehen, sofern ihr Geldwert nach Absatz 3 bestimmt und geprüft werden kann; solche Kosten können Kosten der Emission von Treibhausgasen und anderen Schadstoffen sowie sonstige Kosten für die Eindämmung des Klimawandels umfassen“.

Für die Berücksichtigung externer Kosten werden Informationen zu grundlegenden ökologischen Parametern benötigt, z. B. zur Höhe der THG-Emissionen, Luftschadstoffe oder Lärm. Diese können im Beschaffungsprozess entweder für alle Anbieter als Berechnungsgrundlage vorgegeben oder von den Anbietern nachweislich abgefragt werden, um Grundlage der Bewertung zu werden. Anzuwendende Kostensätze (bspw. Schadenskosten je Tonne CO₂e) werden vom Umweltbundesamt für THG-Emissionen, Luftschadstoffe, Umweltkosten der Strom- und Wärmeerzeugung sowie des Personen- und Güterverkehrs (einschließlich Flächenverbrauch, Zerschneidung, Lärm) über die Methodenkonvention bereitgestellt (UBA 2019a).³⁹

Für die Beschaffung von Straßenfahrzeugen ist die Berücksichtigung externer Umweltkosten über eine vorgegebene Berechnungsmethode für bestimmte Emissionen/Umweltauswirkungen quasi fest vorgeschrieben (vgl. § 68 VgV sowie § 59 SektVO). Die Beschaffungsstellen müssen bei der Beschaffung von Straßenfahrzeugen Lebenszykluskosten in Form von Energieverbrauch und Umweltauswirkungen in der Leistungsbeschreibung oder bei den Zuschlagskriterien berücksichtigen (§ 68 VgV). Dabei sind „zumindest“ folgende Energie- und Umweltauswirkungen zu berücksichtigen (vgl. § 68 Abs. 1 VgV, § 59 Abs. 1 SektVO): Energieverbrauch, Kohlendioxid-Emissionen, Stickoxid-Emissionen, Emissionen von Nichtmethan-Kohlenwasserstoffen sowie partikelförmige Abgasbestandteile. Wenn Energieverbrauch und Umweltauswirkungen von Straßenfahrzeugen im Rahmen der Zuschlagserteilung finanziell bewertet werden sollen, ist die in Anlage 3 zur VgV bzw. Anlage 4 zur SektVO vorgegebene Berechnungsmethode anzuwenden. Darin werden v. a. die Daten zur Berechnung der über die Lebensdauer von Straßenverkehrsfahrzeugen anfallenden externen Kosten vorgegeben (u. a. Energiegehalt von Kraftstoffen, Emissionskosten im Straßenverkehr, Gesamtkilometerleistung bestimmter Fahrzeugklassen) (Hermann 2019, S. 99). Es handelt sich damit quasi um eine Berechnung externer Kosten, auch wenn die Begrifflichkeit nicht verwendet wird.

³⁸ Expert*innen Einschätzungen und die Erkenntnisse aus einem Fachgespräch zum Projekt führen zu der o.g. Einschätzung. Quantitative Angaben zu diesem Befund liegen jedoch nicht vor.

³⁹ Für die aktualisierten Kostensätze der Methodenkonvention 3.1. siehe Die Berechnungen im vorliegenden Text wurden auf Basis der Kostensätze der UBA Methodenkonvention 3.0 durchgeführt

Bei der Beschaffung von Bauleistungen durch Bundesdienststellen gilt gemäß § 2 Abs. 4 der AVV-EnEff: „Für die Ermittlung des wirtschaftlichsten Angebotes im Rahmen der Zuschlagsentscheidung sind ... [d]ie Kosten, die durch externe Effekte der Umweltbelastung entstehen, (...) nach Maßgabe des § 59 Absatz 2 Nummer 5 und Absatz 3 VgV zu berücksichtigen.“

Bei allen anderen Beschaffungsleistungen ist die Berücksichtigung monetarisierter externer Kosten nicht verpflichtend. Sie wird auch nicht über entsprechende Tools in der Anwendung unterstützt.

Für den Bereich öffentlicher Ausgaben ist zudem im Bundes-Klimaschutzgesetz (§ 13 Abs. 3) die Einbeziehung von Folgekosten für Träger öffentlicher Aufgaben geboten: „Bei der Anwendung von Wirtschaftlichkeitskriterien sind bei vergleichenden Betrachtungen die Kosten und Einsparungen über die jeweilige gesamte Nutzungsdauer der Investition oder Beschaffung zugrunde zu legen. Die zu erwartenden volkswirtschaftlichen Kosten für den Klimaschutz sind auf geeignete Weise zu berücksichtigen.“ Gemeint ist hier eine Kosten- und Nutzenbetrachtung für den Klimaschutz unter Berücksichtigung des volkswirtschaftlichen Nutzens vermiedener Schäden/Kosten (Scharlau et al. 2020).

§ 7 Abs. 2 Satz 1 der Bundeshaushaltsordnung (BHO) schreibt derzeit für alle finanzwirksamen Maßnahmen der öffentlichen Haushaltswirtschaft angemessene Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen vor. Dazu gehört gemäß Arbeitsanleitung „Einführung von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen“, bei nicht-monetären Aspekten die Nutzwertanalyse als nicht-monetäre Methode ergänzend zur monetären Wirtschaftlichkeitsbewertung einzusetzen. Eine ausführliche Anleitung zur Durchführung der Nutzwertanalyse befindet sich in BMF (2019, S. 6).

Die Beispiele zeigen, dass es erste Ansätze gibt Umweltkosten in der öffentlichen Beschaffung zu berücksichtigen. Insgesamt werden Umweltkosten allerdings nicht systematisch und umfassend bei Ausgabenentscheidungen berücksichtigt. Gleichzeitig mangelt es auch an der Berücksichtigung von Umwelt- und Nachhaltigkeitszielen in der Verwaltungspraxis, vgl. das nachfolgende Kapitel 3.3.4.

Reformansätze

Eine verstärkte Berücksichtigung von Umweltkosten in Wirtschaftlichkeitsberechnungen kann durch verschiedene Schritte und unterstützende Tools erreicht werden:

- Verwaltungen können Umweltkosten viel stärker als bisher bei ihren Wirtschaftlichkeitsberechnungen berücksichtigen. Großes Potential besteht vor allem bei der behörden-internen Planung zur Vorbereitung von Beschaffungen. Deshalb müssen der Gesetzgeber und die Verwaltungen stärker als bisher klarstellen, ob und wie politische und gesetzliche Umweltschutzanliegen bei Investitions- und Beschaffungsentscheidungen in Form von Umweltkosten und im Sinne des Verursacherprinzips zu berücksichtigen sind. Diese Transparenz ist auch vor dem Hintergrund des Klimaschutzgesetzes geboten.
- Da es sich als praktikabler erweisen kann Umweltaspekte bei Ausschreibungen und Rahmenverträgen zur Beschaffung über konkrete Mindestanforderungen an Umwelteigenschaften zu berücksichtigen und nicht in Form von Umweltkosten, bedarf es der regelmäßigen Überprüfung, ob die Mindestanforderungen im Sinne der übergeordneten gesetzlichen Klima- und Umweltziele und im Sinne des Verursacherprinzips noch sachgerecht sind oder ambitionierter formuliert werden müssen. Es bietet sich an, Mindestanforderungen an Umwelteigenschaften verwaltungsintern auch mit Umweltkosten zu begründen.

- Auch wenn die Berücksichtigung von Umweltkosten in Form von Schattenpreisen nicht unmittelbar ausgabenwirksam ist, kann es dauerhafte oder temporäre Mehrkosten für die öffentliche Hand im Zuge von umweltgerechten Investitions- und Beschaffungsentscheidungen geben. Dem ist bereits in der Haushaltsplanung Rechnung zu tragen. Ansonsten läuft die öffentliche Hand Gefahr, dass der eigene Anspruch an ein (vorbildliches) umweltbezogenes Handeln an der Finanzierung scheitert und deshalb nicht erfüllt wird.
- Forschung und Entwicklungsauftrag an die öffentliche Hand: Das zentrale Unterstützungstool ist die UBA-Methodenkonvention (Matthey und Bünger 2020). Sie könnte künftig auf weitere Umweltwirkungen ausgedehnt werden. Sinnvoll wäre, wenn künftig auch die „Arbeitsanleitung Einführung in Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen“ des BMF (BMF 2019) externe Umwelteffekte in Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen explizit berücksichtigen würde und auf die existierenden Tools und Leitfäden dazu verwies.
- Für öffentliche Beschaffungsstellen sowie Entscheidungskräfte und relevante Mitarbeitende in der Verwaltung⁴⁰ könnten Schulungsprogramme weiterentwickelt werden. Angebote bereits bestehender Schulungsprogramme bspw. der Kompetenzstelle Nachhaltige Beschaffung sollten um entsprechende Angebote zur Berücksichtigung von Umweltkosten ergänzt werden. Die Bundesakademie für öffentliche Verwaltung hat zum 1. Januar 2020 eine Geschäftsstelle Nachhaltigkeit⁴¹ eingerichtet. Aufgabe der Geschäftsstelle ist, bedarfsgerechte Fortbildungen, Dokumente und gute Beispiele sowie Methodenwissen für Führungskräfte sowie Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Bundesbehörden anzubieten. Dazu gehört auch eine neue Vortragsreihe „Nachhaltige Behörden konkret“, die das Thema Umweltkosten aufnehmen und den Informationsbedarf bei Entscheidungsträgern erfassen könnte.

3.3.4 Unzureichende Berücksichtigung von Umweltzielen bei Wirtschaftlichkeitsberechnungen in der öffentlichen Verwaltung⁴²

Hemmnis

Ähnlich wie bei der Festlegung von gesetzlichen Mindeststandards können auch staatliche Ausgaben nicht (hinreichend) auf umweltpolitische Ziele ausgerichtet sein. Dies ist der Fall, wenn Wirtschaftlichkeitsberechnungen bei staatlichen Ausgaben Umweltziele nicht als verbindliche Richtschnur für ihr Handeln berücksichtigen. Öffentliche Verwaltungen verursachen zwar meist nur im beschränkten Umfang Umweltbelastungen und andere Bereiche wie die Wirtschaft oder die privaten Haushalte haben einen deutlich größeren Verursachungsbeitrag. Gleichwohl kommt der öffentlichen Verwaltung grundsätzlich eine Vorbildfunktion zu. Umso kritischer ist es, wenn Wirtschaftlichkeitsberechnungen sich einschränkend auf die Zielerreichung bei Umweltzielen auswirken. Dies ist besonders der Fall, sofern bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung nicht alle Umweltkosten vollständig eingepreist werden bzw. anderweitig berücksichtigt werden.

⁴⁰ Bspw. auch Beauftragte für den Haushalt, die Liegenschaftsbewirtschafter der einzelnen Behörden, der BImA oder der Landesimmobilienanstalten und weitere.

⁴¹ https://www.bakoev.bund.de/DE/01_Bundesakademie/Organisation/Nachhaltigkeit_GS/Nachhaltigkeit_GS_node.html

⁴² Dieses Unterkapitel wurde durch Benjamin Lünenbürger beigesteuert. Es fasst die fachliche Diskussion eines Projektworkshops und weitere Quellen zusammen.

Beispiele

Der Bundesrechnungshof merkt in einer Stellungnahme an, dass Nachhaltigkeit nicht oder nicht angemessen im Verwaltungshandeln der Ressorts berücksichtigt wird (Bundesrechnungshof 2021a, 2021b). Denn ökologische Wirkungen von Maßnahmen, ebenso wie wirtschaftliche und soziale Effekte, würden vielfach vernachlässigt oder nicht angemessen berücksichtigt. Neben der Nachhaltigkeitsstrategie hat Deutschland auch ein Maßnahmenprogramm Nachhaltigkeit verabschiedet, welches auf das Verwaltungshandeln der Bundesebene abzielt und frühere Programme fortschreibt (Bundesregierung 2021a, 2021b).

Konkret prüfte der Bundesrechnungshof 50 Programme und Maßnahmen der Ressorts mit Blick auf Nachhaltigkeitsziele und fasst die Ergebnisse übergreifend zusammen. Die untersuchten Maßnahmen müssen nicht primär auf die Erreichung der Nachhaltigkeitsstrategie ausgerichtet sein. Gleichwohl bekennt sich die Bundesregierung zur Nachhaltigkeit als Leitprinzip (u.a. Bundesregierung 2021a, S. 21), so dass es aus Sicht des Bundesrechnungshofes gerechtfertigt ist zu prüfen ob dieses Leitprinzip Anwendung findet.

Der Bundesrechnungshof stellt fest, dass die Erreichung von Nachhaltigkeitszielen in 62 % der untersuchten Fälle in der Verwaltungspraxis nicht überprüft und teilweise auch gar nicht beachtet wurden. Damit ist laut Bundesrechnungshof keine Aussage möglich, ob eine Maßnahme einen Beitrag zur Erreichung von Nachhaltigkeitszielen leistet. Diese Aussage bezieht sich auf alle Ziele der Nachhaltigkeitsstrategie, die insbesondere auch ökologische Ziele umfasst. In 55 % der Fälle war die Verwaltungspraxis methodisch ungeeignet, um Nachhaltigkeitsaspekte zu berücksichtigen. Von Anfang an unzureichend sind 44 % der untersuchten Maßnahmen, da die verantwortliche Behörde keine Ziele in Bezug auf Nachhaltigkeitsaspekte festgelegt hat. Folglich kann bei der weiteren Planung, Durchführung und späteren Kontrolle ein Nachhaltigkeitsbeitrag einer Maßnahme nicht bewertet werden.

Tabelle 9: Nachhaltigkeitsprüfung des Verwaltungshandelns durch den Bundesrechnungshof

	Nachhaltigkeitsziele definiert?		Herangehensweise/ Methodik geeignet?		Zielerreichung kontrolliert?	
	ja	nein	ja	nein	ja	nein
Verwaltung	43%	57%	46%	54%	43%	57%
Zuwendung / Transfer	45%	55%	37%	63%	29%	71%
Bau / Infrastruktur	86%	14%	60%	40%	46%	54%
Gesamt	56%	44%	45%	55%	38%	62%

Quelle: Bundesrechnungshof 2021a.

Zur Einordnung der Befunde des Rechnungshofes ist es hilfreich, auf dessen sehr breit gefasstes Verständnis von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen hinzuweisen. Diese findet in zehn Teilprozessen statt, von der die eigentliche Wirtschaftlichkeitsberechnung nur in zwei Schritten vorgenommen wird, vgl. Abbildung 9. D.h. der Fokus dieses Berichts liegt nur auf einem kleinen Teil einer integrierten Wirtschaftlichkeitsuntersuchung, so wie er vom Bundesrechnungshof verstanden und vorgenommen wird.

Abbildung 9: Wirtschaftlichkeitsuntersuchung im Sinne des Bundesrechnungshofes



Quelle: (Bundesrechnungshof 2021a).

Wie bereits ausgeführt (siehe Kapitel 2.4) werden über die Haushaltsplanung den Beschaffungsstellen finanzielle Mittel für die Umsetzung ihrer Aufgaben und zum Erreichen ihrer Ziele zur Verfügung gestellt. Bei neuen Zielen oder einer höheren Priorisierung von Zielen, wie es z.B. im Falle des Klimaschutzes gegenwärtig der Fall ist, erweist es sich als Hemmnis, wenn keine Anpassung der Haushaltsmittel vorgenommen wird.

Dies bedeutet z.B. konkret, dass eine Behörde für die Beschaffung CO₂-armer Fahrzeuge nicht die erforderlichen Haushaltsmittel hat. Denn diese werden üblicherweise mit den Budgetansätzen aus der Vergangenheit fortgeschrieben. In der Haushaltsaufstellung können der Ansatz bzw. Budgeterhöhungen nur für neue Aufgaben geltend gemacht werden. Die Beschaffung von Fahrzeugen ist jedoch nicht neu, auch wenn sich die Umstände geändert haben. Deshalb kann es für eine hinreichend schnelle Umstellung auf CO₂-arme Fahrzeuge an den finanziellen Mitteln mangeln. Dies ist besonders dann der Fall, wenn die Flexibilisierung des Haushalts einer Behörde an seine Grenzen stößt.⁴³

Reformansätze

- Sollten Umweltaspekte in einem nicht-monetären Verfahren berücksichtigt werden, bedarf es der Konkretisierung und Definition von Umweltzielen für die Organisation bzw. Verwaltung, so dass im Sinne eines Kosten-Effektivitäts-Ansatzes oder wo dies nicht möglich ist einer Nutzwertanalyse vorgegangen werden kann. Daraus müssen im Beschaffungsvorgang systematisch geeignete Mindestanforderungen an Umwelteigenschaften abgeleitet werden.
- Die unzureichende Berücksichtigung von Klima- und Umweltzielen in der Verwaltungspraxis lässt sich insbesondere beheben indem sich Verwaltungen für ihren Verantwortungsbereich konkrete und überprüfbare Klimaschutzziele setzen, die im Einklang mit den klimapolitischen Zielen Deutschlands und der EU stehen (THG-Minderung um 65 % bis 2030 und THG-Neutralität bis 2045). Dies ist im Sinne des Umweltschutzes sachgerecht und als Berücksichtigungsgebot für den Klimaschutz auch gesetzlich vorgegeben. Ähnlich sollte auch für andere (ökologische) Ziele der Nachhaltigkeitsstrategie vorgegangen werden.

⁴³ Fallbeispiel aus dem Umweltbundesamt. Zur Verfügung gestellt durch die Fachbegleitung des Projekts.

- ▶ Grundsätzlich schreibt der Gesetzgeber nicht vor, wie klimapolitische Ziele in konkrete Ziele für eine Verwaltung „übersetzt“ werden, z.B. in Bezug auf den Energieverbrauch der Gebäude, den Kraftstoffverbrauch der Fahrzeugflotte, etc.. Solange Umweltkosten nicht umfassend berücksichtigt werden (vgl. Kapitel 3.3.3), dürfte es für eine Verwaltung jedoch schwierig sein, das Wirtschaftlichkeitsprinzip für konkrete Investitions- und Beschaffungsentscheidungen anzuwenden, wenn keine entsprechenden Klimaschutzziele für die Organisation festgelegt sind.
- ▶ Da es im Einzelfall schwierig sein kann die mit verschiedenen Alternativen verbundenen CO₂-Emissionen zu bestimmen und ein übergreifendes Klimaschutzziel für eine Verwaltung zu definieren, dürfte es in der Regel einfacher sein, wenn der Vorstand bzw. die Behördenleitung mehrere konkrete und messbare Klimaschutz- und Energieziele beschließt, an denen sich die operative Verwaltung und die Beschaffungsstellen orientieren können. Maßnahmen können dann als wirtschaftlich gelten, soweit sie diese Ziele mit den insgesamt geringsten Kosten erreichen. Die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung beschäftigt sich dann nicht mehr mit dem „ob“, sondern nur noch mit dem „wie“ von Klimaschutzmaßnahmen, vgl. auch Leitfaden zur treibhausgasneutralen Verwaltung (UBA 2021), S. 57f.).
- ▶ Die Haushaltsplanung einer Behörde und die vorgelagerten parlamentarischen Beschlüsse sollten hinreichende finanzielle Mittel für die Umsetzung der behördlichen Aufgaben und zum Erreichen ihrer umweltbezogenen Ziele zur Verfügung stellen. Wie dies im konkreten Fall für eine Verwaltungseinheit erreichbar ist, hängt von ihren konkreten Aufgaben, Kompetenzen und Finanzquellen ab. Im Sinne eines Green Budgeting bedarf es einer regelmäßigen Überprüfung inwieweit Aufgaben, (zusätzliche) Umwelanforderungen und Finanzausstattung in einem ausgewogenen Verhältnis zueinanderstehen.
- ▶ Eine Möglichkeit für eine konkrete Verbesserung könnte darin bestehen, dass die Klimaschutzvorgaben für unter- bzw. nachgeordnete Verwaltungseinheiten nicht isoliert vorgegeben werden, sondern stets auch an eine Mittelausstattung gebunden sind, die die Finanzierung von geforderten Klimaschutzmaßnahmen sicherstellt. Alternativ oder ergänzend ist zu prüfen ob in bestimmten Fällen breitenwirksame Förderprogramme für Klimaschutz und Energieeffizienz auch für öffentliche Einrichtungen geöffnet werden können. Besonders in strukturschwachen Regionen oder bei Kommunen in einer Haushaltsnotlage könnte dies dem Klimaschutz einen Schub verschaffen.
- ▶ Die Festlegung (und Erreichung) von Umweltzielen im Verwaltungshandeln sollte als Teil eines umfassenderen Abwägungsprozesses gesehen werden, der für jegliche systematische Erfolgskontrolle staatlicher Ausgabentätigkeit vorgenommen werden muss. Der Bundesrechnungshof weist auf die Wichtigkeit eines solchen Ansatzes hin und sieht darin einen wichtigen Ansatz das Leitprinzips Nachhaltigkeit der Nachhaltigkeitsstrategie Deutschlands in der Verwaltungspraxis zu berücksichtigen. Methodisch gehören dazu auch für den jeweiligen Aufgabenbereich entwickelte Leitfäden, die diesen Abwägungsprozess konkretisieren und strukturieren. Damit soll sichergestellt werden, dass Umwelt- und Nachhaltigkeitsziele festgelegt, geeignete Methoden zu ihrer Erreichung genutzt werden können und eine Erfolgskontrolle möglich ist. Beispiele für solche Leitfäden sind der „Leitfaden Nachhaltiges Bauen“ (BMI 2019) und „Der Weg zur treibhausgasneutralen Verwaltung“ (UBA 2021).

4 Zusammenfassende Bewertung und Lösungsvorschläge

Im Folgenden werden Hemmnisse und Lösungsoptionen für die drei Bereiche „Wirtschaftlichkeitskalküle“ (Kapitel 3.1), „Wirtschaftlichkeitsgebote im Kontext umweltrelevanter Mindeststandards“ (Kapitel 3.2) und „Wirtschaftlichkeitsgebote im Kontext staatlicher Ausgaben“ (Kapitel 3.3) zusammengefasst.

4.1 Hemmnisse im Zusammenhang mit Wirtschaftlichkeitskalkülen

4.1.1 Zusammenfassung der Hemmnisse

Es ist ein grundlegendes Hemmnis, wenn die betriebswirtschaftliche Wirtschaftlichkeit als zentrales Kriterium bei der Formulierung von umweltrelevanten Mindeststandards verwendet wird. Ein so verstandenes (1) Wirtschaftlichkeitsgebot ist nicht auf die (übergeordneten) umweltpolitischen Ziele ausgerichtet und wirkt sich einschränkend auf die Zielerreichung aus. Dies ist besonders der Fall sofern bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung nicht alle Umweltkosten vollständig eingepreist werden bzw. anderweitig berücksichtigt werden.

Am Beispiel des Bundes-Klimaschutzgesetzes wird deutlich, dass die Festlegung der übergeordneten Ziele sich zunächst an den klimapolitischen Notwendigkeiten orientiert, während bei der Ausgestaltung von konkreten Politikinstrumenten zur Unterstützung der Zielerreichung teilweise betriebswirtschaftliche Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zum Einsatz kommen. Um eine zielkonforme Ausgestaltung der Politikinstrumente zu erreichen, muss die Anwendung von Wirtschaftlichkeitsgeboten sich stets auf den Lösungsraum beschränken, der mit der umweltpolitischen Zielerreichung kompatibel ist.

Ein Hemmnis liegt auch vor bei (2) unzureichender Berücksichtigung von Umweltkosten bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung zur Festlegung von umweltrelevanten Mindeststandards. Eine mangelnde Berücksichtigung von Umweltkosten führt dazu, dass das Ambitionsniveau der Standards nicht das aus Umweltsicht optimale Niveau abbilden. Die Diskrepanz ist umso höher, je weniger die Umweltkosten berücksichtigt werden. Beispielsweise finden Umweltkosten bei der Festlegung der energetischen Mindeststandards im deutschen Gebäudeenergierecht keine Berücksichtigung. In der EU-Gebäuderichtlinie finden Umweltkosten lediglich in einer der Berechnungsalternativen Berücksichtigung. Ihre Berücksichtigung ist jedoch für die Mitgliedstaaten nicht verpflichtend. Zudem liegen die von der EU angesetzten Umweltkosten deutlich unterhalb der marginalen Minderungskosten liegen. Die Festlegung von Mindeststandards im Rahmen der EU-Ökodesign-Richtlinie berücksichtigt Umweltkosten (wenn auch nur in Höhe der EU ETS-Zertifikatspreise) in den Berechnungen, sie bilden aber keine bindende Grundlage für die Festlegung der energetischen Ambitionsniveaus.

Ein weiteres zentrales Hemmnis sind die (3) Spielräume im Zusammenhang mit der Auslegung der Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit. Im deutschen Gebäudeenergierecht wird z. B. betrachtet, ob eine Verschärfung der Standards im Vergleich zum geltenden Standard wirtschaftlich ist. Dies weicht ab von der im Gesetzestext vorgesehenen Einschränkung, dass die erforderlichen Aufwendungen innerhalb der üblichen Nutzungsdauer durch die eintretenden Einsparungen erwirtschaftet werden können. Die Auslegung führt dazu, dass insbesondere unter Einbezug von CO₂- bzw. Umweltkosten weniger ambitionierte Standards gesetzt werden.

Nicht zuletzt besteht das Hemmnis, dass die (4) Verfügbarkeit von Fördermitteln, die sich für den Investor positiv auf die Wirtschaftlichkeit von umweltrelevanten Investitionen auswirkt, in

den Berechnungen nicht berücksichtigt wird. In der EU-Gebäuderichtlinie ist eine Berücksichtigung grundsätzlich vorgesehen aber nicht verpflichtend und wird in Deutschland nicht in die Berechnungen einbezogen.

4.1.2 Lösungsstrategien

Das oben unter (1.) genannte Hemmnis (mangelnde Transparenz und Verzerrungen durch die Art der Wirtschaftlichkeits-/Investitionsrechnung) kann adressiert werden, indem die DIN EN ISO 50001 (Energiemanagement) im Hinblick auf die Durchführung von Wirtschaftlichkeitsberechnungen erweitert bzw. spezifiziert wird. Die Umwelteffekte unterschiedlicher Wirtschaftlichkeits-/Investitionsrechnungsarten sind angemessen in Lehrplänen zu berücksichtigen, um mittelfristig mehr Fachkräfte zur Durchführung transparenter und unverzerrter Berechnungen zu befähigen. Bei privaten Investitionen können alternative Finanzierungsmodelle und die Förderung von Contracting-Modellen helfen, dass die „gefühlte Wirtschaftlichkeit“ umweltgerechter ausfällt.

Das oben unter (2.) genannte Hemmnis (unzureichende Berücksichtigung von Lebenszykluskosten in Wirtschaftlichkeitsberechnungen von Privaten) lässt sich adressieren, indem Haushalten und Unternehmen Informationen zum Nutzen und zur Durchführung von Lebenszykluskostenanalysen bereitgestellt werden, entsprechende Beratungen bezuschusst werden oder durch Informationsmaßnahmen (einschließlich Label) Lebenszykluskosten transparent gemacht werden. Weitere Reformansätze wären verbesserter Wissenstransfer, stärkere Anreize und Pflichten zur Einführung von Umwelt- und Energiemanagementsystemen sowie ein Engagement Deutschlands dafür, dass Lebenszykluskosten in den internationalen Normen stärker berücksichtigt werden.

Das unter (3.) benannte Hemmnis (unzureichende Berücksichtigung von Umweltkosten in Wirtschaftlichkeitsberechnungen von Unternehmen) könnte gemindert werden, wenn im Rahmen der Sustainable Finance Strategie der EU und der Überarbeitung der Europäischen CSR-Richtlinie die Schätzung externer Umweltkosten durch Unternehmensaktivitäten und ein standardisiertes Verfahren hierfür festgeschrieben würden. Zum andern läge ein zentraler Hebel in der Internalisierung von Umweltkosten (u. a. durch eine ambitionierte CO₂-Bepreisung, stringente Haftungsregelungen, aber auch ordnungsrechtliche Ansätze).

Hemmnis Nr. (4.) (unzureichende Berücksichtigung des Umwelt-/Nutzens in Wirtschaftlichkeitsberechnungen) kann zum einen angegangen werden, indem der (ökologischen) Nutzenaspekte unternehmerischer (Investitions-) Entscheidungen im Rahmen von Hochschul-Curricula stärker verankert werden, auch in MBA-Programmen und Führungskräfte-Weiterbildungen. Darüber hinaus kann der Umweltnutzen unternehmerischer Entscheidungen auch höher gewichtet werden, wenn Umweltwirkungen von Unternehmen im Rahmen gesetzlicher Berichtspflichten (Überarbeitung der CSR-Richtlinie) transparent gemacht werden. Auch umweltrelevante Sorgfaltspflichten im Rahmen eines Lieferkettengesetzes unterstützen Unternehmen dabei, den Umweltnutzen von Entscheidungen im Rahmen ihres Lieferkettenmanagements gegenüber möglichen Kosten höher zu gewichten.

Das unter (5.) genannte Hemmnis (unzureichende Berücksichtigung von dynamischen Anreizwirkungen und Pfadabhängigkeiten in Wirtschaftlichkeitsberechnungen) erfordert eine explizite Berücksichtigung von innovations- und zukunftsorientierten Investitionen in Wirtschaftlichkeitskalkülen. Die Politik kann dies im Rahmen von Förderprogrammen unterstützen, in denen über die Fördereffizienz Aspekte wie Innovativität, potenzielle Skaleneffekte, Spill-over-Effekte, Wettbewerbsfähigkeit, künftige Verschärfungen von politischen Einsparzielen, Standards etc. als Maßstab für eine Förderung zugrunde gelegt werden können. Langfristige politische Signale und

Vorgaben der öffentlichen Hand können auch Planungshorizonte von Unternehmen so verändern, dass dynamische Wirkungen in deren Wirtschaftlichkeitskalküle Eingang finden (z. B. über dynamische, sich verschärfende Vorgaben von Anteilen für alternative Technologien/ Brennstoffe, dynamische Grenzwerte, sprunghafte Verschärfung von Standards orientiert an Investitionszyklen).

4.2 Wirtschaftlichkeitsgebote im Kontext umweltrelevanter Mindeststandards

4.2.1 Zusammenfassung der Hemmnisse

Als grundlegendes Hemmnis ist zunächst zu bemerken, dass Wirtschaftlichkeitsgebote grundsätzlich nicht als zentrales Kriterium für die Formulierung von umweltrelevanten Standards verwendet werden sollten, sondern dass diese sich aus den umweltpolitischen Notwendigkeiten und Zielen ableiten. Die Formulierung von Mindeststandards basierend auf (einzelwirtschaftlichen) Wirtschaftlichkeitsgeboten wirkt sich einschränkend auf deren Umweltwirkung aus, sofern bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung nicht alle Umweltkosten vollständig eingepreist werden bzw. anderweitig berücksichtigt werden.

Am Beispiel des Bundes-Klimaschutzgesetzes wird deutlich, dass die Festlegung der übergeordneten Ziele sich zunächst an den klimapolitischen Notwendigkeiten orientiert, während bei der Ausgestaltung von konkreten Politikinstrumenten zur Unterstützung der Zielerreichung zunehmend Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zum Einsatz kommen. Um eine zielkonforme Ausgestaltung der Politikinstrumente zu erreichen muss die Anwendung von Wirtschaftlichkeitsgeboten sich stets auf den Lösungsraum beschränken, der mit der Zielerreichung kompatibel ist.

Die unzureichende Berücksichtigung von Umweltkosten bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung führt dazu, dass das Ambitionsniveau der Standards nicht das aus Umweltsicht optimale Niveau abbilden. Die Diskrepanz ist umso höher, je weniger die Umweltkosten berücksichtigt werden. Beispielsweise finden Umweltkosten bei der Festlegung der Mindeststandards im deutschen Gebäudeenergierecht keine Berücksichtigung. In der EU-Gebäuderichtlinie finden Umweltkosten in einer der Berechnungsalternativen Berücksichtigung, allerdings ist deren Berücksichtigung nicht verpflichtend und die angesetzten Kosten liegen deutlich unterhalb der Minderungskosten. Die Festlegung von Mindeststandards im Rahmen der EU-Ökodesign-Richtlinie berücksichtigen Umweltkosten (wenn auch nur in Höhe der EU ETS-Zertifikatspreise) in den Berechnungen, sie bilden aber keine bindende Grundlage für die Festlegung der Ambitionsniveaus.

Ein weiteres zentrales Hemmnis sind die Spielräume im Zusammenhang mit der Auslegung der Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit. Im deutschen Gebäudeenergierecht wird z. B. betrachtet, ob eine Verschärfung der Standards im Vergleich zum geltenden Standard wirtschaftlich ist. In der EU-Gebäuderichtlinie wird die Kostenoptimalität als Kriterium verwendet und auch in der Ökodesign-Richtlinie sind die niedrigsten Lebenszykluskosten (Least lifecycle costs) ausschlaggebend.

Nicht zuletzt besteht das Hemmnis, dass die Verfügbarkeit von Fördermitteln, die sich positiv auf die Wirtschaftlichkeit von umweltrelevanten Investitionen auswirkt, in den Berechnungen nicht berücksichtigt wird. In der EU-Gebäuderichtlinie ist eine Berücksichtigung grundsätzlich vorgesehen aber nicht verpflichtend und wird in Deutschland nicht in die Berechnungen einbezogen.

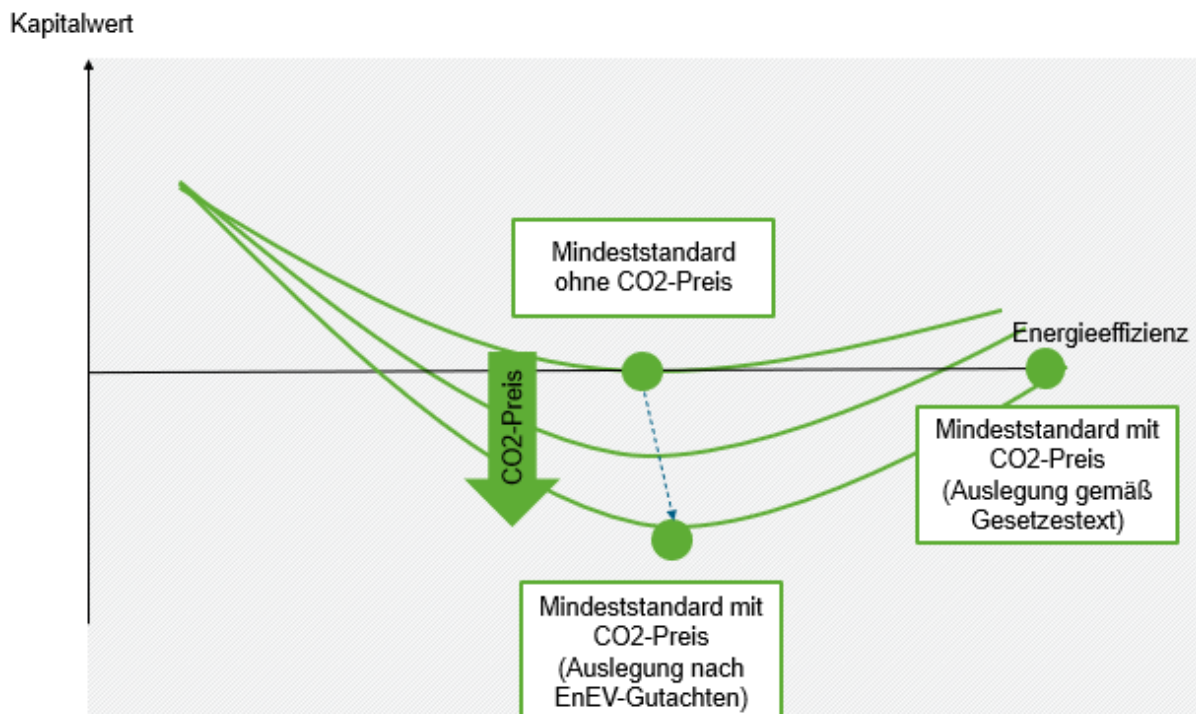
4.2.2 Lösungsstrategien

Das oben unter Punkt (1) genannte Hemmnis, dass Wirtschaftlichkeitsgebote grundsätzlich die Umweltwirkung von Mindeststandards einschränken, lässt sich auflösen, wenn das Ambitionsniveaus der Standards sich aus den umweltpolitischen Notwendigkeiten oder den übergeordnet festgelegten Umweltzielen ableitet.

Ein Beispiel für einen weiteren Ansatz zur Festlegung von Mindeststandards für die Energieeffizienz von Produkten ist der in Japan verwendete Toprunner-Ansatz zu nennen, bei dem die gesetzlich vorgeschriebenen Mindeststandards für die Energieeffizienz von Produkten sich nicht aus betriebswirtschaftlichen Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, sondern aus der am Markt verfügbaren effizientesten Technologie ableiten. Die Standards werden so festgelegt, dass nach einer definierten Frist alle am Markt verfügbaren Geräte diesen Standard erfüllen müssen. Ein weiteres Beispiel ist das Bundesbodenschutzgesetz, in dem die Anforderungen an die Sanierungen von Altlasten sich zunächst nicht an der Wirtschaftlichkeit ausrichten.

Das unter Punkt (2) genannte Hemmnis der unzureichenden Berücksichtigung von Umweltkosten kann adressiert werden, indem diese explizit in die Berechnungen aufgenommen werden. In Abbildung 10 ist schematisch dargestellt, wie sich bei zunehmender Berücksichtigung von Umweltkosten (hier dargestellt über ansteigende Preisniveaus einer CO₂-Bepreisung) die Kostenminima hin zu einer höheren Energieeffizienz verschieben. Die Abbildung 10 stellt die Kosten für die Investition abzüglich der erreichten Energie- und CO₂-Kosteneinsparungen dar.

Abbildung 10: Auswirkung der Berücksichtigung von Umweltkosten auf die Wirtschaftlichkeitsberechnung



Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut.

Die Berücksichtigung von Umweltkosten bei der Festlegung von ordnungsrechtlichen Mindeststandards und eine darauf gerichtete Konkretisierung von Wirtschaftlichkeitsgeboten in den fachgesetzlichen und untergesetzlichen Regelwerken, würde einen Schub für den Umweltschutz

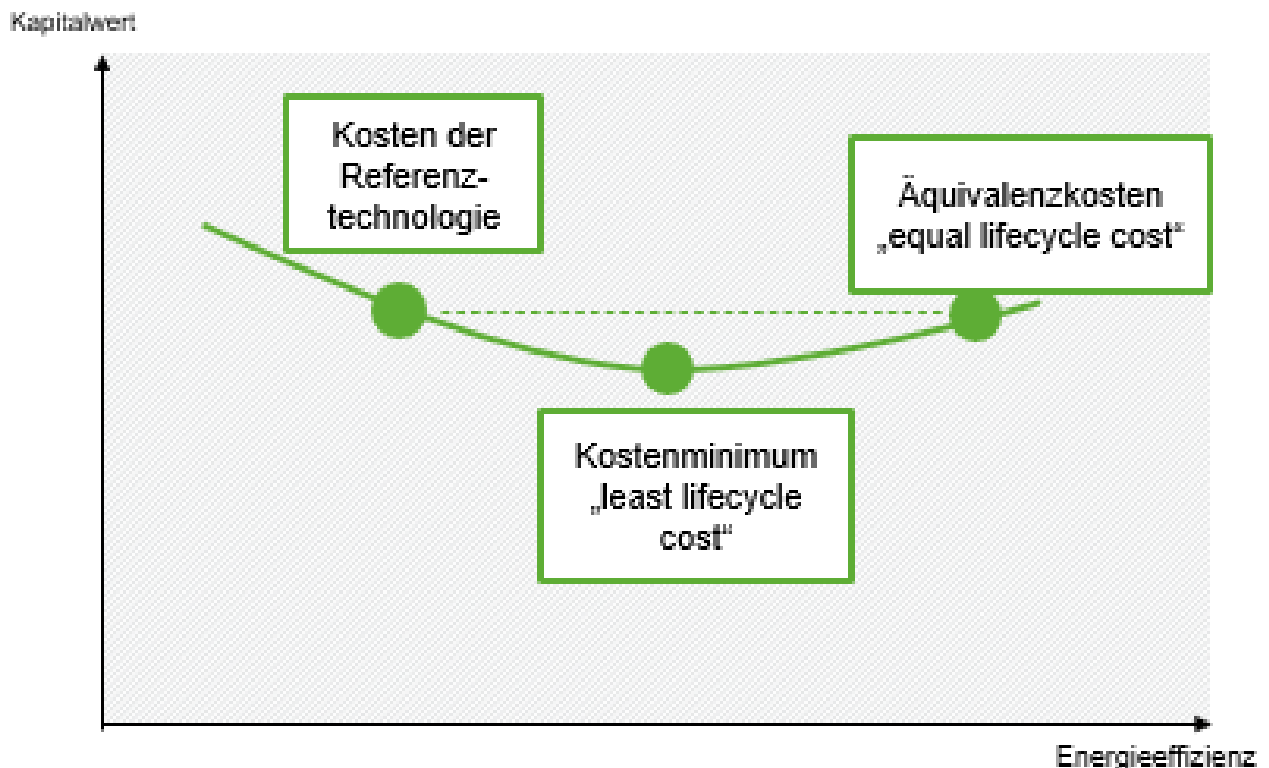
in der Breite bedeuten. Orientieren könnte sich dies an den Regelungen des Beschaffungsrechts oder des Klimaschutzgesetzes.

Das unter Punkt (3) genannte Hemmnis (Spielräume im Zusammenhang mit der Auslegung der Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit) kann adressiert werden, indem für Wirtschaftlichkeitsgebote im (untergesetzlichen) Ordnungsrecht genauer festgelegt wird, welche Art der Investitionsrechnung anzuwenden ist.

Sinnvoll ist zudem, wenn die Auslegung der Begrifflichkeit der Wirtschaftlichkeit so erfolgt, dass möglichst ambitionierte Standards gesetzt werden. Dies ist beispielhaft in Abbildung 11 dargestellt, indem der Ansatz der Kostenoptimalität bzw. der Least lifecycle costs (LLCC) verglichen wird mit dem Ansatz der equal lifecycle costs (ELCC): Mit dem Ansatz der ELCC werden deutlich höhere Energieeinsparungen erzielt als im LLCC-Ansatz. Die entsprechenden Kosten für Konsumentinnen und Konsumenten sind im ELCC-Ansatz zwar höher als im LLCC-Ansatz, allerdings übersteigen sie nicht die Kosten der Referenztechnologie.

Noch weitergehender wäre ein Perspektivwechsel bei Wirtschaftlichkeitsgeboten. Sie könnten so formuliert werden, so dass sie im Sinne einer Unzumutbarkeitsklausel nicht die Wirtschaftlichkeit positiv fordern, sondern nur eine „unzumutbare Belastung“ der Beteiligten ausschließen.

Abbildung 11: Vergleich des least lifecycle cost Ansatzes mit dem Ansatz der equal lifecycle costs

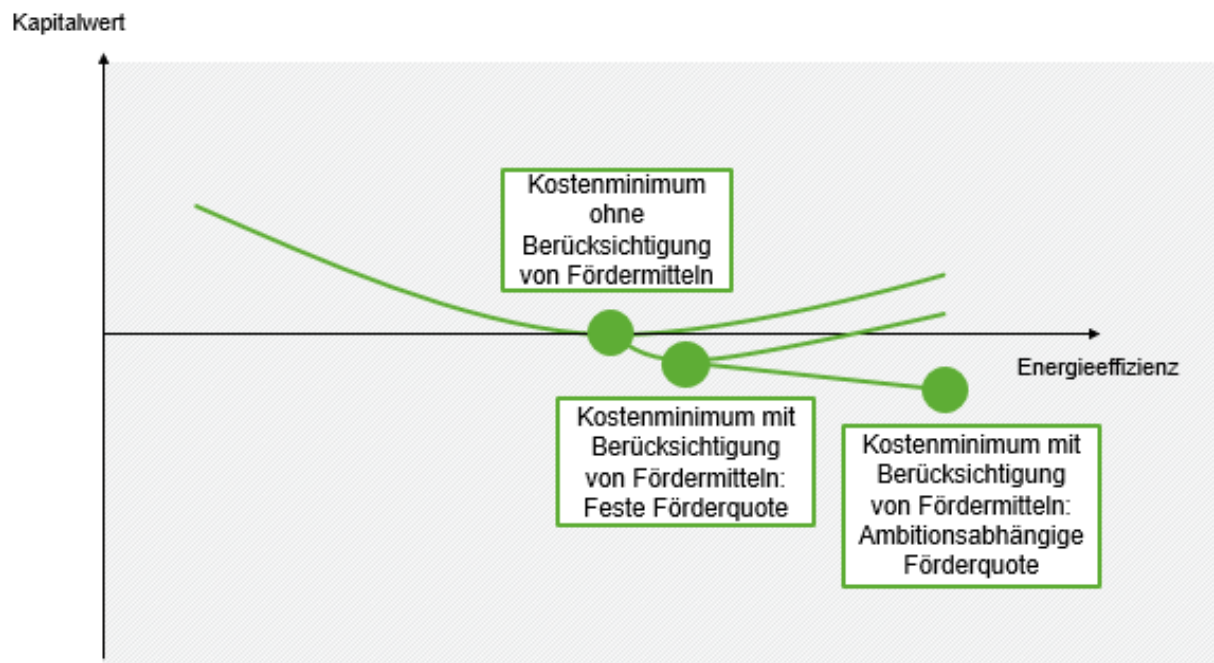


Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut.

Das unter Punkt (4.) genannte Hemmnis (d. h. die Nicht-Berücksichtigung von Fördermitteln) kann adressiert werden, indem vorhandene Fördermöglichkeiten in die Berechnungen einbezogen werden. Dabei ist allerdings zu beachten, dass ein Rechtsanspruch auf Förderung vorhanden sein sollte. Damit würde vom derzeitig dominierenden Ansatz der Nichtvereinbarkeit von Fördern und Fordern abgewichen werden, was verfassungsrechtlich möglich ist (Bürger et

al. 2013). In Abbildung 12 ist schematisch dargestellt, wie sich die Berücksichtigung von Fördermitteln auf die Wirtschaftlichkeitsberechnung auswirkt. Dabei wird unterschieden zwischen zwei Ansätzen zur Förderung: Beim ersten Ansatz werden Effizienzmaßnahmen unabhängig vom Ambitionsniveau gefördert, während beim zweiten Ansatz eine Differenzierung der Förderquote nach Ambitionsniveau erfolgt. Dieser Ansatz wird z. B. in der Förderung für Vollsanierungen auf Effizienzhausniveau im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude verfolgt, wo die Fördersätze mit steigendem Effizienzniveau ansteigen. Wie in Abbildung 12 dargestellt verschieben sich in beiden Fällen die Kostenminima hin zu ambitionierteren Maßnahmen, wobei dies im zweiten Fall besonders deutlich ist.

Abbildung 12: Auswirkung der Berücksichtigung von Fördermitteln auf die Wirtschaftlichkeitsberechnung



Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut.

4.3 Wirtschaftlichkeitsgebote im Kontext staatlicher Ausgaben

4.3.1 Zusammenfassung der Hemmnisse

1. Die Art der zu nutzenden Wirtschaftlichkeits- bzw. Investitionsrechnung ist für staatliche (anders als für private) Investitionen teilweise vorgeschrieben. Gleichwohl können eine mangelnde Transparenz und Verzerrungen („Bias“) durch die Art der Wirtschaftlichkeits-/Investitionsrechnung auch bei staatlichen Investitionen dazu führen, dass Umweltinvestitionen nicht rentabel erscheinen. Die Art der Wirtschaftlichkeits- bzw. Investitionsrechnung wirkt sich auf die Systemgrenzen der Berechnung, den Einbezug von Kosten- und Nutzenarten, die getroffenen Annahmen und weitere Informationen aus, so dass eine Umweltschutzinvestition für den Staat jeweils rentabler oder unrentabler erscheinen kann (vgl. Tabelle 4).
2. Bei der Planung von Investitionen durch die öffentliche Hand ist die Berücksichtigung von Lebenszykluskosten im Kontext des öffentlichen Beschaffungsrechts grundsätzlich vorgesehen (s. u.), allerdings nur für wenige Beschaffungsgegenstände verpflichtend. Über 50 % der öffentlichen Vergabestellen in Deutschland berücksichtigen Lebenszykluskosten

jedoch selten bis gar nicht. Zentrale Ursache ist die Unsicherheit von Beschafferinnen und Beschaffern, Fehler bei der Berechnung der Lebenszykluskosten zu machen und die Beschaffungsentscheidung so angreifbar zu machen.

3. Bislang werden Umweltkosten im Rahmen von Wirtschaftlichkeitsberechnungen von öffentlichen Akteurinnen und Akteuren nur unzureichend berücksichtigt. Dies gilt für die Beschaffungsvorbereitung, bei der Bedarfe identifiziert, Alternativen geprüft und Anforderungen definiert werden und auch für den eigentlichen Beschaffungsvorgang.
4. Staatliche Ausgaben sind teilweise nicht (hinreichend) auf umweltpolitische Ziele ausgerichtet. Dies ist insbesondere der Fall, wenn Wirtschaftlichkeitsberechnungen bei staatlichen Ausgaben Umweltziele nicht als verbindliche Richtschnur für ihr Handeln berücksichtigen.

4.3.2 Lösungsstrategien

Um Hemmnis (1.) zu überwinden (mangelnde Transparenz und Verzerrungen („Bias“) durch die Art der Wirtschaftlichkeits-/Investitionsrechnung bei öffentlichen Einrichtungen), sollte im Rahmen staatlicher Investitions- (und Beschaffungs-)tätigkeiten genau festgelegt werden, welche Art der Investitionsrechnung anzuwenden ist (vgl. § 13 Abs. 3 Satz 1 des Klimaschutzgesetzes). Auch sollten Vorgaben zu den zu verwendenden Annahmen gemacht werden. Bei quantitativen Rechenwegen sollten diese Vorgaben insbesondere zu Diskontsätzen, Lebens- bzw. Nutzungsdauern und bei Berücksichtigung externer Kosten zu den Schadenskosten gestellt werden. Bei qualitativen bzw. multikriteriellen Ansätzen sind Vorgaben zu den Kriterien und ihrer Gewichtung bereitzustellen.

Hemmnis (2.) – die unzureichende Berücksichtigung von Lebenszykluskosten in Wirtschaftlichkeitsberechnungen – kann adressiert werden, in dem die im öffentlichen Beschaffungsrecht angelegte Möglichkeit, Lebenszykluskosten in Vergabeverfahren zu berücksichtigen, für alle Beschaffungsgegenstände verpflichtend gemacht werden.

Das (3.) oben genannte Hemmnis (unzureichende Berücksichtigung von Umweltkosten in Wirtschaftlichkeitsberechnungen in der öffentlichen Verwaltung) kann auf unterschiedliche Weisen angegangen werden. Verwaltungen können Umweltkosten viel stärker als bisher bei ihren Wirtschaftlichkeitsberechnungen berücksichtigen. Großes Potential besteht vor allem bei der behördeninternen Planung zur Vorbereitung von Beschaffungen. Deshalb müssen der Gesetzgeber und die Verwaltungen stärker als bisher klarstellen, ob und wie Umweltkosten und im Sinne des Verursacherprinzips zu berücksichtigen sind.

Daneben wäre eine Ausdehnung der UBA-Methodenkonvention auf weitere Umweltwirkungen sinnvoll, ebenso wie die explizite Berücksichtigung von externen Umwelteffekten in der „Arbeitsanleitung Einführung in Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen“ des BMF (BMF 2019).

Zudem sollten Schulungsprogramme für öffentliche Beschaffungsstellen sowie Entscheidungsträger und relevante Mitarbeitende in der Verwaltung um Angebote zur Berücksichtigung von Umweltkosten in Beschaffungsvorgängen ergänzt werden. Grundsätzlicher würden umweltfreundliche Investitionen und Beschaffung gefördert, wenn im umweltrelevanten Ordnungsrecht verbindlich vorgeschrieben würde, dass Umweltkosten in der Konkretisierung von Wirtschaftlichkeitsgeboten (in den fachgesetzlichen und entsprechenden untergesetzlichen Regelwerken) zu berücksichtigen wären. Orientieren könnte sich dies an den Regelungen des Beschaffungsrechts oder des Klimaschutzgesetzes.

Die (4) unzureichende Berücksichtigung von Klima- und Umweltzielen in der Verwaltungspraxis lässt sich beheben indem sich Verwaltungen für ihren Verantwortungsbereich konkrete und überprüfbare Klimaschutz- und Umweltziele setzen. Diese können im Sinne eines Kosten-Effektivitäts-Ansatzes oder, wo dies nicht möglich ist, einer Nutzwertanalyse erreicht werden. Daraus müssen im Beschaffungsvorgang systematisch geeignete Mindestanforderungen an Umwelteigenschaften abgeleitet werden.

Dauerhaften oder temporären Mehrkosten für die öffentliche Hand im Zuge von umweltgerechten Investitions- und Beschaffungsentscheidungen sind bereits in der Haushaltsplanung Rechnung zu tragen.

Die Festlegung und Erreichung von Umweltzielen im Verwaltungshandeln sollte als Teil eines umfassenderen Abwägungsprozesses zur Erreichung von Nachhaltigkeitszielen gesehen werden. Methodisch gehören dazu auch für den jeweiligen Aufgabenbereich entwickelte Leitfäden, die diesen Abwägungsprozess konkretisieren und strukturieren.

A Anwendungsfall „Energetische Gebäudesanierung selbstnutzender Eigentümer“

A.1 Hintergrund und Ziele

Energetische Modernisierungsmaßnahmen an Gebäuden unterliegen den Mindestanforderungen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG). Die Mindestvorgaben für die Energieeffizienz grenzen den Entscheidungsraum von Gebäudeeigentümern ein und tragen dazu bei, Entscheidungen mit besonders negativen Umwelteinwirkungen auszuschließen.

Die Mindestanforderungen richten sich nach dem Wirtschaftlichkeitsgebot nach § 5 GEG, d. h. Anforderungen, die an die Durchführung von Effizienzmaßnahmen gestellt werden, müssen generell wirtschaftlich vertretbar sein. Das GEG setzt die Vorgaben aus der EU-Gebäuderichtlinie um.

Bei der Festlegung und Revision der Mindeststandards werden Wirtschaftlichkeitsberechnungen durchgeführt, in denen die Lebenszykluskosten und Amortisationszeiten verschiedener Varianten betrachtet werden. Das Ergebnis der Berechnungen bildet die Grundlage für die Höhe der Mindeststandards und hat somit einen wichtigen Einfluss auf die Entwicklung der CO₂-Emissionen von Gebäuden.

Die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen als Grundlage für die Festsetzung/Revision der Mindeststandards hängen von der gewählten Methodik und den verwendeten Inputgrößen ab.

Ziel der Analyse ist es aufzuzeigen, wie Änderungen in der Berechnungsmethodik der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und den dazugehörigen Inputgrößen zu ambitionierteren Mindeststandards führen können und somit zu einer deutlichen Verringerung der CO₂-Emissionen im Gebäudebereich beitragen können.

A.2 Wirtschaftlichkeitsgebot nach dem GEG und EnEG

A.2.1 Wesentliche Rechtsgrundlagen

Durch das am 03. Juli 2020 verabschiedete „Gesetz zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude und zur Änderung weiterer Gesetze“ wurden die Rechtsakte EnEV, EnEG und Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) zu einem Gesetz, dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) zusammengelegt. Da die letzte Überprüfung der gesetzlichen Mindeststandards noch im Rahmen der vor Einführung des GEG geltenden rechtlichen Grundlage durchgeführt wurde, gehen die nachfolgenden Abschnitte auf die Auslegung des Wirtschaftlichkeitsgebot im Rahmen der EnEV-Gutachten ein.

Die konkreten Anforderungen zur Gesamtenergieeffizienz von neuen Gebäuden wurden vor Einführung des GEG im deutschen Recht in der EnEV festgelegt. Die für den Ordnungsgeber hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit maßgebende Vorschrift ist § 5 Abs. 1 EnEG. Die Bestimmung lautete:

„(1) Die in den Rechtsverordnungen [...] aufgestellten Anforderungen müssen nach dem Stand der Technik erfüllbar und für Gebäude gleicher Art und Nutzung wirtschaftlich vertretbar sein. Anforderungen gelten als wirtschaftlich vertretbar, wenn generell die erforderlichen Aufwendungen innerhalb der üblichen Nutzungsdauer durch die

eintretenden Einsparungen erwirtschaftet werden können. Bei bestehenden Gebäuden ist die noch zu erwartende Nutzungsdauer zu berücksichtigen.“

A.2.2 Auslegung des Wirtschaftlichkeitsgebots in § 5 EnEG

§ 5 Abs. 1 Satz 2 EnEG untersagt dem Ordnungsgeber, Maßnahmen zu verlangen, bei denen sich die investiven Aufwendungen nicht innerhalb der üblichen Nutzungsdauern durch die zu erwartenden (Energie-) Einsparungen amortisieren lassen. Um sicherzustellen, dass das zulässige Maß der finanziellen Belastung nicht überschritten wird, muss sich der Ordnungsgebende durch Wirtschaftlichkeitsberechnungen davon überzeugen, dass die Anforderungen innerhalb der Spannbreite üblicher Anwendungsfälle eingehalten werden. Dabei muss und darf er (möglichst realitätsnahe) prognostische Abschätzungen über die zukünftige Entwicklung treffen (insb. hinsichtlich der Energiepreise sowie der Zinsentwicklung) und in gewissem Umfang typisieren und pauschalisieren.

In den zur Prüfung der Wirtschaftlichkeit der EnEV-Anforderungen vorgenommenen Berechnungen wurde in den Gutachten bislang üblicherweise eine Amortisationszeit von 20 Jahren zugrunde gelegt, wobei Restwerte unberücksichtigt blieben. Dem steht gegenüber, dass § 5 Abs. 1 Satz 2 EnEG an sich eine Orientierung an der „üblichen Nutzungsdauer“ gestattet, die üblichen Nutzungsdauern für die den Wärmeschutz maßgeblich bestimmenden Hauptbestandteile der Gebäudehülle indessen größtenteils weit über den Zeitraum von 20 Jahren hinausgehen. Praktisch dürften sich aus der üblicherweise gewählten Berechnungsweise somit zum Teil strengere Maßstäbe für die Bemessung der wirtschaftlichen Vertretbarkeit ergeben, als sie in § 5 Abs. 1 Satz 2 EnEG angelegt sind. Ein Rechtsverstoß liegt darin gleichwohl nicht, weil die Vorschrift nur den unter dem Gesichtspunkt der Wirtschaftlichkeit eingeräumten Spielraum der Anforderungen nach oben hin begrenzt, nicht jedoch dessen Ausschöpfung verlangt.

In der Praxis zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit wurde bei den letzten EnEV-Novellen danach gefragt, ob die in Aussicht genommenen neuen Anforderungen sich im Vergleich zu den jeweils zuvor geltenden Anforderungen als wirtschaftlich – und damit diesen gegenüber als wirtschaftlicher – darstellen. Da § 5 Abs. 1 Satz 2 EnEG nur den zulässigen Belastungsspielraum nach oben hin begrenzt, steht die Vorschrift einem solchen Vorgehen nicht entgegen. Sie verlangt es aber auch nicht. Die gesetzliche Bestimmung stellt vielmehr ihrem Wortlaut nach darauf ab, ob die „erforderlichen Aufwendungen innerhalb der üblichen Nutzungsdauer durch die eintretenden Einsparungen erwirtschaftet werden können“. Aus dem Blickwinkel von § 5 Abs. 1 EnEG erscheint also der Vergleich zwischen der Situation mit den neuen Anforderungen und einer fiktiven Situation *ohne jede Anforderung* ebenfalls möglich (praktisch also mit einem Wärmeschutz entsprechend dem bauphysikalisch notwendigen Minimum). Allerdings wäre ein Wechsel des Betrachtungszeitraumes begründungsbedürftig.

A.2.3 Nachweis der Wirtschaftlichkeit nach EnEG

Vor jeder „größeren“ Novelle der EnEV erfolgte eine Prüfung des Anforderungsniveaus sowie mögliche Anpassungsoptionen (Verschärfungen). Im Kern geht es dabei um die Frage, welches Anforderungsniveau dem Wirtschaftlichkeitsgebot des EnEG Genüge leistet. Die vorbereitenden (Wirtschaftlichkeits-) Gutachten sind teilweise öffentlich. Insbesondere die beiden „größeren“ Novellen 2009 und 2013 sowie die Diskussionen über das Gebäude-Energie-Gesetz (GEG) wurden und werden gutachterlich besonders intensiv begleitet. Die das Anforderungsniveau betreffenden Wirtschaftlichkeitsgutachten umfassen:

- Novelle EnEV 2009: Wärmetechnische Beratungen und Berechnungen Wiedenhoff und schiller engineering (2009), Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH et al. (2009), Passivhaus Institut (2008), BMVBS und BBSR (2009)⁴⁴
- Novelle EnEV 2014: IWU (2011), Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH et al. (2012b), Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH et al. (2012a), Hinz (2012), Thiel und Ehrlich (2012), ITG (2012), ITG und Uni Kassel (2011)⁴⁵
- Novelle EnEV 2017/GEG: Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH und Maas (2017)

Die Wirtschaftlichkeitsgutachten befassen sich schwerpunktmäßig mit dem Anforderungsniveau für neue Gebäude. Es werden aber auch die Anforderungen an bestehende Gebäude geprüft (v. a. die bedingten Wärmeschutzanforderungen für Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle nach § 9 EnEV sowie die Nachrüstpflichten nach § 10 EnEV).

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen werden für verschiedene Typgebäude durchgeführt. Grundlage ist eine im Rahmen von Klauß (2010) entwickelte Modellgebäudetypologie.

Tabelle 10: Modellgebäude der EnEV-Gutachten

Wohngebäude	Nichtwohngebäude
Einfamilienhaus klein, beheizter Keller	Büro klein, nicht gekühlt
Einfamilienhaus klein, ohne Keller	Büro groß, gekühlt
Einfamilienhaus groß, beheizter Keller	Kindertagesstätte
Doppelhaushälfte Süd, ohne Keller	Schule
Reihenmittelhaus, beheizter Keller	Hotel groß, gekühlt
Mehrfamilienhaus klein, unbeheizter Keller	Verbrauchermarkt
Mehrfamilienhaus groß, unbeheizter Keller	Fertigungshalle (zentrale Wärmeerzeuger)
	Fertigungshalle (dezentrale Wärmeerzeuger)

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH und Maas (2017).

Ausgehend von der Ausführung der energetischen Qualität eines Gebäudes nach dem Anforderungsniveau der jeweils aktuell gültigen EnEV wird für verschiedene Varianten einer Verschärfung untersucht, ob sie in Bezug auf das aktuelle Anforderungsniveau wirtschaftlich realisierbar sind. Die Referenz bzw. der Bezugspunkt der Wirtschaftlichkeitsberechnung ist also das aktuell gültige Anforderungsniveau. Beispielsweise wurden im Rahmen des Basisgutachtens für die EnEV-Novelle 2014 für Neubauten verschiedene Varianten untersucht, bei denen die U-Werte der Bauteile der Gebäudehülle (Außenwand, Dach, Fenster, Kellerdecke, Bodenplatte) unter das Anforderungsniveau der EnEV 2009 abgesenkt werden (die Wärmeschutzanforderungen an die Gebäudehülle also verschärft werden). Außerdem wurde untersucht, ob die verpflichtende Vorgabe des Einbaus einer Lüftungstechnik mit Wärmerückgewinnung bei Neubauten das Wirtschaftlichkeitsgebot erfüllen würde (Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH et al. 2012b).

⁴⁴ Übersicht der Gutachten unter https://www.bbsr-energieeinsparung.de/EnEVPortal/DE/Archiv/EnEV/EnEV2009/Begleitgutachten/GutachtenEnEV2009/gutachten_node.html

⁴⁵ Übersicht der Gutachten unter https://www.bbsr-energieeinsparung.de/EnEVPortal/DE/EnEV/EnEV2013/Begleitgutachten/Anforderung/anforderung_node.html

Die energetische Bewertung, also die Berechnung der energetischen Kennwerte (z. B. der spezifische Endenergiebedarf eines Typgebäudes in einer bestimmten Auslegungsvariante) erfolgt auf Basis technischer Normen (bei Wohngebäuden in 2012 auf Basis der Normen DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10).

Kostenseitig fließen in die Wirtschaftlichkeitsberechnung drei Kostenblöcke ein,

- ▶ die Investitionsmehrkosten, die aus der Verschärfung des Anforderungsniveaus resultieren (also z. B. die Mehrkosten einer dickeren Dämmschicht),
- ▶ mögliche zusätzliche Wartungs- und Instandhaltungskosten (z. B. für die Wartung einer Lüftungsanlage, in Varianten mit Gas-Brennwertkessel und Pelletkessel auch Schornsteinfegergebühren) sowie
- ▶ die infolge des verschärften Anforderungsniveaus erzielten Energiekostenmehreinsparungen.

Bei den Energiepreisen werden neuerdings (Diskussion zum GEG) verschiedene Energiepreisszenarien zugrunde gelegt. Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH und Maas (2017) verwenden z. B. drei verschiedene Energiepreis-Szenarien und diese jeweils noch einmal aus mikro- und makroökonomischer Perspektive (in Summe also 6 Varianten). Dabei werden ein Modell mit linearer realer Energiepreisentwicklung (Szenario „1 Prozent“) und zwei Modelle mit nichtlinearer Steigerung (Szenario „Bundesregierung“, Szenario „EU“) verwendet.

Für die Einschätzung, ob eine bestimmte Verschärfung von Vorgaben im Neubau (z. B. die Absenkung des U-Wertes für das Dach des Referenzgebäudes) wirtschaftlich ist, wird die Amortisationszeit als zentraler Indikator herangezogen. Berechnet wird dabei die dynamische Amortisationszeit unter Berücksichtigung der antizipierten Energiepreisentwicklung sowie eines mit dem BMWI abgestimmten Diskontsatzes.

Im Zuge der Auswertung und Ergebnisdarstellung wird im Falle von Neubauten unterstellt, dass eine Modifikation des Anforderungsniveaus immer dann wirtschaftlich ist, wenn sich für eine bestimmte Variante, unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen innerhalb und Restwerten zum Ende des jeweils zugrunde gelegten Betrachtungszeitraums, eine Amortisationszeit ergibt, die kleiner als der Betrachtungszeitraum ist. In Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH et al. (2012b) wird für Wohngebäude eine Amortisationszeit von 20 Jahren als wirtschaftlich vertretbar angenommen. Für Nichtwohngebäude wird keine explizite Aussage getroffen.

Im Nachfolgegutachten Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH und Maas (2017) wird auf eine explizite Aussage verzichtet, ab welcher Amortisationszeit eine Maßnahme im Neubau als wirtschaftlich eingestuft wird. Die Darstellung der Ergebnisse impliziert allerdings, dass dies bei Wohngebäuden bei einer Amortisationszeit von 30 Jahren (der Betrachtungszeitraum von 30 Jahren wird als Hauptvariante dargestellt), bei Nichtwohngebäuden von 20 Jahren der Fall ist.

Neben den Hauptvarianten wird für Neubauten auch eine Reihe von Sensitivitäten untersucht. Beispielsweise untersucht Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH und Maas (2017), welche Auswirkungen weitere technische Ausführungsvarianten, der Ansatz von Grund- und Arbeitspreisen anstelle von Mischpreisen, die Berücksichtigung spezieller Tarife für den Bezug von Wärmepumpenstrom, sowie die Berücksichtigung der Planungskosten für detaillierte Wärmebrückenberechnungen auf die Wirtschaftlichkeit der Hauptvarianten haben.

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen für die Anforderungen an bestehende Gebäude (bedingte Sanierungsanforderungen nach § 9 EnEV, Nachrüstpflichten nach § 10 EnEV) beruhen ebenfalls

auf einer Berechnung der dynamischen Amortisationszeit. In Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH und Maas (2017) wird eine Anforderung als wirtschaftlich vertretbar eingestuft, wenn die ermittelten Amortisationszeiten, bezogen auf eine mittlere Preissteigerungsrate für den Energiebezug, einen Wert von 20 Jahren nicht überschreiten. Im Zuge der gutachterlichen Begleitung der EnEV-Novelle 2014 wurde der Schwellenwert von 20 Jahren näher begründet. In Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH et al. (2012b) heißt es dazu:

„Bei einer durchschnittlichen Lebensdauer eines Gebäudes von 80 bis 100 Jahren muss also in Betracht gezogen werden, dass ein großer Teil der von den Anforderungen nach EnEV betroffenen Bestandgebäude nicht allein bezogen auf ihre energetische Qualität nur noch eine zeitlich begrenzte Nutzungsperspektive hat. Dieses Argument führt zu einer zunehmenden Begrenzung des zeitlichen Horizontes einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. [...] Aus diesen Überlegungen leitet sich die Notwendigkeit ab, bei der Frage der wirtschaftlichen Vertretbarkeit einer Anforderungsformulierung auf einen überschaubaren zeitlichen Horizont abzuheben. Dies gilt umso mehr, als die Akzeptanz der Anforderungen im Markt für eine hohe Umsetzungsquote für die Erreichung der o. g. Ziele von deutlich größerer Bedeutung ist als das erreichbare Niveau selbst.“

A.3 Kostenoptimalität nach europäischem Recht

A.3.1 Wesentliche Rechtsgrundlagen

Im europäischen Recht ist die EU-Gebäuderichtlinie 2010/31/EU⁴⁶ (EPBD) für die Mindestvorgaben für die Energieeffizienz entscheidend. Art. 4 Abs. 1 Unterabs. 1 der EPBD gibt den Mitgliedstaaten auf, sich bei Festlegung ihrer Anforderungen zur Gesamtenergieeffizienz an „kostenoptimalen Niveaus“ zu orientieren. Die Vorschrift lautet in der deutschen Sprachfassung:

„Die Mitgliedstaaten ergreifen die erforderlichen Maßnahmen, um sicherzustellen, dass im Hinblick auf die Erreichung kostenoptimaler Niveaus Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden oder Gebäudeteilen festgelegt werden. [...]“

In der englischen Fassung des Richtlinien textes heißt es:

“[...] shall take the necessary measures to ensure that minimum energy performance requirements [...] are set with a view to achieving cost-optimal levels”.

Im 10. Erwägungsgrund der EPBD wird erläuternd ausgeführt:

„Es ist ausschließlich Sache der Mitgliedstaaten, Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz [...] festzulegen. Diese Anforderungen sollten so gewählt werden, dass ein kostenoptimales Verhältnis zwischen den zu tätigen Investitionen und den über die Lebensdauer des Gebäudes eingesparten Energiekosten erreicht wird, und zwar unbeschadet des Rechts der Mitgliedstaaten, Mindestanforderungen festzulegen, die größere Energieeffizienz bewirken als kostenoptimale Energieeffizienzniveaus. [...]“

Begrenzend heißt es in Art. 4 Abs. 1 Unterabs. 5 EPBD, dass ein

⁴⁶ Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, ABl. L 153 vom 18.6.2010, S. 13; geändert durch Richtlinie (EU) 2018/844 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 zur Änderung der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und der Richtlinie 2012/27/EU über Energieeffizienz, ABl. L 156 vom 19.6.2018, S. 75.

„Mitgliedstaat [...] nicht verpflichtet“ (ist), „Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz festzulegen, die über die geschätzte wirtschaftliche Lebensdauer nicht kosteneffizient sind“.

Als „kostenoptimales Niveau“ definiert Art. 2 Nr. 14 EPBD das

„Gesamtenergieeffizienzniveau, das während der geschätzten wirtschaftlichen Lebensdauer mit den niedrigsten Kosten verbunden ist, wobei

- a) die niedrigsten Kosten unter Berücksichtigung der energiebezogenen Investitionskosten, der Instandhaltungs- und Betriebskosten (einschließlich der Energiekosten und -einsparungen, der betreffenden Gebäudekategorie und gegebenenfalls der Einnahmen aus der Energieerzeugung) sowie gegebenenfalls der Entsorgungskosten ermittelt werden und
- b) die geschätzte wirtschaftliche Lebensdauer von jedem Mitgliedstaat bestimmt wird. Sie bezieht sich auf die geschätzte wirtschaftliche Restlebensdauer eines Gebäudes, wenn Gesamtenergieeffizienzanforderungen für das Gebäude insgesamt festgelegt werden, oder auf die geschätzte wirtschaftliche Lebensdauer einer Gebäudekomponente, wenn Gesamtenergieeffizienzanforderungen für Gebäudekomponenten festgelegt werden,

Das kostenoptimale Niveau liegt in dem Bereich der Gesamtenergieeffizienzniveaus, in denen die über die geschätzte wirtschaftliche Lebensdauer berechnete Kosten-Nutzen-Analyse positiv ausfällt;“

Hinsichtlich der Methodik zur Ermittlung der kostenoptimalen Niveaus ist die Delegierte Verordnung (EU) Nr. 244/2012 der Europäischen Kommission⁴⁷ maßgebend.

Ermächtigungsgrundlage für diese Delegierte Verordnung ist Art. 5 Abs. 1 EPBD. Dieser bestimmt in seinem ersten Satz:

„Die Kommission erstellt mittels delegierter Rechtsakte gemäß den Artikeln 23, 24 und 25 bis zum 30. Juni 2011 einen Rahmen für eine Vergleichsmethode zur Berechnung kostenoptimaler Niveaus von Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und Gebäudekomponenten.“

In Erwägungsgrund (14) der EPBD heißt es dazu erläuternd:

„Die Kommission sollte einen Rahmen für Vergleichsmethoden zur Berechnung kostenoptimaler Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz bestimmen. Die Mitgliedstaaten sollten anhand dieses Rahmens die Ergebnisse mit den von ihnen festgelegten Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz vergleichen. Sollten nennenswerte Diskrepanzen (d.h. mehr als 15 %) zwischen den berechneten kostenoptimalen Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz und den geltenden Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz zu verzeichnen sein, so sollten die Mitgliedstaaten die Abweichungen begründen oder geeignete Maßnahmen zur Verringerung der Diskrepanzen vorsehen. [...]“

Art. 3 Abs. 1 der Delegierten Verordnung (EU) Nr. 244/2012 schreibt den Mitgliedstaaten vor, die Kostenoptimalitätsrechnungen aus makroökonomischer und finanzieller/mikroökonomischer Perspektive vorzunehmen. Die beiden Perspektiven entsprechen einer betriebs- und volkswirtschaftlichen Betrachtungsweise. Die Mitgliedstaaten entscheiden für sich, auf Grundlage welcher dieser beiden Perspektiven die nationalen

⁴⁷ Delegierte Verordnung (EU) Nr. 244/2012 der Europäischen Kommission vom 16. Januar 2012 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden durch die Schaffung eines Rahmens für eine Vergleichsmethode zur Berechnung kostenoptimaler Niveaus von Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und Gebäudekomponenten, ABl. Nr. L 81 S. 18, ber. ABl. Nr. L 250 S. 20.

Mindestanforderungen an die Gebäudeeffizienz beurteilt werden. Deutschland hat sich mit § 5 Abs. 1 EnEG praktisch für die finanzielle Methode entschieden.

Gemäß Art. 9 Abs. 1 Unterabs. 1 a) EPBD sind die Mitgliedstaaten außerdem verpflichtet zu gewährleisten, dass bis 31. Dezember 2020 alle neuen Gebäude Niedrigstenergiegebäude sind. Niedrigstenergiegebäude ist gemäß Art. 2 Nr. 2 EPBD

„ein Gebäude, das eine sehr hohe, nach Anhang I bestimmte Gesamtenergieeffizienz aufweist. Der fast bei Null liegende oder sehr geringe Energiebedarf sollte zu einem ganz wesentlichen Teil durch Energie aus erneuerbaren Quellen — einschließlich Energie aus erneuerbaren Quellen, die am Standort oder in der Nähe erzeugt wird — gedeckt werden“.

A.3.2 Auslegung der europäischen Vorgaben an die Kostenoptimalität

Inhalt der Kostenoptimalitätsvorgabe aus rechtlicher Sicht

Die Kostenoptimalitätsvorgabe wird in der EPBD in zwei Funktionen verwandt. Zum einen bildet sie nach Maßgabe von Art. 5 EPBD die Grundlage für die Schaffung der in der Delegierten Verordnung (EU) Nr. 244/2012 durch die EU-Kommission konkretisierten Vergleichsmethode zwischen den Anforderungsniveaus der Mitgliedstaaten. Zum anderen bringt Art. 4 Abs. 1 EPBD zum Ausdruck, dass die Kostenoptimalität als Orientierungsvorgabe bei der Festlegung von Effizienzniveaus auf nationaler Ebene berücksichtigt werden soll.

Die Forderung nach Orientierung an der Kostenoptimalität ist nicht so zu verstehen, dass sie dazu verpflichten würde, exakt ein bestimmtes – das „optimale“ – Anforderungsniveau zu treffen. Im Wortlaut von Art. 4 Abs. 1 EPBD kommt das darin zum Ausdruck, dass nur eine Festlegung „im Hinblick auf“ (bzw. „with a view to“) die Erreichung kostenoptimaler „Niveaus“ (Mehrzahl!) gefordert wird. Auch in den Erwägungsgründen der EPBD wird deutlich, dass die Kostenoptimalität lediglich als Orientierungsgröße zu verstehen ist. So heißt es in Erwägungsgrund (10), die Anforderungen „sollten“ (englisch „should“) so gewählt werden, dass ein kostenoptimales Verhältnis erreicht wird. Grundsätzlich bleibt die Festlegung des Anforderungsniveaus eine Angelegenheit der Mitgliedstaaten. Aus Erwägungsgrund (14) ergibt sich ferner, dass Abweichungen von bis zu 15 % als unerheblich zu erachten sind.

Begrifflich zu unterscheiden ist dabei zwischen „Kostenoptimalität“ und „Kosteneffizienz“. Während als kosteneffizient sämtliche Maßnahmen/Niveaus zu verstehen sind, bei denen sich ein positives Kosten-Nutzen-Verhältnis ergibt, wird mit dem Terminus „kostenoptimal“ das Niveau umschrieben, das „während der geschätzten wirtschaftlichen Lebensdauer mit den niedrigsten Kosten verbunden ist“ (Art. 2 Nr. 14 EPBD).

Aus dem Zusammenspiel der oben zitierten Vorschriften ist zu folgern, dass sich die nationalen Anforderungen innerhalb des Bereichs kosteneffizienter energetischer Maßnahmen bewegen und dabei möglichst an einem optimalen Kosten-Einsparungsverhältnis orientieren sollen – wobei den Mitgliedstaaten ausdrücklich frei gestellt wird, höhere Anforderungen zur Energieeffizienz festzulegen (vgl. Erwägungsgrund 10).

Die Rahmenvorgaben zur Berechnung der Kostenoptimalität sind in der Delegierten Verordnung (EU) Nr. 244/2012 im Einzelnen festgelegt (siehe dort insb. Anhang I). Aus ihnen geht u.a. hervor, welche Amortisationszeiten anzulegen und dass die Restwerte auf bestimmte Weise zu berücksichtigen sind. Grundlage der Kostenoptimalitätsbetrachtung ist eine Berechnung der Kosteneffizienz, d.h. des Verhältnisses zwischen den zu tätigenden Investitionen und den über die Lebensdauer des Gebäudes, die von den Mitgliedstaaten selbst festgelegt wird (siehe

Delegierten Verordnung (EU) 244/2012 Anhang I Nr. 9), eingesparten Energiekosten. Ein Vergleich zwischen der Wirtschaftlichkeit etwaiger neuer gegenüber zuvor geltenden Anforderungsniveaus ist hierbei nicht vorgesehen.

Vorgaben an die Berechnungsmethodik

Die Methodik zur Ermittlung der kostenoptimalen Niveaus wird durch die Leitlinien zur Flankierung des Rahmens für eine Vergleichsmethode⁴⁸ konkretisiert.

Die Berechnung der Kostenoptimalität basiert auf der Kapitalwertmethode. Kostenseitig werden dabei die Investitionskosten (ggf. inkl. Ersatzinvestitionen sowie sich ergebender Restwerte jenseits des Betrachtungszeitraums), die Energie-, Wartungs- und Instandhaltungskosten sowie ggf. auch Entsorgungskosten erfasst. Die Kostendaten müssen marktgestützt erhoben werden (z.B. auf Grundlage der Bewertung jüngerer Bauprojekte, der Analyse von Standardangeboten von Bauunternehmen oder der Nutzung bestehender Kostendatenbanken) und in Bezug auf Ort und Zeit kohärent sein. Die Berechnungen sind für verschiedene Modellgebäude durchzuführen.

In Hinblick auf die zeitliche Entwicklung der Kostenkomponenten sollen im Rahmen der Kostenoptimalitätsrechnungen mit Ausnahme der Energiekosten und der Ersatzinvestitionen keine realen Kostensteigerungen oder -senkungen berücksichtigt werden. Dies bedeutet, dass bei den anderen Kostenkategorien (v.a. Wartungs- und Instandhaltungskosten) davon ausgegangen wird, dass die Preisentwicklung der Gesamtinflationsrate entspricht.

In der makroökonomischen Perspektive werden Steuern, Abgaben und mögliche Subventionen nicht berücksichtigt, während die Kosten von Treibhausgasemissionen (CO₂-Zertifikate, CO₂-Steuern) mit einbezogen werden. Es steht den Mitgliedstaaten auch frei, die Kategorie der Treibhausgasemissionen auszuweiten, so dass nicht nur CO₂-Emissionen erfasst werden, sondern eine breitere Palette an Umweltschadstoffen berücksichtigt wird,

Als Betrachtungszeitraum gibt die Delegierte Verordnung für Wohngebäude und öffentliche Gebäude einen Zeitraum von 30 Jahren und für gewerbliche Gebäude/Nichtwohngebäude einen Zeitraum von 20 Jahren vor.

Ferner müssen Sensitivitäten in Hinblick auf den verwendeten Zinssatz sowie für unterschiedliche Energiepreisszenarios berechnet werden.

Für jedes Modellgebäude werden unterschiedliche Maßnahmen/Maßnahmenbündel/Varianten kostenseitig betrachtet. Darauf aufbauend können für jedes Modellgebäude Diagramme gezeichnet werden, die den spezifischen Primärenergieverbrauch den Kapitalwerten der verschiedenen Maßnahmenoptionen gegenüberstellen. Im Idealfall entsteht daraus eine Kostenkurve mit einem klar ausgeprägten Minimum, welches das kostenoptimale Niveau darstellt (vgl. Abbildung 13). Das kostenoptimale Niveau ist dabei derjenige energetische Gebäudestandard, der den geringsten Kapitalwert aufweist.

Die in den Mitgliedstaaten geltenden Anforderungen sind mit dem berechneten kostenoptimalen Niveau zu vergleichen. Dabei gelten folgende Regeln:

- Sollten sich im Rahmen der Kostenoptimalitätsrechnungen für verschiedene Energieeffizienzniveaus die gleichen Kapitalwerte ergeben, sind die Mitgliedstaaten

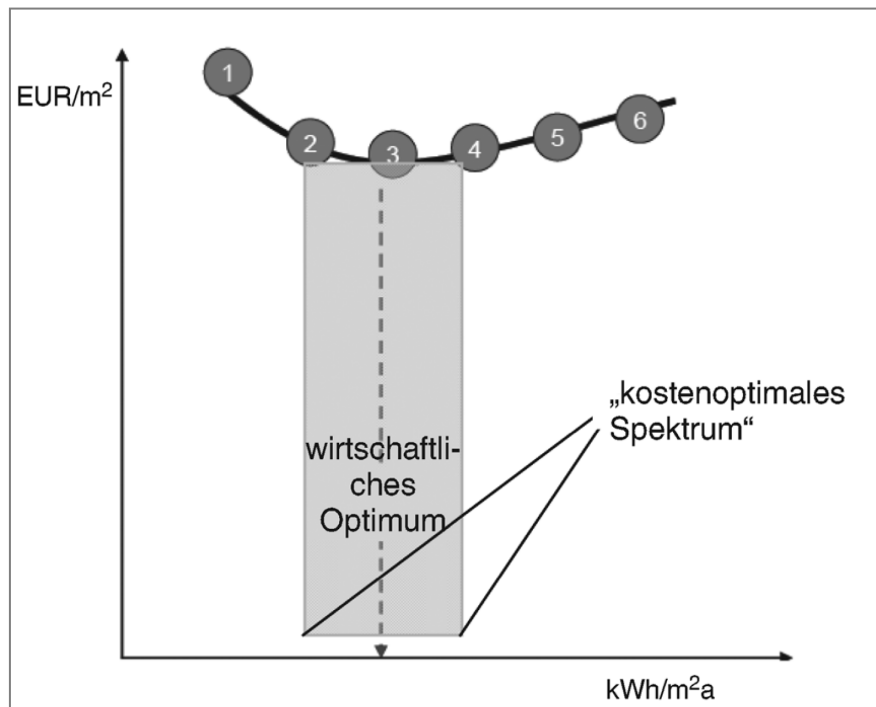
⁴⁸ Leitlinien zur delegierten Verordnung (EU) Nr. 244/2012 der Kommission vom 16. Januar 2012 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden durch die Schaffung eines Rahmens für eine Vergleichsmethode zur Berechnung kostenoptimaler Niveaus von Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und Gebäudekomponenten (2012/C 115/01), ABl. C 115 vom 19.4.2012, S. 1.

angehalten, zum Vergleich den Standard heranzuziehen, der den niedrigsten spezifischen Primärenergiekennwert aufweist.

- Weicht das geltende Anforderungsniveau um mehr als 15 % von dem berechneten kostenoptimalen Niveau ab, müssen die Mitgliedstaaten die Abweichungen begründen oder geeignete Maßnahmen zur Verringerung der Diskrepanzen vorsehen (Erwägungsgrund 14 der Gebäude-Richtlinie).

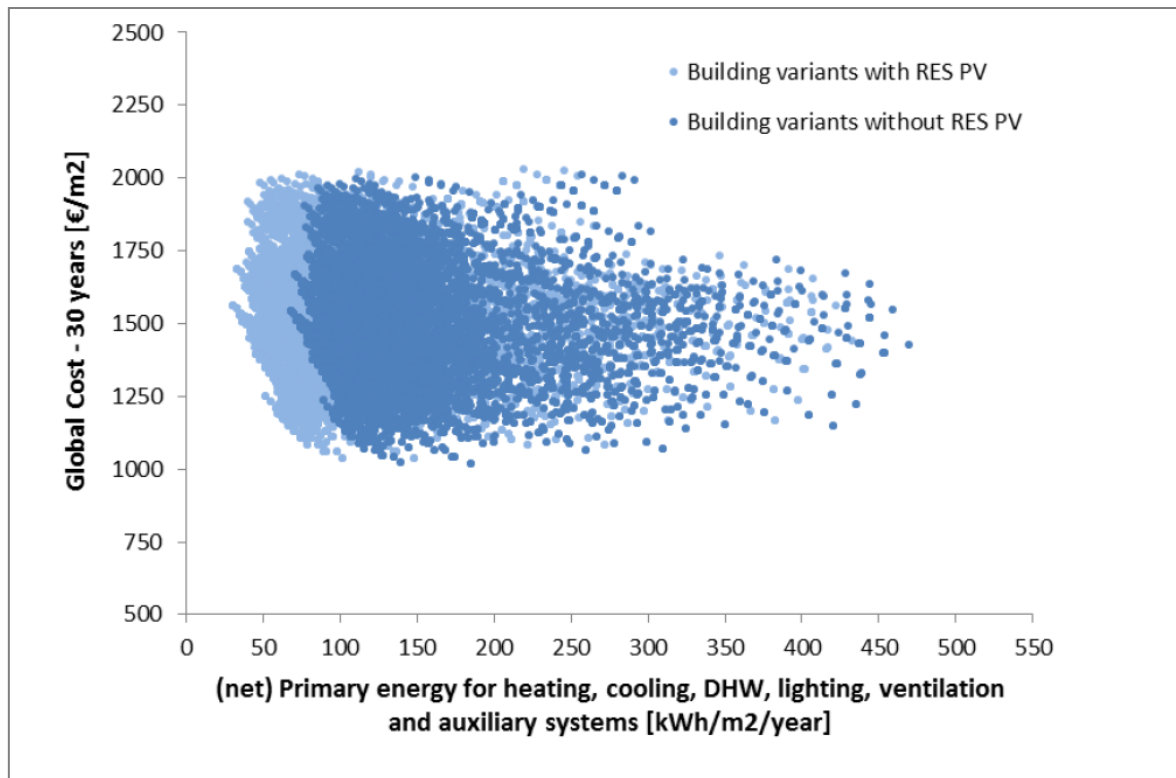
Der erste Punkt ist von besonderer Bedeutung, da die berechneten Kostenkurven anstelle eines ausgeprägten Minimums im unteren Bereich einen sehr flachen Verlauf ausweisen (vgl. Abbildung 14 für ein EFH mit/ohne PV-Anlage, Standort Berlin, mikroökonomische Perspektive).

Abbildung 13: Idealisierte Kostenoptimalitätskurve



Beschreibung: x-Achse: kWh Primärenergie/m²Nutzfläche/Jahr; y-Achse: Gesamtkosten in EUR/m²Nutzfläche.
Quelle: Leitlinien zur delegierten Verordnung (EU) Nr. 244/2012.

Abbildung 14: Punktwolke: Kostenoptimalitätsergebnisse für ein EFH (Neubau) mit/ohne PV-Anlage, mikroökonomische Perspektive (Standort Berlin)



Jeder Punkt steht für eine Kombination aus einer bestimmten baulichen Variante kombiniert mit einer bestimmten Versorgungstechnik.

Quelle: (Politecnico di Milano, ItalyF 2014).

A.3.3 Verhältnis des Niedrigstenergiestandards zur Kostenoptimalitätsorientierung

Der Niedrigstenergiestandard ist von den Mitgliedstaaten auf Grundlage der – in sich allerdings relativ unscharf formulierten – Definition in Art. 2 Nr. 2 EPBD auf die jeweils spezifischen Landesverhältnisse hin selbst zu konkretisieren.

Die Forderung nach einem Niedrigstenergiestandard für Neubauten ab Ende 2020 steht in einem gewissen Spannungsverhältnis zur Kostenoptimalitätsorientierung und zum Maßstab der Kosteneffizienz. Denn es ist denkbar, dass das Erreichen eines Niedrigstenergiestandards unter Umständen Aufwendungen erfordert, die außerhalb der Spannbreite kostenoptimaler oder kosteneffizienter Maßnahmen liegen. Von daher fragt sich, in welchem Verhältnis die Vorgaben und Maßstäbe zueinanderstehen.

Nach Hinweisen von am Entstehungsprozess der Richtlinie auf deutscher Seite Beteiligten soll es über diese Frage im Rahmen der Aushandlung des Richtlinienentwurfs zur EPBD unterschiedliche Sichtweisen gegeben haben. Zitierfähige Dokumente aus dem legislativen Verfahren liegen den Projektnehmern dazu allerdings nicht vor. Offenbar hat der legislative Prozess insoweit nicht zu einer im Ergebnis eindeutigen Klärung für den Richtlinienentwurf geführt.

Gut denkbar ist eine Interpretation, nach der der Niedrigstenergiestandard von den Mitgliedstaaten unter einen Vorbehalt der (zumindest weitgehenden) *Kosteneffizienz* gestellt werden kann, also eines für den Regelfall anzunehmenden positiven Kosten-Nutzenverhältnisses zwischen den investiven Aufwendungen und den über die Lebensdauer zu erwartenden Energiekosteneinsparungen, vgl. Art. 4 Abs. 1 UAbs. 5 EPBD. Dies dürfte mit Art. 9

Abs. 6 EPBD in Einklang zu bringen sein, der seinerseits zum Ausdruck bringt, dass jedenfalls in Fällen erheblicher negativer Kosten-Nutzen-Bilanz Abweichungen vom Niedrigstenergiestandard vorgesehen werden können.

Hingewiesen sei aber darauf, dass sich die Rechtslage nach hiesiger Einschätzung insoweit insgesamt als relativ ungesichert darstellt und sich unter Berücksichtigung geeigneter Dokumente aus dem legislativen Verfahren zur EPBD 2010 möglicherweise Akzentverschiebungen ergeben könnten.

A.3.4 Umsetzung der Kostenoptimalitätsanforderungen in Deutschland

4.3.2.1 Berücksichtigung im deutschen Recht, Verhältnis zu § 5 Abs. 1 EnEG

Die deutschen Vorschriften bringen die Vorgabe zur Orientierung an der Kostenoptimalität selbst nicht zum Ausdruck. Durch § 5 Abs. 1 EnEG wird der Verordnungsgeber nicht explizit aufgefordert und/oder ermächtigt, das Anforderungsniveau am Ziel der Kostenoptimalität auszurichten.

§ 5 Abs. 1 EnEG steht zu den betreffenden Vorgaben der EPBD jedoch auch nicht im Widerspruch. Denn aus dem EnEG ergibt sich nur, dass der Kostenaufwand zur Erfüllung der energetischen Anforderungen generell nicht über dem finanziellen Energieeinsparungsnutzen liegen darf. Der Sache nach spricht § 5 Abs. 1 EnEG damit nicht anderes aus als Art. 4 Abs. 1 Unterabs. 5 EPBD, welcher bestimmt, dass ein „Mitgliedstaat [...] nicht verpflichtet“ (ist), „Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz festzulegen, die über die geschätzte wirtschaftliche Lebensdauer nicht kosteneffizient sind“.

Das deutsche Recht lässt somit inhaltlich genügend Spielraum, um der Forderung nach Orientierung an der Kostenoptimalität der Sache nach Genüge zu tun.

4.3.2.2 Praktische Umsetzung in Deutschland

Ein Abgleich der Anforderungen der EnEV mit den Anforderungen der seitens der Gebäude-Richtlinie geforderten Kostenoptimalitätsanforderungen wurde erstmals durch Ecofys (2013) vorgenommen. Im Zuge der Diskussion über die Einführung eines Gebäude-Energie-Gesetzes wurden die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen hinsichtlich des Wirtschaftlichkeitsgebots des EnEG (s.o.) um die Kostenoptimalitätsbetrachtungen gem. EU-Anforderungen ergänzt (Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH und Maas 2017). Die Berechnungen Gesamtkosten basieren auf der Kapitalwertmethode und es werden identische Kostenansätze verwendet. Berechnet werden für verschiedene Modellgebäude die Kapitalwerte verschiedener Auslegungsvarianten (bezogen auf den Wärmeschutz der Gebäudehülle und die Versorgungstechniken). Diese werden ins Verhältnis gesetzt zu einer Referenzvariante, die dem Anforderungsniveau der EnEV 2014 entspricht. Bei den Modellgebäuden handelt es sich um

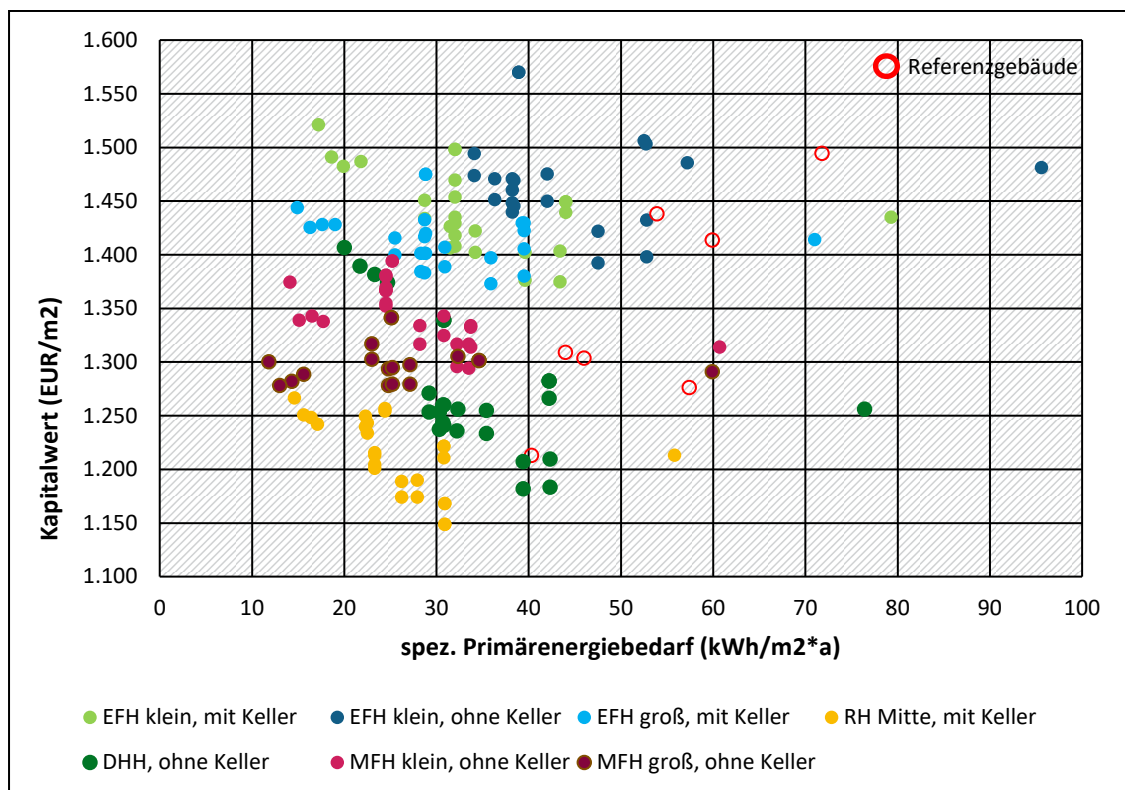
- Wohngebäude: EFH klein mit/ohne Keller, EFH groß mit Keller, Doppelhaushälfte ohne Keller, Reihemittelhaus mit Keller, MFH klein/groß ohne Keller
- Nichtwohngebäude: Büro klein/groß, Kita, Schule, Hotel groß, Verbrauchermarkt, Fertigungshalle zentrale/dezentrale Wärmeversorgung

Hinsichtlich des Abgleichs des kostenoptimalen Niveaus mit dem durch die EnEV 2014 geforderten Mindestanforderungen leiten Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH und Maas (2017) ab, dass bei der mikroökonomischen Betrachtung mit Ausnahme des Hotels und des kleinen MFH im Energiepreisszenario „1 Prozent“ für alle untersuchten Varianten das

kostenoptimale Niveau deutlich mehr als 15% über den Anforderungen der EnEV 2014 liegt, das kostenoptimale Niveau also bei deutlich strengeren Anforderungen liegt. Für Wohngebäude gilt dies auch in der makroökonomischen Betrachtung (Ausnahme großes MFH), wohingegen sich bei den Nichtwohngebäuden ein heterogenes Bild ergibt.

Dieses Ergebnis wird durch Abbildung 15 veranschaulicht. In der Abbildung werden für die verschiedenen Modell-Wohngebäude für verschiedene energetische Standards die jeweiligen Kapitalwerte in der mikroökonomischen Betrachtungsweise dargestellt. Die rot umrandeten datenpunkte repräsentieren das jeweilige Referenzgebäude, also das jeweilige Modellgebäude gebaut in der Referenzgebäudeausführung der EnEV 2014. Die Abbildung zeigt deutlich, dass es für jedes Modellgebäude eine Reihe von Ausführungsvarianten gibt, die energetisch anspruchsvoller sind (niedrigerer spezifischer Primärenergiebedarf) und gleichzeitig einen niedrigeren Kapitalwert aufweisen (also „kostenoptimaler“ sind).

Abbildung 15: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsbetrachtung für Wohngebäude (mikroökonomische Betrachtung)



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH und Maas (2017).

A.4 Berechnungstool zur Betrachtung von Wirtschaftlichkeitskenngrößen

Basierend auf der in den vorherigen Abschnitten dargestellten Rechenmethodik wurde ein Excel-Tool erstellt, mit dem die wirtschaftlichen Kenngrößen (Kapitalwerte, Amortisationszeiten) unter Berücksichtigung verschiedener Input-Parameter ermittelt und graphisch dargestellt werden können.

Die Berechnungen werden anhand eines beispielhaften Typgebäudes für den Sanierungsfall „Außenwandsanierung“ dargestellt. Bei dem Typgebäude handelt es sich um ein Einfamilienhaus aus der Baualtersklasse 1949-1957 mit einer Gebäudenutzfläche von 122 m² Erdgas als primären Wärmeerzeuger. Die Berechnungen werden für verschiedene Sanierungsoptionen

durchgeführt, die von einer reinen Instandhaltung bis zu einer ambitionierten energetischen Modernisierung reichen. Das Ambitionsniveau der Sanierungsoptionen ist gekennzeichnet durch den Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert), wobei niedrige U-Werte einer ambitionierteren Sanierung entsprechen.

Im vorliegenden Abschnitt werden zunächst die Ziele und Anwendungen des Berechnungstools skizziert (Abschnitt A.4.1) und die Rechenmethodik (Abschnitt A.4.2) sowie die relevanten Inputgrößen (Abschnitt A.4.3) werden beschrieben. In Abschnitt A.5 wird mit Hilfe des Tools untersucht, wie sich mögliche Reformoptionen auf die Wirtschaftlichkeitsberechnung auswirken. In Abschnitt A.6 werden Schlussforderungen abgeleitet.

A.4.1 Ziele und Anwendung

Das Berechnungstool bildet die Grundlage für die Analyse von Sensitivitäten sowie Reformoptionen, die sich auf die Rechenmethodik und/oder die Inputparameter auswirken. Dabei die folgenden beiden Elemente betrachtet:

- ▶ **CO₂-Bepreisung:** Vor dem Hintergrund der im Rahmen des BEHG eingeführten CO₂-Bepreisung für die Sektoren Verkehr und Wärme wird der Einfluss verschiedener CO₂-Preisfade auf die Wirtschaftlichkeitskenngrößen untersucht.
- ▶ **Förderung für energetische Sanierungsmaßnahmen:** Im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) werden Sanierungsmaßnahmen gefördert, deren Ambitionsniveau über die gesetzlichen Mindeststandards hinausgeht. Bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeitskenngrößen für den Nachweis der Wirtschaftlichkeit nach EnEG (siehe Kapitel A.2.3) sowie für die Kostenoptimalitätsrechnungen nach EU Recht (siehe Kapitel A.3) werden die Förderprogramme nicht in die Rechnung einbezogen. Mit Hilfe des Berechnungstools werden die Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeitskenngrößen unter Berücksichtigung verschiedener Fördersystematiken betrachtet (siehe Abschnitt A.5.3).

A.4.2 Rechenmethodik

Die Gesamtkosten berechnen sich gemäß der Delegierten Verordnung (EU) Nr. 244/2012 nach folgender Gleichung.

$$C_g(\tau) = C_I + \sum_{i=1}^{\tau} (C_{a,i} \times R_d(i)) - V_{f,\tau}$$

mit:

τ : Berechnungszeitraum

$C_g(\tau)$: Gesamtkosten (bezogen auf das Anfangsjahr τ_0) über den Berechnungszeitraum.

C_I : Anfangsinvestitionskosten für die Maßnahme.

$C_{a,i}$: jährliche Kosten im Jahr i für die Maßnahme

$V_{f,\tau}$: Restwert der Maßnahme oder Maßnahmenreihe j am Ende des Berechnungszeitraums (abgezinst auf das Anfangsjahr)

$R_d(i)$: Abzinsungsfaktor für das Jahr i auf der Grundlage des Abzinsungssatzes r nach folgender Berechnung:

$$R_d(p) = \left(\frac{1}{1 + r/100} \right)^p$$

Dabei bezeichnet p die Anzahl der Jahre ab dem Anfangszeitraum und r den realen Abzinsungssatz.

A.4.3 Inputgrößen für die Wirtschaftlichkeitsrechnung

Die relevanten Inputgrößen für die Berechnung der Gesamtkosten $C_g(\tau)$ werden in Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 11: Übersicht der Inputgrößen für die Wirtschaftlichkeitsrechnung

Inputgröße	Beschreibung und Datengrundlage
Energiepreise	Die Endverbraucherpreise für Energieträger für das Jahr 2018 werden den BMWi Energiedaten entnommen ⁴⁹ . Für die Differenzierung nach Preisbestandteilen werden Daten der Bundesnetzagentur zu Grunde gelegt ⁵⁰ .
Energiepreisentwicklungen	Für die Energiepreisentwicklungen werden verschiedene Szenarien betrachtet. Gemäß den Berechnungen der Bundesregierung die drei Preisszenarien „1 Prozent“, „Bundesregierung“, „EU“ verwendet (Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH und Maas 2017).
Baukosten	Zur Abschätzung der Baukosten wird die Studie (Hinz 2015) zu Grunde gelegt, in der die Vollkosten und die energiebedingten Mehrkosten für Maßnahmen zur energietechnischen Modernisierung von Wohngebäuden im Bestand auf Basis abgerechneter Bauvorhaben erhoben wurden. Die Studie weist die Kosten für die Dämmung von Bauteilen in Abhängigkeit der Dämmdicke aus, für die Umrechnung in U-Werte wurden die Angaben aus (Gesellschaft Energietechnik 2007; OPTIMUS) verwendet.
Lebensdauer	Für die Lebensdauern der Bauteile werden die Angaben aus VDI 2067 Blatt1 verwendet. Für das Wärmedämmverbundsystem an der Außenwand beträgt die dort festgeschriebene Lebensdauer 40 Jahre.
Betrachtungszeitraum	Als Betrachtungszeitraum wird der für Wohngebäude festgelegte Zeitraum von 30 Jahren gewählt.
Restwert	Der Restwert wird gemäß der Delegierten Verordnung (EU) Nr. 244/2012 ermittelt durch lineare Abschreibung der Anfangsinvestitions- oder Wiederbeschaffungskosten bis zum Ende des Berechnungszeitraums, abgezinst auf den Beginn des Berechnungszeitraums.
Kalkulationszinssatz	In Anlehnung an die jeweils aktuellsten Berechnungen der Kostenoptimalität im Rahmen der Gebäuderichtlinie sowie der wissenschaftlichen Untersuchungen zur der aktuellen Novellierung des nationalen Gebäudeenergierechts wird ein Zinssatz von 0% angesetzt.

⁴⁹ <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/energiedaten-gesamtausgabe.html>.

⁵⁰ <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Verbraucher/PreiseRechnTarife/preiseundRechnungen-node.html>.

Förderung	Die bestehenden Förderprogramme für energetische Sanierungsmaßnahmen werden in den Berechnungen zur Kostenoptimalität im Rahmen der Gebäuderichtlinie sowie zum nationalen Gebäudeenergierecht nicht berücksichtigt.
CO ₂ -Preise	CO ₂ -Preise wurden bisher nur in den Berechnungen zur Kostenoptimalität im Rahmen der Gebäuderichtlinie unter der makroökonomischen Perspektive berücksichtigt. Dort wurden die in der Delegierten Verordnung (EU) Nr. 244/2012 festgelegten Preise verwendet.
CO ₂ -Faktoren	Die CO ₂ -Emissionsfaktoren werden analog zum Vorgehen in Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH und Maas (2017) für Erdgas zu 224 g/kWh angesetzt.

Quelle: Öko-Institut basierend auf Prof. Dr. Hauser GmbH und Maas (2017).

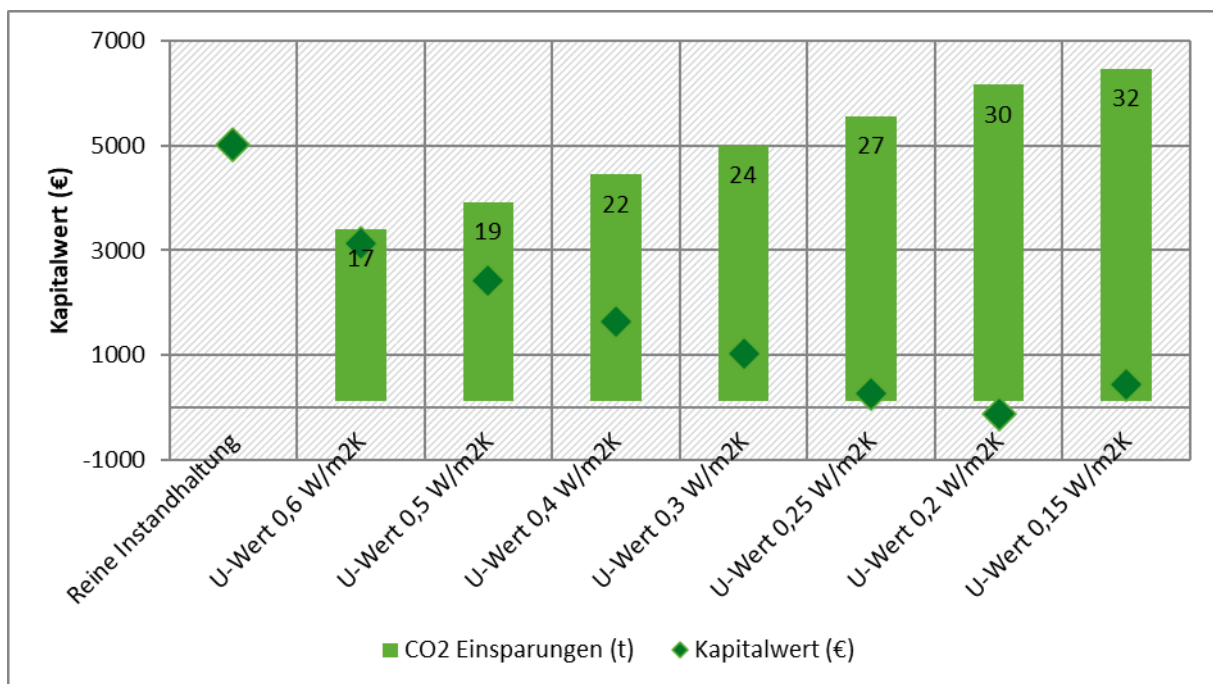
A.5 Untersuchung der Auswirkungen von Reformoptionen

A.5.1 Ausgangslage

Zur Darstellung der Ausgangslage werden zunächst die Kapitalwerte sowie die CO₂-Einsparungen der verschiedenen Sanierungsoptionen einer Außenwand betrachtet (Abbildung 17). Bei der Berechnung des Kapitalwertes werden Ausgaben positiv und Einnahmen negativ betrachtet, d.h. mit sinkendem Kapitalwert steigert sich die Wirtschaftlichkeit der Investition. Dabei wird deutlich, dass der Kapitalwert mit steigendem Ambitionsniveau der Maßnahme (d.h. mit sinkendem U-Wert) zunächst sinkt. Dies bedeutet, dass die Maßnahmen durch die höheren Energiekosteneinsparungen zunächst wirtschaftlicher werden. Da der Grenznutzen mit sinkendem U-Wert (bzw. mit zunehmender Dicke der Dämmung) sinkt, erhöht sich der Kapitalwert nach Erreichen des „Kostenoptimums“ bei niedrigen U-Werten wieder. Wirtschaftlich attraktiv ist die Energieeinsparmaßnahme, die einen möglichst niedrigen, negativen Kapitalwert aufweist.

In den folgenden Abschnitten wird untersucht, wie sich die Änderung der Rahmenparameter (CO₂-Preise und Fördermittel) auf die Verteilung der Kapitalwerte und auf das Kostenoptimum auswirkt. Berechnet wird jeweils der Kapitalwert der Effizienzinvestition, d.h. als Nutzen gehen die eingesparten Energiekosten ein, während die absoluten Energiekosten nicht in den Berechnungen berücksichtigt werden. D.h. die Position ‚CO₂-Preiskosten‘ für das Gebäude hängt zwar von der Höhe des CO₂-Preises ab, sie fließt aber nicht in die Kapitalwertbildung mit ein, da diese neben den Investitionskosten allein auf die eingesparten Energiekosten abstellt.

Abbildung 16: Kapitalwerte und CO₂ Einsparungen für verschiedene Sanierungsoptionen



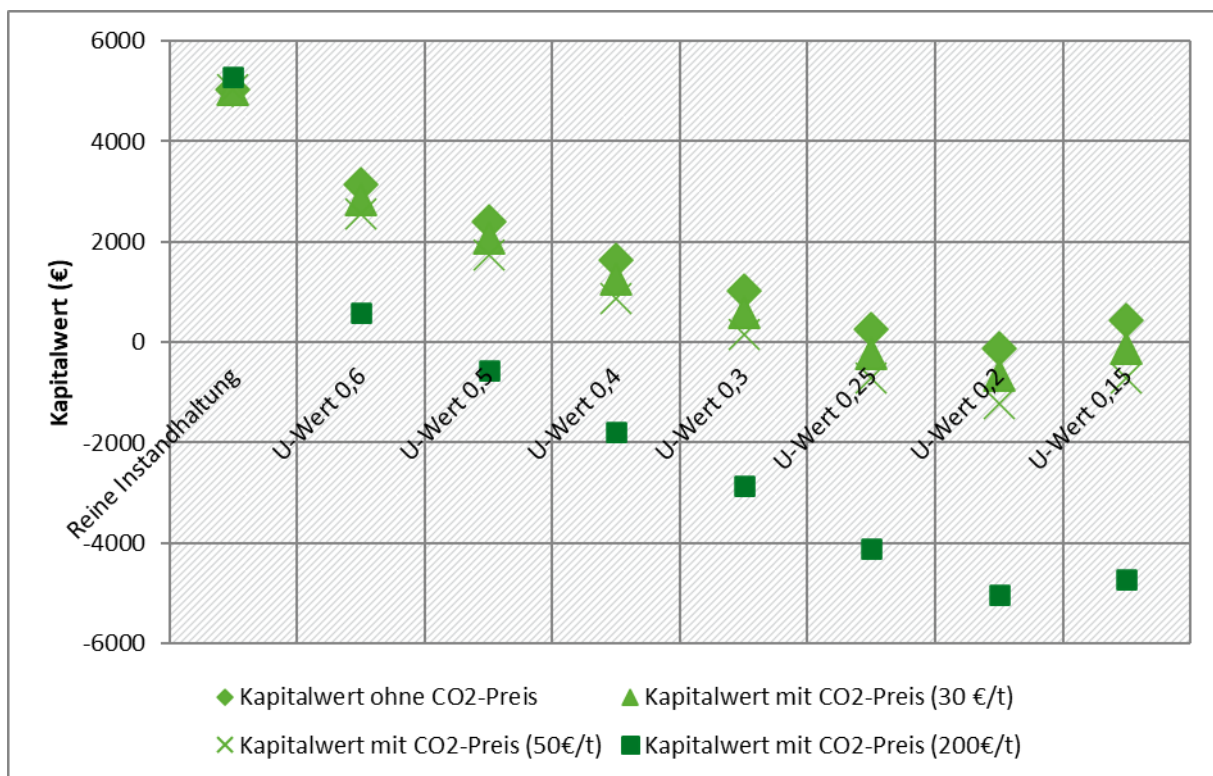
Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut.

A.5.2 CO₂-Bepreisung

Bei Einführung einer CO₂-Bepreisung werden zusätzlich zu den Energiekosteneinsparungen CO₂-Kosten eingespart. Abbildung 17 zeigt, dass sich unter Berücksichtigung einer CO₂-Bepreisung somit die Kapitalwerte für alle Sanierungsoptionen verringern. Während sich bei CO₂-Preisen von 30 €/t und 50 €/t nur eine leichte Verschiebung ergibt, ist diese bei einem CO₂-Preis von 200€/t sehr deutlich.

Abbildung 17 zeigt zudem, dass selbst bei einem CO₂-Preis von 200 €/t das Optimum nicht deutlich verschiebt, d.h. es kommt zu keiner deutlichen Verschiebung der Wirtschaftlichkeit zwischen den Varianten. Folgt man der (im GEG beschriebenen) Betrachtungsweise, dass das Wirtschaftlichkeitsgebot nur solche Mindeststandards ausschließt, bei denen die Investition nicht in der Lebensdauer der Maßnahme erwirtschaftet werden können, so können mit steigendem CO₂-Preis deutlich ambitioniertere Standards gesetzt werden. Dies lässt sich in der beispielhaften n Darstellung in Abbildung 17 daran ablesen, dass das Ambitionsniveau sich aus dem Punkt ergibt, an dem die jeweilige Kurve die x-Achse schneidet. Dieser liegt bei hohen CO₂-Preisen deutlich weiter rechts, d.h. bei deutlich höheren Ambitionsniveaus. Folgt man hingegen der Auslegung, dass eine Steigerung des Mindeststandards *im Vergleich zum bestehenden Standard* wirtschaftlich sein muss, führt die CO₂-Bepreisung nur zu einer sehr geringen Verschiebung des Standards hin zu ambitionierteren Niveaus. Dies lässt sich in Abbildung 17 daraus ablesen, dass sich das Kostenminimum nur geringfügig hin zu effizienteren Standards verschiebt.

Abbildung 17: Kapitalwerte für verschiedene Sanierungsoptionen und CO₂-Preise



Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut.

A.5.3 Berücksichtigung von Fördermitteln

Werden die vorhandenen Fördermittel in die Berechnung der Wirtschaftlichkeit einbezogen, reduziert sich aus einzelwirtschaftlicher Sicht die Investition um die erhaltene Fördersumme. Der Kapitalwert wird somit geringer und die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme erhöht sich.

Für die Darstellung des Einflusses von Fördermitteln auf die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden folgende drei Fördermechanismen verglichen:

1. Förderung 10%: Ein Zuschuss von 10% der Investitionskosten für die Sanierung von Außenwänden wird gewährt, wenn ein U-Wert von mindestens 0,2 W/m²K erreicht wird.
2. Förderung 20%: Ein Zuschuss von 20% der Investitionskosten für die Sanierung von Außenwänden wird gewährt, wenn ein U-Wert von mindestens 0,2 W/m²K erreicht wird.
3. Differenzierte Fördersätze: Der dritte Fördermechanismus sieht eine Steigerung der Fördersätze für steigende Ambitionsniveaus vor. Eine solche differenzierte Förderstruktur liegt in der derzeitigen Förderung im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude für die Effizienzhausförderung vor, ist aber für die Einzelmaßnahmenförderung nicht vorgesehen. Der Vorteil einer differenzierten Förderstruktur (z.B. 30% für U-Wert 0,18 W/m²K; 20% für U-Wert 0,2 W/m²K) liegt darin, dass ambitioniertere Maßnahmen (deren Wirtschaftlichkeit in der Regel geringer ist) höher gefördert und somit stärker angereizt werden.

Abbildung 18 zeigt, dass die Förderung zu einer deutlichen Steigerung der Wirtschaftlichkeit der beiden förderfähigen Sanierungsoptionen führt. Der Vergleich der Förderung von 20% mit der Förderstruktur mit differenzierten Fördersätzen zeigt zudem, dass sich im letztgenannten Fall das Optimum zu der Sanierungsoption mit dem höchsten Effizienzniveau verschiebt, während

sich bei den konstanten Fördersätzen keine Verschiebungen zwischen den Effizienzniveaus ergeben.

Abbildung 18: Kapitalwerte für verschiedene Sanierungsoptionen und Fördermechanismen



Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut.

A.6 Zusammenfassung und Fazit

Aus den dargestellten Untersuchungen lassen sich folgende Schlussfolgerungen ableiten:

1. Energetische Anforderungen werden nicht aus den Klima- und Energiezielen abgeleitet und ihre Zielkonsistenz wird nicht überprüft. Die Anforderungen werden auch bisher nicht unter Berücksichtigung von Klima- und Umweltkosten abgeleitet, sondern basieren auf einzelwirtschaftlichen Kostenberechnungen.
2. Die Einführung einer CO₂-Bepreisung führt bei selbstgenutzten Gebäuden für den Eigentümer/Investor zu einer Steigerung der Wirtschaftlichkeit von energetischen Sanierungen. Die Kosteneffizienz der Maßnahmen erhöht sich damit deutlich und grundsätzlich wird die Grundlage für deutlich ambitioniertere Mindeststandards geschaffen. Allerdings zeigt sich für das betrachtete Beispiel einer Außenwanddämmung, dass es selbst bei einer CO₂-Bepreisung von 200€/t zu keiner deutlichen Verschiebung des Kostenminimums der verschiedenen Varianten kommt, da für alle Sanierungsmaßnahmen die Wirtschaftlichkeit deutlich gesteigert wird. Für die Festsetzung der gesetzlichen Mindeststandards ist somit nicht nur dann zu erwarten, dass ein CO₂-Preis zu einer Steigerung des Ambitionsniveaus der Standards führt, wenn dieser (wie im GEG vorgesehen) auf Basis der Kosteneffizienz der Maßnahme als solcher gesetzt wird und nicht auf Basis der Kosteneffizienz im Vergleich zum bestehenden Standard.
3. Die finanzielle Förderung energetischer Sanierungsmaßnahmen führt grundsätzlich zu einer Steigerung deren Wirtschaftlichkeit. Am betrachteten Beispiel wird allerdings deutlich, dass ein Fördermechanismus mit nach Anforderungsniveau differenzierten Fördersätzen notwendig wäre, um die Wirtschaftlichkeit hin zu ambitionierteren Sanierungsmaßnahmen zu verschieben. In Anbetracht der hohen Relevanz von Einzelmaßnahmen am Sanierungsmarkt könnte eine Ausdifferenzierung der Fördersätze (wie auch für die Effizienzhausförderung) einen wichtigen Beitrag zur Unterstützung zielkonformer Sanierungsmaßnahmen leisten.
4. Die finanzielle Förderung wird derzeit nicht in den Berechnungen der Kostenoptimalität im Rahmen der Gebäuderichtlinie und dem nationalen Gebäudeenergierecht berücksichtigt. Eine Berücksichtigung der Förderung könnte (zumindest für den Fall von differenzierten Fördersätzen), zu einer Verschärfung der Mindeststandards führen.
5. Bisher nimmt der Nachweis der Wirtschaftlichkeit nach EnEG eine inkrementelle Betrachtungsweise vor, d.h. es wird untersucht, wie sich die Wirtschaftlichkeit einer inkrementellen Veränderung des Referenzzustands auswirkt (also z.B. die Wirkung eines zusätzlichen Zentimeters an Außenwanddämmung). Das Wirtschaftlichkeitsgebot verpflichtet allerdings nicht, das Kostenoptimum anzusteuern, sondern verlangt lediglich die Kosteneffizienz der Maßnahmen, was zu ambitionierteren Vorgaben führt. Auch die Kostenoptimalitätsanforderungen der EU lassen es zu, ein Anforderungsniveau zu wählen, dass anspruchsvoller ist, als das Niveau, das dem einzelwirtschaftlichen Kostenoptimum entspricht. Die Betrachtung der Beispiele zeigt, dass (gerade in Anbetracht des flachen Kurvenverlaufs der Gesamtkosten um das Minimum), auch ambitioniertere Standards mit sehr geringen zusätzlichen Gesamtkosten verbunden sind.
6. Alternativ zur heutigen Operationalisierung des Wirtschaftlichkeitsgebots könnte z.B. ein unsaniertes Gebäude als Referenz angesetzt werden.

B Anwendungsfall „Kokstrockenkühlung“

B.1 Hintergrund und Ziele

Im folgenden Anwendungsfall wird eine exemplarische Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für eine Energieeffizienzmaßnahme im Bereich der Stahlherstellung durchgeführt.

Konkret geht es um die Kokstrockenkühlung, eine Energieeffizienztechnologie für Koksanlagen. Weltweit ist die Kokstrockenkühlung in vielen Stahlwerken adaptiert worden, nicht aber in Deutschland. Das Ziel der Fallstudie ist es, Gründe für diese Situation zu finden. Dazu wird eine exemplarische wirtschaftliche Analyse mit einer Betrachtung des globalen Kontextes kombiniert. Die Analyse wird retrospektiv durchgeführt. Das heißt, es wird versucht, anhand von Daten und Informationen aus der Vergangenheit zu verstehen, was seinerzeit die Gründe gewesen sein könnten, warum sich die Kokstrockenkühlung in Deutschland im Gegensatz zu anderen Ländern nicht durchgesetzt hat. Daraus werden Vorschläge zur Verbesserung in der Zukunft abgeleitet.

Aus heutiger Sicht ist die Kokstrockenkühlung nicht mehr relevant für die Dekarbonisierungsziele der Stahlindustrie. Um die Dekarbonisierungsziele zu erreichen, steht die Stahlindustrie vor großen Umwälzungen, die in den nächsten Jahrzehnten vollzogen werden müssen. Diese Umwälzungen werden voraussichtlich auch zu anderen Prozessrouten führen (z. B. Roheiserzeugung durch Direktreduktion mit Wasserstoff). Die alternativen Prozessrouten machen eine Kokerei obsolet, so dass Effizienzmaßnahmen im Bereich der Kokerei mit Laufzeiten von etwa 30 Jahren aus heutiger Sicht nicht mehr zielführend sind. Der Anwendungsfall ist daher als Anschauungsobjekt aus der Vergangenheit zu sehen, um eine typische Situation zu verdeutlichen.

B.2 Technologische Beschreibung

Die Stahlherstellung in integrierten Hüttenwerken lässt sich vereinfacht anhand drei grundlegender Schritte darstellen.

Im ersten Schritt werden die Hochofeneinsatzstoffe in der **Sinteranlage** vorbereitet. Hierfür wird Eisenerz unter Beimischung von Koksgrus sowie weiterer Zuschlagstoffe (u. a. Kalkstein, Quarz) bei Temperaturen von 1.200 °C zu einem Sinterkuchen gebacken und anschließend in eine für den Hochofen einsetzbare Korngröße gebrochen (RWI 2013).

Im zweiten Schritt wird Roheisen im Hochofen hergestellt. Hierfür wird der **Hochofen** mit Eisenerz (u.a. auch in Form von Sinter) und Kalk sowie Koks beschickt. Das Eisenoxid wird schrittweise zu Roheisen reduziert ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} \rightarrow 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$). Es entstehen Roheisen und Schlacke. Letzteres kann zu Hüttensand weiterverarbeitet und anschließend zur Zementherstellung verwendet werden. Anfallendes Gichtgas wird gereinigt. Das Gichtgas wird in den Hüttengasverbund eingespeist und somit für Heizzwecke in weiteren Anlagen des Standorts eingesetzt.

Im dritten Schritt wird Rohstahl im **Sauerstoffkonverter** erzeugt. Hierfür wird das Roheisen im **Sauerstoffkonverter** durch die Zufuhr von Sauerstoff zu Rohstahl verarbeitet. Der im Roheisen enthaltene Kohlenstoff wird dabei zu Kohlenmonoxid oxidiert (Fleiter et al. 2013a). Im Zuge dessen reduziert sich der Kohlenstoffgehalt des ursprünglichen Roheisens von 5 % auf unter 2 %. Das dabei anfallende Konvertergas wird ebenfalls in den Hüttengasverbund eingespeist. Der Rohstahl wird anschließend in **Walzwerken oder Gießereien** weiterverarbeitet.

Ein zentraler Einsatzstoff zur Herstellung von Roheisen ist somit das Reduktionsmittel Koks. Die Herstellung von Koks erfolgt in **Kokereien**, die häufig auch am Standort der integrierten Hüttenwerke betrieben werden. In **Kokereien** wird Kohle über einen Zeitraum von bis zu 25 Stunden bei Temperaturen von 1.300-1.350 °C gebacken, sodass gasförmige Bestandteile der Kohle ausgasen (Fleiter et al. 2013b). Während des Brennvorgangs entsteht Koksofengas, welches in der Sinteranlage, Kokerei, im Hochofen oder Oxygenstahlwerk als Brenngas eingesetzt wird (VDEh 2011). Im Anschluss muss der Koks gekühlt werden. Diese Kühlung kann mittels Nasslöschverfahren oder Kokstrockenkühlung erfolgen. Beim Nasslöschverfahren wird der Koks mit Wasser rasch abgekühlt. Dabei wird die Wärme des heißen Kokses nicht genutzt. In integrierten Hüttenwerken in Deutschland sind Nasslöschverfahren gängig.

Bei der Kokstrockenkühlung erfolgt die Kühlung des Kokses in abgeschlossenen Kühlkammern, die mit dem heißen Koks beschickt werden. Dabei werden die Kühlkammern mit einem Kühlgas durchströmt. Das Kühlgas nimmt die sensible Wärme des Kokses auf und kühlt diesen somit ab. Im Anschluss wird das aus Stickstoff und anderen Inertgasen bestehende Kühlgas in den verbundenen Abhitzekessel geleitet. Im Abhitzekessel wird die in der Kühlkammer aufgenommene Wärme zur Dampferzeugung genutzt. Mit dem System kann Heißdampf bei Temperaturen um 500 °C bzw. Drücken um 60 bar erzeugt werden. Der Dampf kann im Anschluss daran entweder zur **Wärmebereitstellung (bspw. für Fernwärmenetze)** oder zur **Erzeugung von elektrischem Strom** verwendet werden. In der Literatur wird angegeben, dass pro Tonne erzeugtem Koks etwa 1,7 GJ Wärmeenergie (in Form von Dampf) oder 0,55 GJ elektrischer Strom erzeugt werden können (Brunke 2017; EPA 2012). Neben der Erzeugung bzw. Wiedergewinnung von Energie hat das System weitere Vorteile. Durch die abgeschlossenen Kühlkammern werden die Staubemissionen reduziert. Zudem wird die Koksqualität verbessert, was wiederum zu einer höheren Produktivität des Hochofens führen kann. Des Weiteren wird die Ressource Wasser gespart (UBA 2012). In Ländern mit besonders niedrigen Temperaturen hat die Kokstrockenkühlung den operativen Vorteil, dass kein Wasser verwendet wird und somit keine Frostschutzmaßnahmen ergriffen werden müssen (International Energy Agency 2007).

B.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Erster Schritt der Fallstudie ist eine wirtschaftliche Bewertung der untersuchten Technologie. Dazu wird eine einzelwirtschaftliche Unternehmensperspektive eingenommen, um mögliche Hemmnisse bzw. Treiber für die Adaption der Technologie vor dem Hintergrund der wirtschaftlichen Kennzahlen zu reflektieren und die Ausgangssituation darzustellen. Zentrale Funktion dieser Bewertung ist es die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die betrachtete Technologie retroperspektivisch zu erfassen und zu simulieren. Die daraus gewonnenen Informationen werden dann zur qualitativen Beantwortung der folgenden Leitfrage verwendet:

Haben die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen die Adaption der betrachteten Technologie eher befördert oder eher behindert?

In diesem Kontext wird die Maßnahme Kokstrockenkühlung (KTK) als Energieeffizienzmaßnahme betrachtet. Dabei wird davon ausgegangen, dass die KTK nur im Falle einer geplanten Ersatzinvestition als mögliche Alternativtechnologie betrachtet wird. D.h. es wird folgende Situation unterstellt: Die bestehende Anlage zur Löschung des Kokses muss ersetzt oder nahezu vollständig instandgesetzt werden. Als Alternative kann die KTK eingesetzt werden. Die wirtschaftliche Bewertung erfolgt anhand der Differenzinvestitionen, d.h. anhand der zusätzlichen Investitionen (Mehrinvestition) für eine KTK im Vergleich zum Ersatz des bestehenden Systems.

Den Mehrinvestitionen für eine KTK stehen prinzipiell mögliche Energieeinsparungen, Erlöse durch Verkauf von zusätzlich erzeugter Energie oder die monetäre Bewertung von möglichen Zusatznutzen der Maßnahme entgegen.

Neben einem betriebswirtschaftlichen Nutzen kann der KTK auch ein Nutzen zur Reduzierung schädlicher Umwelteinwirkungen zugeschrieben werden. Die KTK reduziert den Wasserverbrauch und durch die Nutzung von Abwärme zur Erzeugung von Strom oder Wärme verdrängt die KTK die Erzeugung von Strom oder Wärme aus (rückblickend gesehen) mehrheitlich fossilen Quellen. Durch diese Verdrängung werden somit gesamtwirtschaftlich weniger Treibhausgasemissionen emittiert. Den Emissionen von Treibhausgasen können wiederum Klimakosten zugeordnet werden, die volkswirtschaftlich anfallen, jedoch rückblickend nicht in der betriebswirtschaftlichen Sicht erfasst wurden, da die Kosten nicht eingepreist werden mussten und müssen. Im politischen Kontext wurde und wird eine solche Einpreisung jedoch intensiv diskutiert und kann an zahlreichen Stellen sinnvoll sein. Dieser Aspekt wird im Rahmen der Fallstudie mit einer zusätzlichen Wirtschaftlichkeitsrechnung betrachtet. Dabei handelt es sich um eine **betriebswirtschaftliche Perspektive mit Berücksichtigung volkswirtschaftlicher Klimakosten**. Diese Betrachtung stellt somit dar inwieweit sich die Wirtschaftlichkeit der betrachteten Maßnahme verändern würde, wenn Klimakosten mit bilanziert werden würden. Im Hinblick auf die retrospektive Analyse wird somit betrachtet, wie sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme in der Vergangenheit verändert hätte, wenn Klimakosten mitbilanziert worden wären.

B.3.1 Annahmen

Technische Nutzungsoptionen

Die KTK kann generell als Abwärmenutzungstechnologie aufgefasst werden, denn die sensible Abwärme des Kokses wird nutzbar gemacht. Die wiedergewonnene Abwärme kann bei der KTK entweder zur Wärmebereitstellung oder zu Erzeugung von elektrischem Strom eingesetzt werden.

Im Allgemeinen kann die Wärmebereitstellung aus Abwärme betriebsintern oder betriebsübergreifend stattfinden. Im Falle der KTK bietet sich schwerpunktmäßig die außerbetriebliche Nutzung an, denn die Möglichkeiten zur betriebsinternen Wärmenutzung sind in dem betreffenden Temperaturbereich eher ausgeschöpft. Für die Wärmenutzung bei der KTK wird daher die Bereitstellung von Wärme für ein Fernwärmenetz als Nutzungsoption bewertet. Dabei wird davon ausgegangen, dass die gesamte Abwärme der KTK zur Bereitstellung von Wärme für den Verkauf genutzt wird. Im Folgenden wird diese Option verkürzt als **Wärmeverkauf** bezeichnet.

Im Bereich Stromerzeugung ist die Ausgangslage für die KTK in integrierten Hüttenwerken wie folgt: In integrierten Hüttenwerken werden üblicherweise überschüssige Hüttengase im hüttenwerkseigenen Kraftwerk verstromt. Dies führt dazu, dass integrierte Hüttenwerke im Hinblick auf den Bedarf für elektrischen Strom als nahezu energieautark betrachtet werden können (VDEh 10.02.2019). Der Strom, der durch die KTK erzeugt wird, müsste somit nahezu vollständig veräußert werden. Für die Stromerzeugung wird daher der Verkauf von erzeugtem Strom als Nutzungsoption bewertet. Dabei wird davon ausgegangen, dass die gesamte Abwärme der KTK für die Stromherstellung genutzt wird. Im Folgenden wird diese Option verkürzt als **Stromverkauf** bezeichnet.

Investitionen und Kosten

Für die wirtschaftliche Bewertung werden die in Tabelle 12 verwendeten exemplarischen Annahmen verwendet.

Tabelle 12: Annahmen für die Wirtschaftlichkeitsbewertung der KTK

Kategorie	Wert	Quelle
Investitionen (EUR/t Koks)	44,0	(Moya et al. 2011)
Betriebskosten (EUR/t Koks)	0,7	(Brunke 2017)
Kapazität Kokerei (kt Koks/a)	2.000	(Brunke 2017)
Lebensdauer (Jahre)	30	Eigene Annahme
Wärmeerzeugung (kWh/t Koks)	472	(Brunke 2017)
Stromerzeugung (kWh/t Koks)	153	(Brunke 2017)
Interner Kalkulationszinsfuß (%)	5	Eigene Annahme

Quelle: Eigene Annahmen basierend auf den angegebenen Quellen.

Für die Annahmen entsprechend Tabelle 12 ergeben sich zudem folgende Zusammenhänge. Die Kapazität der angenommenen Kokerei entspricht 2.000 Kilotonnen Koks pro Jahr. Überschlagsmäßig kann davon ausgegangen werden, dass pro Tonne Stahl etwa 500 Kilogramm Koks notwendig sind. Zudem beträgt der Verbrauch für elektrischen Strom in integrierten Hüttenwerken pro Tonne Stahl etwa 1,2 GJ. Wird nun angenommen, dass die Produktion des Hüttenwerkes der Produktionsmenge des Kokses entspricht, dann würden bei voller Auslastung etwa 1.000 Kilotonnen Stahl hergestellt werden. Die KTK könnte dann etwa 90% des elektrischen Stroms für die herzustellende Menge bereitstellen. Da jedoch üblicherweise bereits zu großen Teilen Hüttengase verstromt werden, wird angenommen, dass elektrischer Strom der in einer KTK erzeugt wird, komplett verkauft werden müsste.

Wirtschaftlicher Nutzen (Erlöse)

Die Erlöse für die zwei betrachteten Optionen Wärmebereitstellung und Stromerzeugung werden auf Basis historischer Daten abgebildet. Dies ermöglicht eine rückblickende Betrachtung der historischen Rahmenbedingungen für die KTK.

Für die Option Wärmeverkauf wird angenommen, dass sich der Erlös für die Wärmebereitstellung am Erdgaspreis orientiert. D.h. konkret wird angenommen, dass sich der Wärmepreis aus dem Erdgaspreis für industrielle Abnehmer abzüglich einem Cent ergibt. Der Abzug von einem Cent soll hierbei vereinfacht Aufwände für die Errichtung der Infrastruktur zur Wärmeverteilung und deren Betriebskosten widerspiegeln (Wärmetauscher, Rohrleitungen, Pumpen usw.). Die Erdgaspreise für industrielle Abnehmer sind dabei dem Statistischen Bundesamt entnommen (Statistisches Bundesamt 2019).

Für die Option Stromverkauf wird angenommen, dass sich der Erlös für einen Verkauf des produzierten Stromes am üblichen Strompreis gemäß KWK-Gesetz (KWK-Index) orientiert. Dieser wird von der European Energy Exchange (EEX) AG veröffentlicht (EEX 11.14.2019). Zudem werden KWK-Zulagen entsprechend KWK-Gesetz berücksichtigt (je Fassung für die zurückliegenden Jahre).

Für den Fall der betriebswirtschaftlichen Perspektive mit Berücksichtigung von Klimakosten werden vermiedene Klimakosten als Erlöse für die KTK behandelt. Für die Option

Wärmeverkauf werden zur Berechnung vermiedener Emissionen spezifische CO₂-Emissionen für den Erzeugungsmix für Fernwärme herangezogen. Die Werte werden üblicherweise nach Regionen differenziert. Für diese Fallstudie werden verfügbare Werte für NRW für den Zeitraum von 2004 bis 2014 verwendet, die vom Länderarbeitskreis Energiebilanzen bezogen werden können (www.lak-energiebilanzen.de/). Für die Option Stromverkauf werden spezifische CO₂-Emissionen für den Stromerzeugungsmix für Deutschland aus UBA (2019) verwendet. Die Klimakosten pro Tonne CO₂ werden für zwei Varianten berechnet: einmal mit 180 Euro pro Tonne CO_{2-äq} (nach UBA (2019)) und einmal mit 70 Euro pro Tonne CO_{2-äq}.

B.3.2 Vorgehensweise

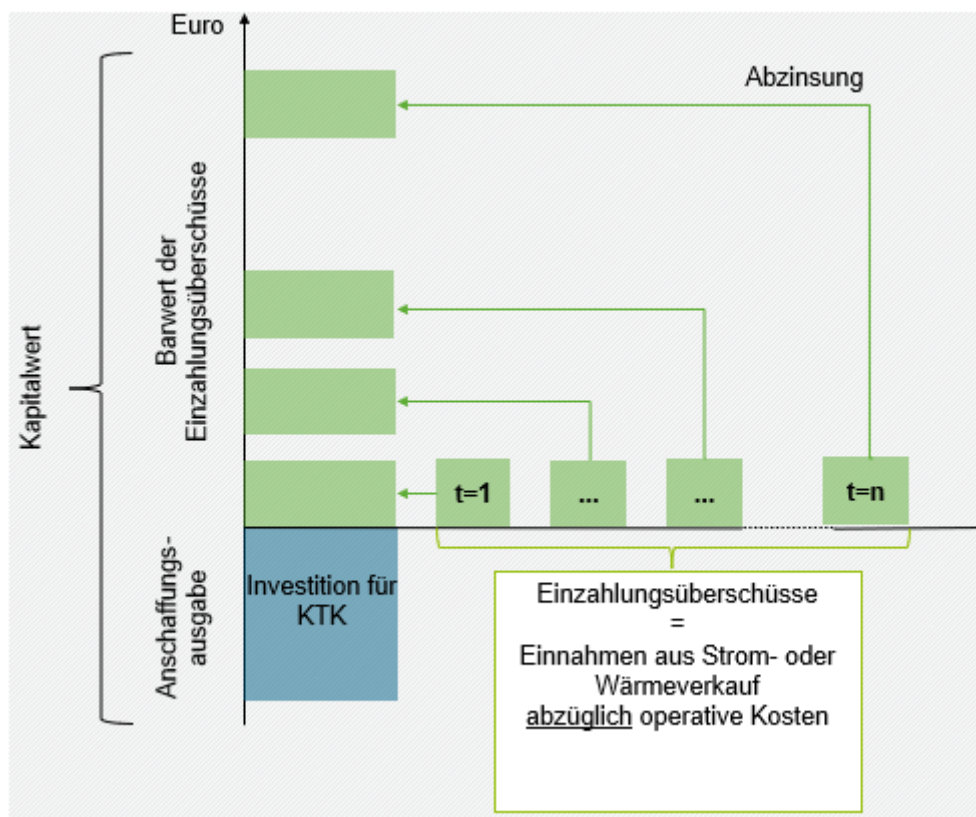
Betriebswirtschaftliche Perspektive

Nachfolgend wird die Vorgehensweise der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in dieser Studie erläutert. Die Vorgehensweise hat zum Ziel, darzustellen, wie ein Entscheider die betrachtete Investitionsmöglichkeit (also die KTK) möglicherweise in der Vergangenheit bewertet hat. Die Vorgehensweise soll somit eine plausible Abstraktion der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eines Entscheiders zum Zeitpunkt der Investitionsentscheidung darstellen.

Als zentrale Kennziffer für die wirtschaftliche Bewertung wird die dynamische Amortisationszeit verwendet. Dies ist darin begründet, dass die Amortisationszeit im verarbeitenden Gewerbe eine besonders zentrale Bedeutung bei der Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen einnimmt (Thollander und Ottosson 2010).

Zur Ermittlung der dynamischen Amortisationszeit für die betrachtete Energieeffizienzmaßnahme KTK wird wie folgt vorgegangen. Zunächst wird der Aufwand für die Investition berechnet. Üblicherweise werden hierunter die Investitionssumme für die zu tätige Anschaffung (in vorliegenden Fall also der Preis für die KTK) und damit zusammenhängende Kapitalkosten berücksichtigt. Für das vorliegende Anwendungsbeispiel treten keine Kapitalkosten in Folge einer Fremdkapitalfinanzierung auf, denn es wird angenommen, dass die zu tätige Investition aus dem Kapitalfluss des Unternehmens finanziert wird. Zudem werden operative Kosten berechnet, die für den Betrieb der Anlage notwendig sind. Den Aufwendungen für die Investition stehen im Falle einer Energieeffizienzmaßnahme üblicherweise vermiedene Aufwendungen für die eingesparte Energie (d.h. Energiekosten) über die Nutzungs-/Lebenszeit der Investition gegenüber. Für den speziellen Fall der KTK trifft dies jedoch nicht zu, denn das integrierte Hüttenwerk spart keine zusätzliche Energie durch die Maßnahme, sondern generiert zusätzliche nutzbare Energie, die veräußert werden kann. Den Aufwendungen für die Investition der KTK steht somit ein möglicher Erlös durch den Energieverkauf gegenüber. Für die Berechnung der dynamischen Amortisationszeit werden schließlich Anfangsinvestitionen und projizierte Einzahlungsüberschüsse für die Lebensdauer gegenübergestellt. Die projizierten Einzahlungsüberschüsse werden mit einem Kalkulationszinssatz auf den Bezugszeitpunkt (hier dem Zeitpunkt der Investitionsanschaffung) abgezinst. D.h. es wird der Gegenwartswert der projizierten Einzahlungsüberschüsse bezogen auf den Zeitpunkt der möglichen Investitionsanschaffung errechnet. Der Kalkulationszinssatz stellt dabei Opportunitätskosten dar. In der Praxis werden zur Bestimmung des Zinses risikoäquivalente Kapitalmarktanlagen betrachtet. Abbildung 19 stellt die projizierten Einzahlungsüberschüsse und die Anfangsinvestition exemplarisch für die KTK dar.

Abbildung 19: Exemplarische Darstellung der Wirtschaftlichkeitsbewertung für die KTK



Quelle: eigene Darstellung, Fraunhofer ISI.

Die dynamische Amortisationszeit ist nun der Zeitraum bis zu dem Zeitpunkt, ab dem die Summe der Barwerte der Einzahlungsüberschüsse gleich der Anfangsinvestition ist. Die Vorgehensweise wird auf Basis der Annahmen (vgl. voriger Abschnitt) wie folgt implementiert.

Im ersten Schritt wird die dynamische Amortisationszeit in Abhängigkeit möglicher spezifischer Erlöse für die Optionen Strom- oder Wärmeverkauf dargestellt. Dies liefert letztlich Informationen darüber, wie hoch die Amortisationszeit in Abhängigkeit der erzielbaren Erlöspreise für Strom und Wärme für die beiden Optionen ist.

Im zweiten Schritt wird die dynamische Amortisationszeit für zurückliegende Zeiträume errechnet. Hierfür werden die in den Annahmen dargelegten Preisstatistiken für Strom und Gas verwendet. Der zweite Schritt liefert somit Informationen darüber, in welcher Bandbreite damalige Entscheider die dynamische Amortisationszeit möglicherweise bewertet haben.

Bei der Berechnung im zweiten Schritt wird angenommen, dass der Erlöspreis für Strom und Wärme zum Betrachtungszeitpunkt (d.h. in einem bestimmten zurückliegenden Jahr) über die Lebensdauer der KTK konstant ist. D.h. es wird somit implizit angenommen, dass die damaligen Entscheider von eher konstanten Energiepreisen bei der Bewertung ausgegangen sind. Dies stellt eine Vereinfachung dar, die vor dem Hintergrund der zurückliegenden Preise gewählt wurden. In dem betrachteten Zeitraum sind die Preise teils erheblich gestiegen, teils erheblich gefallen. Auf die Entwicklung von möglicherweise in der Vergangenheit verwendeten Trendszenarien für die Energiepreise wurde somit verzichtet, da dies die ermittelten Bandbreiten nicht erheblich beeinflusst.

Betriebswirtschaftliche Perspektive mit Berücksichtigung von Klimakosten

Die betriebswirtschaftliche Perspektive mit Berücksichtigung von Klimakosten wird bis auf einen Unterschied äquivalent zur betriebswirtschaftlichen Perspektive durchgeführt. Der Unterschied ist, dass vermiedene Klimakosten durch den Einsatz der KTK mit bilanziert werden (retroperspektivisch). Die vermiedenen Klimakosten werden dabei für die jeweils betrachteten technischen Nutzungsoptionen errechnet.

Für die Option Wärmeverkauf wird berechnet, wie viel CO₂ durch die Abwärmenutzung der KTK hätte eingespart werden können. Bezugspunkt sind hierbei die historischen spezifischen CO₂-Emissionen der Fernwärmeerzeugung. D. h. es wird berechnet, wie viel CO₂-Emissionen entstanden sind, um die gleiche Menge Wärme, die von der KTK hätte bereitgestellt werden können, mit dem Erzeugungsmix für Fernwärme zu produzieren. Die Abwärmenutzung der KTK wird dabei mit CO₂-Emissionen von null bewertet. Die Klimakosten ergeben sich dann aus der Multiplikation der CO₂-Emissionen für die entsprechende Wärmemenge mit den jeweiligen Kostenfaktoren für die Klimakosten.

Für die Option Stromverkauf wird äquivalent zum Wärmeverkauf vorgegangen. Als Bezugspunkt werden die historischen spezifischen CO₂-Emissionen der Stromerzeugung verwendet. Es wird somit berechnet, wieviel Emissionen durch Verdrängung des übrigen Stromerzeugungsmixes hätten eingespart werden können. Auf Basis dessen werden die Klimakosten äquivalent zur Option Wärmeverkauf berechnet.

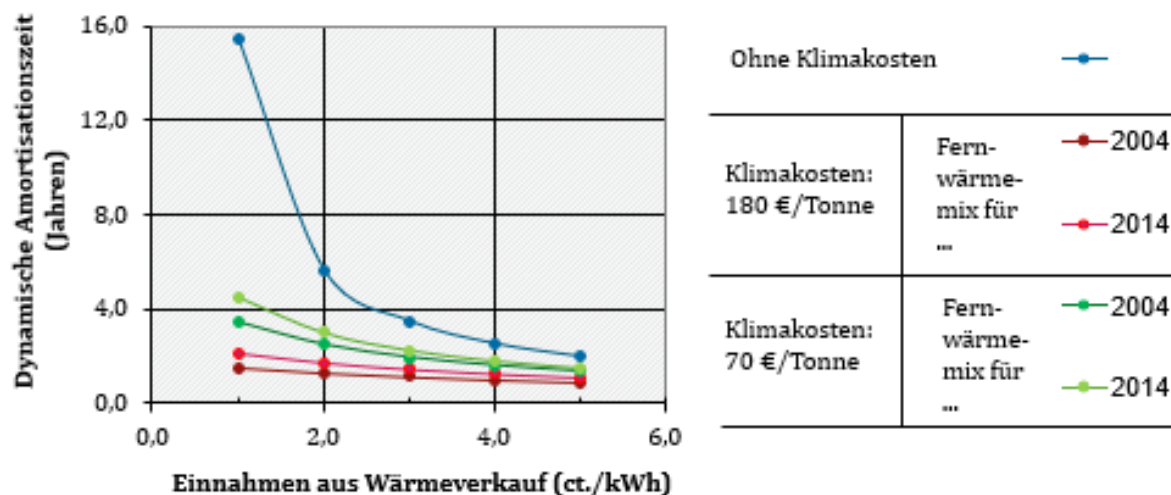
Die eingesparten Klimakosten werden bei der wirtschaftlichen Bewertung auf der Erlösseite bilanziert.

B.3.3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der exemplarischen Wirtschaftlichkeitsbewertung für die KTK werden im Folgenden je Option dargestellt.

In Abbildung 20 ist die dynamische Amortisationszeit für die Option Wärmeverkauf in Abhängigkeit der spezifischen Einnahmen aus dem Wärmeverkauf (in Cent/kWh) dargestellt. Für den Fall ohne Berücksichtigung von Klimakosten ist zu erkennen, dass Amortisationszeiten unter fünf Jahren erst ab einem Wärmeerlös von etwa 2 Cent/kWh erzielt werden. Bei einem Erlös von 5 Cent/kWh beträgt die Amortisationszeit nur noch etwa zwei Jahre. Für die Fälle mit Klimakosten liegt die Amortisationszeit bei einem Erlös von 1 Cent/kWh je nach Fall bei etwa 4 Jahren und darunter; bei einem Erlös von 2 Cent/kWh und darüber liegt sie durchweg unter vier Jahren.

Abbildung 20: Amortisationszeit für den Wärmeverkauf bei der KTK



Quelle: eigene Darstellung, Fraunhofer ISI.

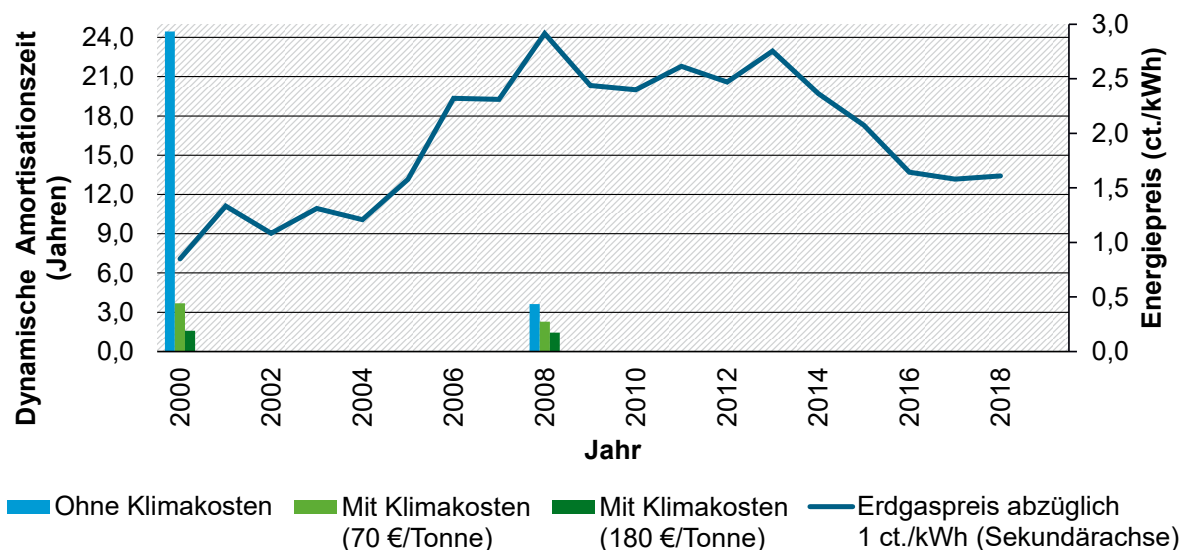
In Abbildung 21 wird der Gaspreis für industrielle Abnehmer abzüglich einem Cent für den zurückliegenden Zeitraum von etwa zwanzig Jahren dargestellt. Der Gaspreis abzüglich einem Cent stellt den für die Option Wärmeverkauf für die Vergangenheit angenommenen erzielbaren Erlös dar (vgl. Abschnitt Annahmen). Zudem ist die Amortisationszeit für das Jahr mit den höchsten und den niedrigsten Preisen dargestellt.

Für den Fall ohne Klimakosten ist in Abbildung 21 zu erkennen, dass im Zeitraum vor 2006 das Erlöspotenzial unter 2 Cent/kWh lag und die Amortisationszeit somit für diesen Zeitraum durchweg über fünf Jahre lag (vgl. dazu auch Abbildung 20).

Danach steigt der Preis und somit fällt die Amortisationszeit bis etwa 2014, woraufhin das Erlöspotenzial dann wieder unter 2 Cent/kWh fällt. Zudem ist zu erkennen, dass die höchste Amortisationszeit beim niedrigsten Erlöspotenzial im Jahr 2000 liegt. Diese beträgt über 24 Jahre. Im Jahr 2008 beträgt das Erlöspotenzial etwa 3 Cent/kWh, die Amortisationszeit liegt dann etwas unter vier Jahren.

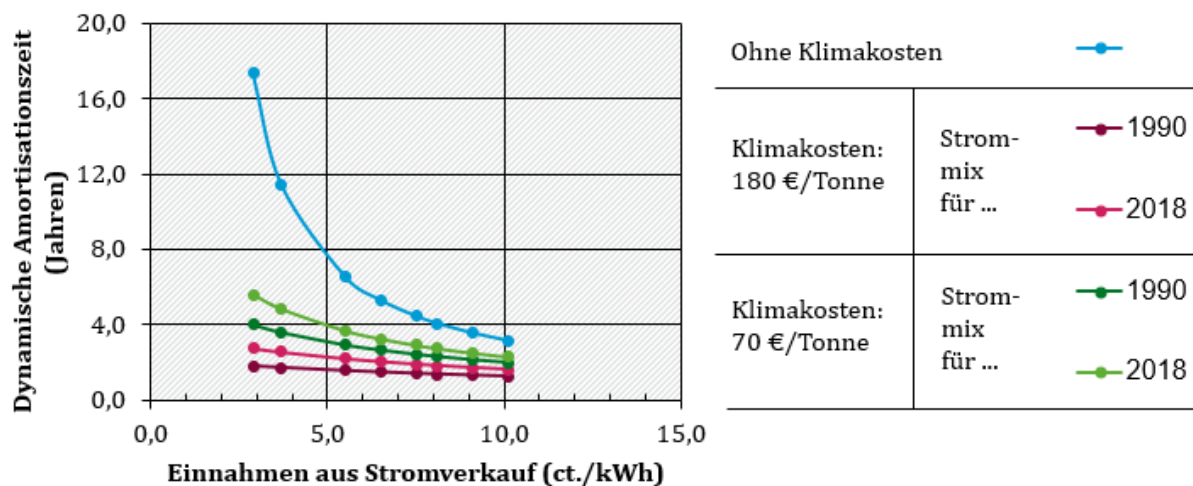
Für die Fälle mit Klimakosten ist in Abbildung 21 zu erkennen, dass die Amortisationszeit im Jahr 2000, also beim niedrigsten Erlöspotenzial und im Jahr 2008, also beim höchsten Erlöspotenzial beides mal unter vier Jahren liegt. Hierbei ist anzumerken, dass für das Jahr 2000 die spezifischen Emissionen für den Fernwärmemix aus dem Jahr 2004 verwendet wurden, da keine Werte für 2000 vorlagen. Im Hinblick auf das Erlöspotenzial aus Wärmeverkauf stellt das Jahr 2000 somit den ungünstigsten Fall dar; im Hinblick auf Erlöse durch vermiedene Klimakosten einen eher günstigen Fall, denn je weiter die Zeitreihe zurückliegt, desto höher sind die spezifischen Emissionen des Fernwärmemixes tendenziell. Daher wurde für die Preise aus dem Jahr 2000 noch ein Fall gerechnet, bei dem die niedrigsten Emissionen aus der verfügbaren Zeitreihe verwendet wurden. In diesem Fall beträgt die Amortisationszeit immer noch weniger als fünf Jahren.

Abbildung 21: Amortisationszeit und Erlöspotenziale für den Wärmeverkauf bei der KTK



In Abbildung 22 ist die dynamische Amortisationszeit für die Option Stromverkauf in Abhängigkeit der spezifischen Einnahmen aus dem Stromverkauf (in Cent/kWh) dargestellt. Für den Fall ohne Klimakosten ist zu erkennen, dass Amortisationszeiten unter vier Jahren erst ab einem Erlös von etwa 9 Cent/kWh erzielt werden. Bei einem Erlös von 10 Cent/kWh beträgt die Amortisationszeit nur noch etwa drei Jahre. Für die Fälle mit Klimakosten ist zu erkennen, dass die Amortisationszeit für Erlöse von etwa 5 bis 10 Cent/kWh unter vier Jahren liegen.

Abbildung 22: Amortisationszeit für den Stromverkauf bei der KTK



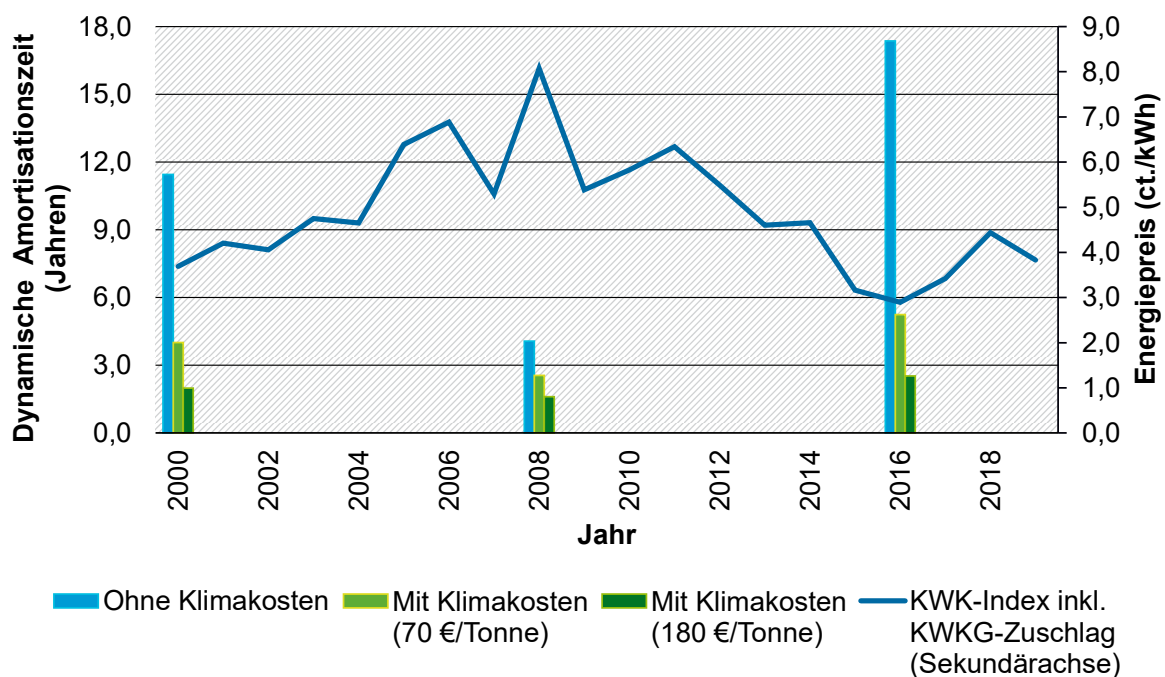
In Abbildung 23 wird der KWK-Index inklusive (zusätzlichem) KWKG-Zuschlag für den zurückliegenden Zeitraum von etwa zwanzig Jahren dargestellt. Dieser Preis stellt den für die Option Stromverkauf für die Vergangenheit angenommenen erzielbaren Erlös dar (vgl. Abschnitt Annahmen). Zudem ist die Amortisationszeit für die KTK für das Jahr mit den höchsten und den niedrigsten Preisen dargestellt.

Für den Fall ohne Klimakosten ist in Abbildung 23 zu erkennen, dass im Zeitraum bis 2006 das Erlöspotenzial unter 7 Cent/kWh lag und die Amortisationszeit somit für diesen Zeitraum

durchweg über fünf Jahre liegt (vgl. dazu auch Abbildung 22). Im Jahr 2008 steigt das Erlöspotenzial auf 8 Cent/kWh, was zur niedrigsten Amortisationszeit von etwa vier Jahren in der Zeitreihe führt. Die höchste Amortisationszeit liegt bei etwa 18 Jahren im Jahr 2016 bei einem Erlöspotenzial von etwa 3 Cent/kWh. Durch die Erlössituation, die u.a. auch durch die KWK-Förderung bestimmt wird, sind die Amortisationszeiten etwas kürzer als bei der Wärmeerzeugung.

Für die Fälle mit Klimakosten ist in Abbildung 23 zu erkennen, dass die Amortisationszeit im Jahr 2016, also beim niedrigsten Erlöspotenzial für Klimakosten von 180 €/Tonne CO₂ unter drei, und für Klimakosten von 70 €/Tonne CO₂ unter 6 Jahren liegt. Im Jahr 2008, also beim höchsten Erlöspotenzial liegen beide Fälle unter drei Jahren. Das Jahr 2016 stellt im Hinblick auf das Erlöspotenzial durch Stromverkauf also einen eher ungünstigen Fall dar. Dies gilt auch im Hinblick auf Erlöse durch vermiedene Klimakosten, denn die spezifischen Emissionen des Strommixes fallen mit höheren Jahren tendenziell. Wird der niedrigste Emissionsfaktor in der Zeitreihe auch für den Fall mit dem geringsten Erlöspotenzial (in 2018) verwendet, so beträgt die Amortisationszeit für den Fall mit 180 €/Tonne CO₂ weniger als 3 Jahre und für den Fall mit 70 €/Tonne CO₂ weniger als 6 Jahre.

Abbildung 23: Amortisationszeit und Erlöspotenziale für den Stromverkauf bei der KTK



Quelle: eigene Darstellung, Fraunhofer ISI.

Interpretation der Ergebnisse

Die Maßnahme KTK ist seit den 1980er-Jahren bekannt und erprobt. Daher sind die weit zurückliegenden Zeiträume bei der Wirtschaftlichkeitsbewertung besonders relevant, da die Entscheider bei weit zurückliegenden Zeitpunkten von eher besonders langen Lebenszyklen für die Anlagen hätten ausgehen können. Spätestens ab 2010 gewinnt das Thema der Dekarbonisierung der Industrie immer mehr Relevanz, was in der Stahlindustrie eine andere Verfahrensrouten zur Folge haben kann (Roheisenerzeugung durch Direktreduktion mit Wasserstoff). Die Kokerei und die KTK wären bei einem Verfahrenswechsel somit obsolet. Vor diesem Hintergrund lassen sich die Ergebnisse wie folgt interpretieren.

Für die **betriebswirtschaftliche Perspektive** im besonders relevanten (weit) zurückliegenden Zeitraum (vor 2006) werden für beide Optionen Amortisationszeiten (ohne Klimakosten) über fünf Jahren errechnet. Dies deutet drauf hin, dass mögliche Entscheider die Optionen aufgrund niedriger Erlöspotenziale (ggf. bedingt durch niedrige Energiepreise) in Vergangenheit nicht besonders attraktiv wahrgenommen haben.

Zudem schwankt die Amortisationszeit (ohne Klimakosten) für die Option Wärmeverkauf innerhalb der Zeitreihe um das Sechsfache und für die Option Stromverkauf um das Vierfache. Dies deutet daraufhin, dass die Option Wärmeverkauf je nach verwendeten Annahmen von Entscheidern in der Vergangenheit sehr unterschiedlich wahrgenommen worden ist. Dies hängt letztlich stark davon ab, wie die zurückliegende Preisstatistik interpretiert wurde und wie daraus ein Erlöspotenzial für die Zukunft errechnet wurde. Vor dem Hintergrund von Unsicherheiten im Strom- und Gasmarkt können unterschiedliche Varianten plausibel sein und trotzdem zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen kommen. Diese unterschiedliche Wahrnehmung kann ein relevantes Hindernis für die Adaption der Technologie gewesen sein.

Im Hinblick auf die zentrale Fragestellung des Kapitels ist somit eher davon auszugehen, dass die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen die Adaption der KTK eher behindert und nicht befördert haben. Ein wichtiger Grund hierfür waren wohlmöglich zu geringe Erwartungen an Erlöse durch Strom- und/oder Wärmeverkauf.

Das Erlöspotenzial durch Strom- und/oder Wärmeverkauf wird letztlich durch die Energiepreise an den Energiemärkten determiniert und in diesem Kontext deutet die Betrachtung für Deutschland darauf hin, dass geringe Energiepreise, insbesondere niedrige Preise für Elektrizität und eine fehlende Anreizwirkung für die Abwärmeverstromung wichtige Gründe für die nicht vorhandene Diffusion der Technologie in Deutschland waren. Zudem ist darauf hinzuweisen, dass die Liberalisierung des Strommarkts und somit eine Entflechtung der Netzbetreiber in Deutschland erst 1998 stattgefunden haben. Eine Adaption der KTK vor 1998 hätte somit bedeutet, dass sich der Betreiber der Kokerei (somit der Stahlhersteller) letztlich mit dem Energieunternehmen, welches das Übertragungs- und Verteilnetz betrieb, hätte einigen müssen. Je nach Interessenlage des Energieunternehmens kann dies in der Vergangenheit somit ein Hindernis für die Adaption der KTK gewesen sein.

Die zusätzlichen **betriebswirtschaftliche Perspektive mit Berücksichtigung von Klimakosten** zeigt auf, dass sich die Amortisationszeit für die KTK für beide betrachteten Fälle drastisch reduziert, wenn Klimakosten unterstellt werden. Bei 180 Euro/Tonne CO₂ liegen die Amortisationszeiten durchweg unter 3 Jahren und bei 70 Euro/Tonne CO₂ unter sechs Jahren. Zudem schwankt die Amortisationszeit absolut gesehen nicht mehr so stark in Abhängigkeit der möglichen Erlöse durch Strom- oder Wärmeverkauf, ist also rückwirkend gesehen über die Zeitreihe hinweg gleichmäßiger. Dies liegt daran, dass ein konstanter Kostenfaktor für die CO₂-Emissionen angenommen wird und die spezifischen Emissionen der Erzeugermixe sowohl für Strom als auch Fernwärme nicht so stark schwanken im Vergleich zu den Energiepreisen. Die Berücksichtigung konstanter Klimakosten reduziert somit die Amortisationszeit und zugleich ihre Abhängigkeit von schwankenden Energiepreisen.

B.4 Globaler Kontext

Die KTK ist in Deutschland nicht durch die integrierten Hüttenwerke adaptiert worden. Im globalen Kontext ist dies jedoch der Fall. Besonders viele Anlagen sind in Asien vorhanden (108 Anlagen), wobei rund 50% der Anlagen in China und rund 30% der Anlagen in Japan stehen. Es

gibt zudem auch Anlagen im europäischen Raum, wobei der Großteil der Anlagen in Russland oder der Ukraine stehen (19 von 25 Anlagen); eigene Auswertung auf Basis der VDEh PLANTFACTS database von 2019.

Japan forcierte die Diffusion der KTK in Vergangenheit durch staatliche Unterstützung. Dies ist zunächst vermutlich darin begründet, dass Japan wenig eigene fossile Energieträger hat, als auch dass seine Voraussetzungen für die Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien weniger günstig sind (Johnsson et al. 2019). Durch die KTK wird die importierte Kohle zur Herstellung des Kokes effizienter genutzt, denn schließlich wird aus der Kohle nicht nur Koks erzeugt, sondern es wird ebenfalls elektrischer Strom durch die Abwärmenutzung in der Kokerei erzeugt. Dies reduziert Rohstoffimporte zur Erzeugung von elektrischem Strom an anderer Stelle und ist somit konsistent mit den energiepolitischen Zielen Japans. Zum anderen haben japanische Stahlhersteller besonders früh angefangen die KTK zu adaptieren (vgl. Nippon Steel) und somit technologisches Wissen in den Unternehmen aufgebaut. Daher wurde der Export der Technologie in Vergangenheit auch als Möglichkeit zur Erreichung von Zielen im Rahmen des Kyoto-Protokolls und dem damit zusammenhängenden Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung (Clean Development Mechanism, CDM) gesehen (CTCN). Das japanische Ministerium für Internationalen Handel und Industrie (MITI) hat daher den Wissenstransfer der Technologie im Rahmen von bestimmten Programmen (bspw. dem Green Aid Plan GAP) unterstützt. Dies hat unter anderem auch geholfen die Adaption der Technologie in China zu befördern (CTCN).

Die Diffusion der KTK wurde in China im Rahmen von Schlüsselprojekten durch den zehnten und elften Fünfjahresplan (2000 – 2010) unterstützt (CTCN). China leidet unter extremen Wassermangel, besonders auch in industrieintensiven Regionen (Financial Times 2018). Zudem nimmt die Stromnachfrage stetig zu. Dies könnten Gründe für die strategische Verankerung in den Plänen sein – neben den Effizienzvorteilen.

Die KTK hat Vorteile in Regionen, in denen besonders niedrige Temperaturen herrschen. Dies kann, neben den anderen Gründen, eine Erklärung für den Verbreitungsgrad in Russland und der Ukraine sein, die für eine Installation des Systems spricht.

Der Blick auf den globalen Kontext deutet somit darauf hin, dass die Diffusion der KTK nicht nur durch wirtschaftliche Faktoren, sondern insbesondere auch durch weitere Faktoren unterstützt werden kann.

B.5 Synthese: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und globaler Kontext

Die rückblickende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für die KTK in Deutschland zeigt, dass die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen einer höheren Verbreitung der KTK in Deutschland in der Vergangenheit eher im Wege standen.

Die Betrachtung der Verbreitung der KTK im globalen Kontext legt jedoch auch nahe, dass Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen nur ein Aspekt für die unterschiedliche Verbreitung sind. Zahlreiche andere Faktoren haben die Verbreitung der KTK global befördert. In Japan haben energiepolitische Interessen die Verbreitung vorangetrieben (Reduzierung der Energieimporte). In China ist die Wasserverfügbarkeit ein treibender Faktor für die Verbreitung. Darüber hinaus haben wahrscheinlich auch klimatische Bedingungen die Verbreitung in kalten Regionen (z. B. in China, der Ukraine und Russland) gefördert. Insgesamt spielen also neben wirtschaftlichen Faktoren vor allem auch strategische und ressourcenbezogene Faktoren eine Rolle bei der Verbreitung der KTK.

Die zusätzlichen betriebswirtschaftliche Perspektive mit Berücksichtigung von Klimakosten zeigt anschaulich, dass die Einbeziehung von Klimakosten drastische Wirkungen auf die Wirtschaftlichkeit der KTK gehabt hätte. Mit Berücksichtigung von Klimakosten von mindestens 70 Euro pro Tonne CO₂ wären die Amortisationszeit vor dem Hinblick damaliger Energiepreise durchweg unter sechs Jahren gewesen. Dies hätte die Diffusion der KTK maßgeblich befördern können. Eine Regulierung dafür gab es damals jedoch nicht.

B.6 Fazit

Die KTK ist eine Technologie, die in Vergangenheit die Ressourcenausnutzung in Deutschland verbessert hätte. Die importierte Kohlemenge hätte energetisch hochwertiger ausgenutzt werden können und im Energiesystem wären bspw. durch Abwärmeverstromung an anderer Stelle Ressourcen wie Kohle und Wasser eingespart worden. Bei Berücksichtigung der Klimakosten wäre die KTK aus gesamtwirtschaftlicher Sicht deutlich wirtschaftlicher gewesen, als sie ohnehin schon war, denn auch ohne Klimakosten hätte sich eine entsprechende Investition innerhalb der Lebensdauer der Anlage amortisiert. Die umweltpolitischen Rahmenbedingungen waren jedoch nicht darauf ausgerichtet, dass die aus gesamtwirtschaftlicher Sicht gebotene Implementierung der KTK in Deutschland sicher gestellt wurde.

Im Rahmen eines allgemeineren Kontextes stellt sich somit die Frage welche umweltpolitischen Instrumente geeignet gewesen wären Umweltkosten zu berücksichtigen und diese zu internalisieren. Auch mit Blick auf die Zukunft stellt sich die Frage welche Schlüsse gezogen werden können. Dies wird für die drei Bereiche Fördern, Fordern und Informieren andiskutiert und in den Kontext der Reformansätze von Kapitel 3 gestellt.

Informieren: Fundamentale Entwicklungen im Bereich der KTK wurden in Europa durchgeführt (bspw. durch Siemens VAI in den 1980er-Jahren). Es ist daher nicht davon auszugehen, dass die Technologie in Europa unbekannt war. Es ist unklar, inwieweit Betriebserfahrungen für die Technologie frühzeitig in relevanten Netzwerken kommuniziert wurden. Dies hätte ein Punkt sein können, der zumindest prinzipiell einer höheren Verbreitung der Technologie gedient hätte. Für die Zukunft bedeutet dies im Rahmen sehr spezifischer Technologien Konzepte zum Wissenstransfer in die entscheidenden Netzwerke frühzeitig zu etablieren.

Fördern: Die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen hätten verbessert werden können. Dies hätte ggf. eine höhere Diffusion der KTK zur Folge gehabt. Es gab zwar eine Förderung der Abwärmeverstromung nach dem KWKG, diese war aber vermutlich nicht hoch genug, um die Investition besonders attraktiv zu machen. Eine Förderung speziell für die Wärmenutzung gab es nicht. Hier wären Fördermaßnahmen im Bereich „Effiziente Energienutzung/Abwärmenutzung“ oder „Innovative Technologien“ mögliche Ansätze gewesen. Aber auch höhere Förderungen hätten nicht mit Sicherheit ausschließen können, dass sich die Technologie nicht durchsetzt, weil z.B. andere unternehmensinterne Barrieren (fehlendes Wissen, Zeit, Ehrgeiz etc.) im Weg standen. Für die Zukunft bedeutet dies frühzeitig Anzeichen zu sichten, die darauf hindeuten, dass ressourcenschonende Technologien aufgrund von wirtschaftlichen Rahmenbedingungen nicht diffundieren. Auf Basis dieses Wissens kann evaluiert werden, inwieweit politische Maßnahmen notwendig und hilfreich sind.

Fordern: Kokereien unterliegen dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG). Nach der immissionsschutzrechtlichen Grundpflicht des § 5 Abs. 1 Nr. 4 BImSchG sind genehmigungspflichtige Anlagen so zu errichten und zu betreiben, dass Energie sparsam und effizient verwendet wird. In dieser im Hinblick auf die Effizienz allgemeinen Fassung gilt dies

seit 2001. Zuvor stellten vorangegangene Fassungen des BImSchG seit 1985 expliziter auf eine Nutzung der entstehenden Wärme ab (Unnerstall und Mutert 2019), S. 214, 220 ff. .

Es sind seit 1985 ordnungsrechtliche Ansatzpunkte vorhanden, um die KTK in Kokereien zumindest bei großen Investitionen oder Neuinstallationen innerhalb der Kokereien zu fordern. Es ist jedoch unklar, wie diesbezüglich prozessuale Abläufe in den zuständigen Behörden gehandhabt werden. Im Bereich der Luftschadstoffe gibt die Verwaltungsvorschrift Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) klare Vorgaben für die Behörden. Unter Umständen hätte eine Rechtsverordnung oder Verwaltungsvorschrift im Bereich der Energieeffizienz Möglichkeiten der Behörden klarer und transparenter untermauert, die ggf. zu einer höheren Verbreitung der Technologie geführt hätten.

Abschließend lässt sich für das betrachtete Fallbeispiel natürlich nicht explizit nachweisen, welche Hemmnisse letztlich dazu geführt haben, dass sich die KTK in Deutschland nicht verbreitet hat, da letztlich keine Informationen darüber bekannt sind, was die damaligen Entscheidungsträger zu bestimmten Handlungen motiviert hat. Die rückblickende Betrachtung legt jedoch nahe, dass einige der in der Literatur häufig genannten Hemmnisse auch der Verbreitung der KTK in Deutschland im Wege standen. Die Technologie mag in der Vergangenheit wirtschaftlich gewesen sein, aber sie entsprach möglicherweise nicht den damals üblichen, recht strengen Anforderungen an die Amortisationszeit. Die Risiken wurden daher möglicherweise gescheut. Außerdem waren die Behörden, die die Technologie hätten anordnen können, möglicherweise nicht ausreichend informiert oder hatten unvollständige Informationen.

Untergesetzliche Regelungen im Rahmen des BImSchG haben das Potenzial, solche Hemmnisse abzubauen. Damit können sie wesentlich zur Verbreitung von technologischen Innovationen beitragen. Dies wiederum stimuliert eine Erhöhung des technologischen Standards in der Industrie. Wichtig ist, die Regelungen so zu gestalten, dass sie nicht selbst zu Hemmnissen werden, d.h. dass z.B. Anlagenerneuerungen nicht mehr durchgeführt werden, weil zu schwer umzusetzende Regelungen die Anlagenerneuerung unattraktiv machen. Es ist jedoch davon auszugehen, dass ein ausgewogener Mix aus Fördern, Fordern und Informieren diese Gefahr entschärfen kann. Es erscheint daher sinnvoll, sich dem Thema der untergesetzlichen Regelungen im Rahmen des BImSchG weiter zu widmen. In diesem Kontext wäre u.a. zu evaluieren, inwieweit Konkretisierungen im Hinblick auf durchzuführende Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen im Rahmen untergesetzlicher Regelwerke sinnvoll wären. Neben einer reinen einzelwirtschaftlichen bzw. betriebswirtschaftlichen Perspektive sollten auch Perspektiven berücksichtigt werden, die Klimakosten mitberücksichtigen und der Behörde somit ein ganzheitlicheres Bild darstellen. Die in dieser Studie durchgeführte betriebswirtschaftliche Betrachtung mit Berücksichtigung volkswirtschaftlicher Klimakosten stellt einen solchen Ansatzpunkt dar (siehe dazu auch Kapitel 3.2.3).

C Anwendungsfall „Prozesswärmebereitstellung“

C.1 Hintergrund und Ziele

Der Endenergieverbrauch in der Industrie ist zu rund 75 % auf die Bereitstellung von Wärme (insbesondere Prozesswärme) zurückzuführen. Somit ist zur Dekarbonisierung der Industrie die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung ein wesentlicher Baustein. Etwa 35% der Wärme wird wiederum bei Temperaturen unter 200°C bereitgestellt, die zur Erzeugung von Warmwasser-, Heißwasser, sowie Dampf eingesetzt wird. Hierbei sind die Branchen Ernährung und Tabak, Gummi- und Kunststoffwaren, das Papiergewerbe sowie die chemische Industrie besonders relevant (vgl. Kemmler et al. 2016).

Zur Dekarbonisierung der industriellen Wärmeversorgung unter 200 °C sind Technologien, die elektrischen Strom direkt zur Erzeugung von Wärme einsetzen besonders zentral. Z.B. die Hochtemperaturwärmepumpe. Die Verbreitung dieser Technologien hängt jedoch in hohem Maße davon ab, wie wirtschaftlich die Entscheidungsträger diese Technologien im Vergleich zu konkurrierenden Technologien bewerten. Z.B. wie wirtschaftlich ein Erdgaskessel im Vergleich zu einer Hochtemperaturwärmepumpe wahrgenommen wird. Dies hängt wiederum insbesondere von gegenwärtigen Energieträger- sowie CO₂-Kosten und die Erwartung bezüglich deren Entwicklung ab. Dieser Anwendungsfall soll näher beleuchtet werden. Hierfür wird ein Fall konstruiert, in der eine Hochtemperaturwärmepumpe im Vergleich zu einem Erdgaskessel für unterschiedliche Parametervariationen wirtschaftlich bewertet wird. Die Ergebnisse dieser Fallstudie werden abschließend in einem kurzen Fazit zusammengefasst.

C.2 Technologieeingrenzung

Zur Dekarbonisierung der industriellen Wärmeversorgung unter 200°C stehen prinzipiell verschiedene Strategien zur Verfügung, die wiederum auf bestimmten Energieträgern und Technologien basieren. Vereinfacht können die Strategien in die folgenden drei Gruppen eingeteilt werden: biogene Brennstoffe, synthetische Brennstoffe sowie Elektrifizierung.

In der Gruppe biogene Brennstoffe werden Brennstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen eingesetzt, um Wärme zu erzeugen. Je nach Bilanzierungsansatz können diese Brennstoffe als treibhausgasneutral oder nahezu treibhausgasneutral eingeordnet werden. Beispiele sind der Einsatz von Biogas oder Holzhackschnitzeln zur Erzeugung von Wärme. Daneben können unterschiedliche Wirkungen bei anderen (ökologischen) Nachhaltigkeitsdimensionen vorliegen. Dieser Aspekt bleibt bei der weiteren Analyse jedoch ausgeklammert.

In der Gruppe synthetische Brennstoffe werden Brennstoffe eingesetzt, die durch Einsatz von erneuerbar erzeugtem Strom hergestellt werden können. Z.B. Wasserstoff oder synthetisch erzeugtes Erdgas. Im Fall von synthetischem Erdgas können ähnliche technische Anlagen, wie gegenwärtige Erdgaskessel eingesetzt werden.

In der Gruppe Elektrifizierung wird elektrischer Strom direkt eingesetzt, um Wärme zu erzeugen. Z.B. in Elektrodenkesseln oder elektrisch betriebenen Kompressionswärmepumpen. Wird ausschließlich Strom aus erneuerbaren Energien eingesetzt, so kann die erzeugte Wärme als treibhausgasneutral aufgefasst werden. Wird Strom aus dem öffentlichen Stromnetz bezogen, so werden umso mehr Treibhausgasemissionen reduziert, umso höher der Anteil des Stroms aus erneuerbaren Energien im öffentlichen Netz ist. Da dieser Anteil im Rahmen der Klimaziele der Bundesregierung kontinuierlich gesteigert werden soll (aktuelles Ziel: mindestens 80% erneuerbare Energien bis 2050), handelt es sich beim Einsatz von Strom zur

direkten Erzeugung von Wärme somit mittel- bis langfristig auch um eine Dekarbonisierungsstrategie. Der direkte Einsatz von Strom zur Erzeugung von Wärme ist daher ein zentraler Baustein zur Dekarbonisierung der Industrie. Im Vergleich zum Einsatz von biogenen oder synthetisch erzeugten Brennstoffen zur Erzeugung von Wärme sprechen insbesondere die folgenden Gründe für einen möglichst umfassenden Einsatz von Strom zur direkten Wärmeerzeugung.

- ▶ Biogene Brennstoffe können in Zukunft möglicherweise knappe Güter sein und werden an anderer Stelle im Energiesystem benötigt. So ergibt z. B. die Modellierung der Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland, dass Nutzungskonkurrenzen für den Gebrauch von Biomasse auftreten. Die Autoren der Studie kommen zu dem Schluss, dass Biomasse langfristig vor allem im Luft- und Seeverkehr sowie in bestimmten industriellen Prozessen eingesetzt werden sollte. Diese Schlussfolgerung ergibt sich aus einem Ansatz, bei dem die volkswirtschaftlichen Kosten auf Basis einer Opportunitätsanalyse minimiert werden (Fraunhofer ISI et al. 2017). Für den Bereich der Wärmeerzeugung bedeutet dies, dass Biomasse in Zukunft sehr sparsam eingesetzt werden muss, d.h. (wenn überhaupt) mehr in Hochtemperaturanwendungen und weniger im Bereich der Prozesswärme unter 200°C.
- ▶ Zur Erzeugung von synthetischen Brennstoffen sind zusätzliche Umwandlungsschritte im Energiesystem notwendig. Z.B. indem Wasserstoff mittels Elektrolyse erzeugt wird. Dies geht wiederum mit zusätzlichen Energieverlusten einher. Aus systemischer Perspektive ist der Einsatz von synthetischen Brennstoffen für die Wärmeerzeugung im Vergleich zum direkten Einsatz von elektrischem Strom daher weniger effizient.
- ▶ Für den Temperaturbereich unter 200°C stehen im Prinzip gegenwärtig schon Technologien zur Verfügung, mit denen eine strombasierte Wärmeerzeugung möglich ist. Vor dem Hintergrund eines steigenden Anteils erneuerbarer Energien bei der Stromerzeugung kann die Dekarbonisierung dieses Bereichs der industriellen Wärmeversorgung somit bereits gegenwärtig schrittweise beginnen.

In dieser Fallstudie beschäftigen wir uns daher mit dem direkten Einsatz von elektrischem Strom zur Wärmebereitstellung. Im Rahmen der Fallstudie wird hierfür ein fiktiver Anwendungsfall konstruiert, der jedoch plausibel für industrielle Anwendungen im Bereich der Prozesswärmebereitstellung ist. Für diesen Fall werden zwei Wärmeerzeugungstechnologien wirtschaftlich bewertet und miteinander verglichen. Bei der ersten Technologie handelt es sich um einen mit Erdgaskessel. Diese Technologie steht somit für den Bestand, den es zwecks Dekarbonisierung zu verdrängen gilt. Bei der zweiten Technologie handelt es sich um eine Hochtemperaturwärmepumpe. Im Gegensatz zu Elektrodenkesseln nutzt die Hochtemperaturwärmepumpe neben elektrischer Energie auch Umweltwärme und/oder industrielle Abwärme zur Erzeugung von Prozesswärme. Sie kann daher prinzipiell als effizienter aufgefasst werden und wurde deswegen als Variante für den direkten Einsatz von Strom zur Erzeugung von Wärme gewählt.

C.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden zunächst fiktive Anwendungsfälle konstruiert. Für diese Fälle wird eine Wirtschaftlichkeitsbewertung für die betrachteten Technologien Erdgaskessel sowie Hochtemperaturwärmepumpe durchgeführt. Dabei werden Parameter und Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden zunächst fiktive

Anwendungsfälle konstruiert. Für diese Fälle wird eine Wirtschaftlichkeitsbewertung für die betrachteten Technologien Erdgaskessel sowie Hochtemperaturwärmepumpe durchgeführt. Dabei werden Parameter und Betrachtungszeitpunkte variiert, um zu ermitteln unter welchen Bedingungen die Hochtemperaturwärmepumpe wirtschaftlich attraktiver ist im Vergleich zu einem Erdgaskessel?

Im folgenden Abschnitt ‚Annahmen‘ werden zunächst die technischen und wirtschaftlichen Annahmen für die fiktiven Anwendungsfälle dargestellt. Im Abschnitt ‚Vorgehensweise‘ wird die Art der wirtschaftlichen Bewertung genannt und darauf aufbauend werden die untersuchten technischen Szenarien präsentiert. D.h. es wird gezeigt, welche Parameter in welchen Szenarien wie variiert worden sind.

C.3.1 Annahmen

Technologien

Für die Fallstudie wird angenommen, dass Dampf oder Heißwasser bei einer Temperatur von 110°C geliefert werden soll. Dies wird für zwei unterschiedliche Wärmeabnahmemengen differenziert. Der erste Fall stellt eine eher kleine Lieferleistung dar (1 MW) und der zweite eine eher mittelgroße bis große Lieferleistung (20 MW). Für diese zwei Fälle können nun entweder der Erdgaskessel oder die Hochtemperaturwärmepumpe (nachfolgend verkürzt als Wärmepumpe bezeichnet) eingesetzt werden. Diese haben wiederum bestimmte Wirkungsgrade, die beschreiben, wieviel Energie eingesetzt werden muss, um die entsprechende Liefermenge bereit zu stellen. Tabelle 13 stellt die Annahmen dar.

Tabelle 13: Annahmen: Technologiedaten für Wärmeerzeuger

Anwendungsfälle	Mittlerer Kessel		Kleiner Kessel	
	Erdgaskessel	Wärmepumpe	Erdgaskessel	Wärmepumpe
Lebensdauer (Jahre)	20			
Betriebszeit p.a. (Stunden)	3.500			
Energieträger	Erdgas	Strom	Erdgas	Strom
Wirkungsgrad/COP*	0,9	2,7	0,9	2,7
Quelle *	Fleiter et al. (2016)	Arpagus (2019)	Fleiter et al. (2016)	Arpagus (2019)
Leistungsaufnahme Energieträger (kW)	22.222	7.377	1.111	369
Leistungsabgabe - Wärme (kW)	20.000		1.000	
Jährlicher Energieträgerbedarf (kWh)	77.777.778	25.820.662	3.888.889	1.291.033

Quelle: Eigene Annahmen, Fraunhofer ISI, basierend auf den angegebenen Quellen.

Investitionen

Insbesondere im Bereich der Wärmepumpe streuen Annahmen bzgl. der Investitionen eher weit. Im Rahmen der Fallstudie wurden daher für die Wärmepumpe der niedrigste und der höchste Wert, der in der Literatur gefunden wurde verwendet. Die verwendeten Annahmen für Investitionen sind in Tabelle 14 dargestellt.

Tabelle 14: Annahmen: Investitionen für Wärmerzeuger

Kategorie	Erdgaskessel (klein)	Erdgaskessel (mittel)	Wärmepumpe (mittel)		Wärmepumpe (klein)	
			Niedrig	Hoch	Niedrig	Hoch
Investitionen (€/kW _{thermisch})	100	80	250	670	250	1.240
Quelle	Fleiter et al. (2016)		Arpagus (2019)	Danish Energy Agency (2016)	Arpagus (2019)	Danish Energy Agency (2016)

Quelle: eigene Darstellung Fraunhofer ISI, auf Basis der angegebenen Quellen in der Tabelle.

Energieträgerpreise

Für Annahmen zu Energieträgerpreisen wurden vier Energieträgerpreisprojektion verwendet, die nachfolgend erläutert werden.

Die Projektion ‚Prognos x Eurostat‘ wurde auf Basis von zwei Quellen erstellt. Die erste Quelle ist die Energiereferenzprognose von prognos et al. (2014), die für das BMWi erstellt worden ist. Dort werden Preise für Energieträger in die Zukunft projiziert. Auf Basis dieser Quelle wurden relative Kennziffern abgeleitet, die die projizierten Preise in Relation zum Preis im Jahr 2020 prozentual darstellen. Die zweite Quelle ist Eurostat (Werte für 2019). Dort werden Strom- und Gaspreise für industrielle Abnehmer für bestimmte Abnahmemengen in Zeitreihen dargestellt (vgl. Eurostat). Für die Erstellung der Projektion wurden somit Preise für das Jahr 2020 entsprechend der Abnahmemenge der betrachteten Technologien verwendet (vgl. Tabelle 15). Die Projektion differenziert somit entsprechend zwischen den Größenklassen der betrachteten Anlagen. Die Projektion wurde schließlich erstellt, indem diese Preise mit den relativen Kennziffern für die jeweiligen zukünftigen Jahre multipliziert worden sind.

Die Projektion ‚Ungünstig für Wärmepumpe‘ geht von einer ungünstigen Energiepreisentwicklung für die Wärmepumpe aus. Sie wurde wie folgt erstellt. Der Preis für Strom und Gas für das Startjahr (2020) wurde von ‚Prognos x Eurostat‘ übernommen. Dann wird angenommen, dass der Gaspreis bis 2050, ausgehend vom Startjahr, linear um 20% sinkt. Für den Strompreis wird äquivalent angenommen, dass der Preis um 10 % steigen wird. Vergleichbare Schwankungen der Strom- und Gaspreise wurden für industrielle Abnehmer in den letzten 20 Jahren bereits beobachtet (vgl. Statistisches Bundesamt (2020)).

Die Projektion ‚Günstig für Wärmepumpe‘ erstellt einen günstigen Verlauf der Energiepreisentwicklung für die Wärmepumpe. Zur Erstellung dieser Projektion wurde die Projektion ‚Prognos x Eurostat‘ verwendet und es wurden nachfolgende Anpassungen vorgenommen. Die Strompreise fallen bis 2050 um 25% im Vergleich zur Projektion ‚Prognos x Eurostat‘, die Erdgaspreise bleiben identisch.

Die Projektion ‚Konstant‘ geht davon aus, dass die Preise konstant bleiben. Die verwendeten Projektionen sind abschließend in Tabelle 15 dargestellt.

Tabelle 15: Annahmen: Energiepreisprojektionen

Projektion	Energieträger (Größenklasse)	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Konstant	Strom (Mittlerer Kessel)	10,0						
	Strom (Kleiner Kessel)	15,8						
	Erdgas (Mittlerer Kessel)	2,4						
	Erdgas (Kleiner Kessel)	3,0						
Prognos x Eurostat	Strom (Mittlerer Kessel)	10,0	11,2	9,9	9,8	9,6	9,4	9,3
	Strom (Kleiner Kessel)	15,8	17,6	15,6	15,4	15,1	14,9	14,6
	Erdgas (Mittlerer Kessel)	2,4	2,5	2,5	2,6	2,7	2,7	2,7
	Erdgas (Kleiner Kessel)	3,0	3,1	3,1	3,2	3,3	3,3	3,3
Ungünstig für Wärmepumpe	Strom (+10%) (Mittlerer Kessel)	10,0	10,2	10,4	10,5	10,7	10,9	11,0
	Strom (+10%) (Kleiner Kessel)	15,8	16,1	16,3	16,6	16,9	17,1	17,4
	Erdgas (-20%) (Mittlerer Kessel)	2,4	2,3	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9
	Erdgas (-20%) (Kleiner Kessel)	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6	2,6	2,4
Günstig für Wärmepumpe	Strom (-25%) (Mittlerer Kessel)	7,5	8,4	7,4	7,3	7,2	7,1	7,0
	Strom (-25%) (Kleiner Kessel)	11,9	13,2	11,7	11,5	11,3	11,1	11,0
	Erdgas (Mittlerer Kessel)	2,4	2,5	2,5	2,6	2,7	2,7	2,7
	Erdgas (Kleiner Kessel)	3,0	3,1	3,1	3,2	3,3	3,3	3,3

* Exkl. Mehrwertsteuer und anderer rückforderbarer Steuern und Abgaben

Quelle: Annahmen Fraunhofer ISI basierend auf den im Text genannten Quellen

CO₂-Kosten

Für Annahmen zu zukünftigen CO₂-Kosten wurden drei unterschiedliche Projektionen verwendet. Die erste Projektion ‚Klimapaket minimal‘ unterstellt, dass die von der Bunderegierung im Rahmen des Klimapakets beschlossenen klimapolitischen Instrumente umgesetzt werden, jedoch auf einem minimalen Preispfad verharren.

Bei der zweiten Projektion ‚Klimapaket moderat‘ werden die Maßnahmen umgesetzt und es folgt danach ein Anstieg der CO₂-Kosten auf 240 Euro pro Tonne im Jahr 2050.

Die dritte Projektion ‚UBA - Umweltkosten‘ orientiert sich an dem unteren Verlauf der Klimaschadenskosten (Zeitpräferenzrate von 1%) aus der ‚Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten - Kostensätze‘ des Umweltbundesamtes. Konkret werden die

Kosten von 180 Euro pro Tonne CO₂-equivalent im Jahr 2020 kontinuierlich auf 240 Euro pro Tonne CO₂-equivalent im Jahr 2050 gesteigert⁵¹. Einen Überblick über die verwendeten Annahmen gibt Tabelle 16.

Tabelle 16: Annahmen: CO₂-Kostenprojektionen

Projektion	2021	2026	2030	2035	2040	2045	2050
Klimapaket minimal	25*	55					
Klimapaket moderat	25	62	92	129	166	203	240
UBA - Klimaschadenskosten	180	195	205	214	223	232	240

* Schrittweiser Anstieg von 25 Euro pro Tonne in 2021 auf 55 Euro pro Tonne in 2025

Quelle: Annahmen Fraunhofer ISI basierend auf den im Text genannten Quellen.

CO₂-Emissionen

Für die Errechnung von CO₂-Emissionen für die jeweiligen Technologien wurde für die Verwendung von Erdgas ein Emissionsfaktor von 0,247 Tonnen CO₂-äquivalenten pro MWh Verbrauch (t CO₂/MWh) angenommen. Für die Verwendung von Strom aus dem öffentlichen Netz wurde ein über die Zeit fallender Emissionsfaktor aus (Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI) et al. 2017) abgeleitet, der mit den aktuellen Klimazielen der Bundesregierung vereinbar ist (vgl. Tabelle 17). Allerdings dürfte das Ambitionsniveau in Zukunft steigen, denn in der Endphase dieser Studie hat sich der EU-Gipfel auf strengere Klimaziele für 2030 geeinigt.

Tabelle 17: Annahmen für die Wirtschaftlichkeitsbewertung der KTK

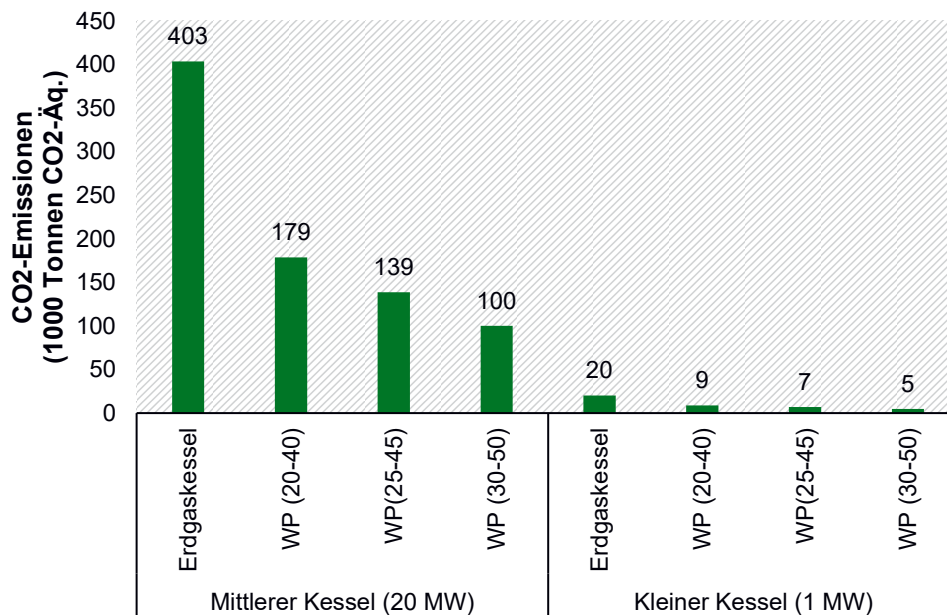
Projektion	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Emissionsfaktor Strom (tCO ₂ -äq/MWh)	0,467	0,407	0,348	0,254	0,160	0,114	0,067

Quelle: eigene Darstellung basierend auf (Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI) et al. 2017).

Mit obigen Emissionsfaktoren ergeben unter Einbeziehung der Technologiedaten aus Tabelle 13 Emissionen für die Lebensdauer entsprechend Abbildung 24.

⁵¹ Die aktualisierten Kosten von 195 €/t aus der Methodenkonvention 3.1 lagen zum Zeitpunkt der Berechnungen noch nicht vor.

Abbildung 24: CO₂-Emissionen der betrachteten Technologien für eine Nutzungsdauer von 20 Jahren. Die Werte in Klammern stellen den jeweiligen Zeitraum dar (z. B. 20-40 = 2020 bis 2040)



Quelle: eigene Darstellung, Fraunhofer ISI.

Sonstige Annahmen

Für die Berechnung der PKBW wurde ein Kalkulationszins von 1.7% angenommen (in Anlehnung an den Bundesverkehrswegeplan 2030). Die Betriebs- und Wartungskosten wurden mit 1% bezogen auf die Investitionssumme veranschlagt.

C.3.2 Vorgehensweise

Im Rahmen der Fallstudie handelt es sich um zwei Projektalternativen (Erdgaskessel vs. Wärmepumpe), die einen gewissen Nutzen (Wärmebereitstellung) in Zukunft erbringen. Diesem Nutzen stehen Kosten gegenüber, die gegenwärtig sowie in Zukunft entstehen. Für die wirtschaftliche Abwägung der Alternativen bietet es sich somit an Kapitalwerte (nachfolgend mit Projektkostenbarwert bezeichnet) für die Projektalternativen zu vergleichen. Hierbei werden Kosten, die zukünftig entstehen auf den Zeitpunkt der Anfangsinvestition abdiskontiert und die Projektalternativen werden somit anhand einer Kennziffer vergleichbar gemacht.

Im Rahmen der wirtschaftlichen Bewertung wurden unterschiedliche Parametervariationen erstellt, die dann in unterschiedlichen technischen Szenarien münden. Für diese technischen Szenarien wurden dann die entsprechenden Projektkostenbarwerte errechnet. Nachfolgende Parametervariationen wurden für die zwei Projektalternativen verwendet.

3 x Zeitpunkte der Anfangsinvestition

2020, 2025, 2030

2 x Größenklassen

Kleiner Kessel - 1.000 kW

Mittlerer Kessel - 20.000 kW

3 x Annahmen für Investitionen für Wärmepumpen

WP-Hoch: hoher Wert aus Literatur

WP-Niedrig: niedriger Wert aus Literatur

WP-Kostenlos: Investition für Wärmepumpe sind null

3 x unterschiedliche CO₂-Kostenpfade

Klimapaket Minimal (25/55/55)

Klimapaket Moderat (25/92/240)

UBA Umweltkosten (180/205/240)

4 x Energiepreisprojektionen

Energiepreise: konstant

Energiepreise: Prognos x Eurostat

Energiepreise: ungünstig für Wärmepumpe

Energiepreise: günstig für Wärmepumpe

In Summe ergeben sich somit 216 Parametervariationen. Für diese Szenarien wurden Projektkostenbarwerte berechnet, die im Abschnitt Ergebnisse präsentiert werden.

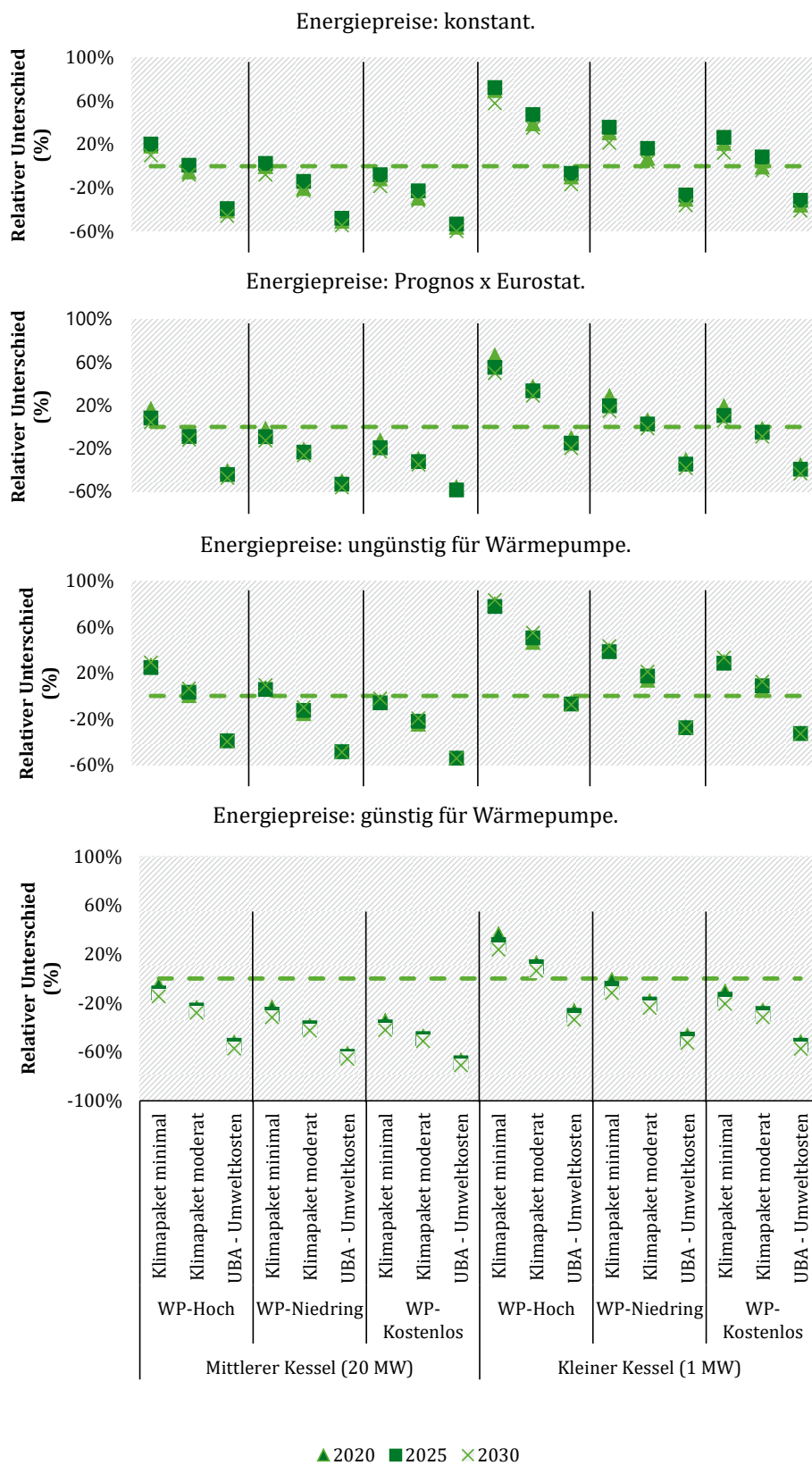
C.3.3 Ergebnisse

Zur Darstellung der Ergebnisse wurden die Projektkostenbarwerte (PKBW) der zwei Projektalternativen (Erdgaskessel vs. Wärmepumpe) für die 54 technischen Szenarien relativ zueinander ins Verhältnis gesetzt. Dieser relative Unterschied zwischen den Technologien je Szenario wurde wie folgt berechnet: *Relativer Unterschied (%)* = $\left(\frac{\text{Projektkostenbarwert Erdgaskessel}}{\text{Projektkostenbarwert Wärmepumpe}} \right) \cdot 100$. Ist der Wert somit kleiner als null, so hat die Wärmepumpe einen kleineren Projektkostenbarwert als der Erdgaskessel und ist somit wirtschaftlicher. Ist der Wert größer als null, so verhält es sich umgekehrt. Die relativen Unterschiede für die technischen Szenarien sind in Abbildung 25 dargestellt. Folgendes ist zu erkennen.

- ▶ Für den mittleren Kessel ist der PKBW für die Wärmepumpe für 91 der 108 Parameterkombinationen geringer.
- ▶ Für den kleinen Kessel ist der PKBW für die Wärmepumpe für 54 der 108 Parameterkombinationen geringer.
 - Die Wirtschaftlichkeit der Wärmepumpe hängt im Vergleich zur hier betrachteten Konkurrenztechnologie also insbesondere auch von der Größe der Anlage ab.
 - Mit höheren CO₂-Kostenpfaden wird die Wärmepumpe wettbewerbsfähiger. Insbesondere für die kleine Wärmepumpe ist dies ein zentraler Hebel, neben den Annahmen für die Energiepreise.
 - Warum macht der Investitionszeitpunkt bzw. der Dekarbonisierungsgrad der Stromerzeugung (sinkende spezifische Emissionsfaktoren) einen solch geringen Unterschied (die Punkte liegen sehr dicht bei- /aufeinander)? Im Falle ohne Investitionskosten für die WP müsste es doch einen merklichen Unterschied machen?

Dies sieht man aber an den Punkten kaum. Bei den hohen Klimakosten scheinen die Punkte sogar übereinander zu liegen.

Abbildung 25: PKBW im Vergleich für die Parametervariationen

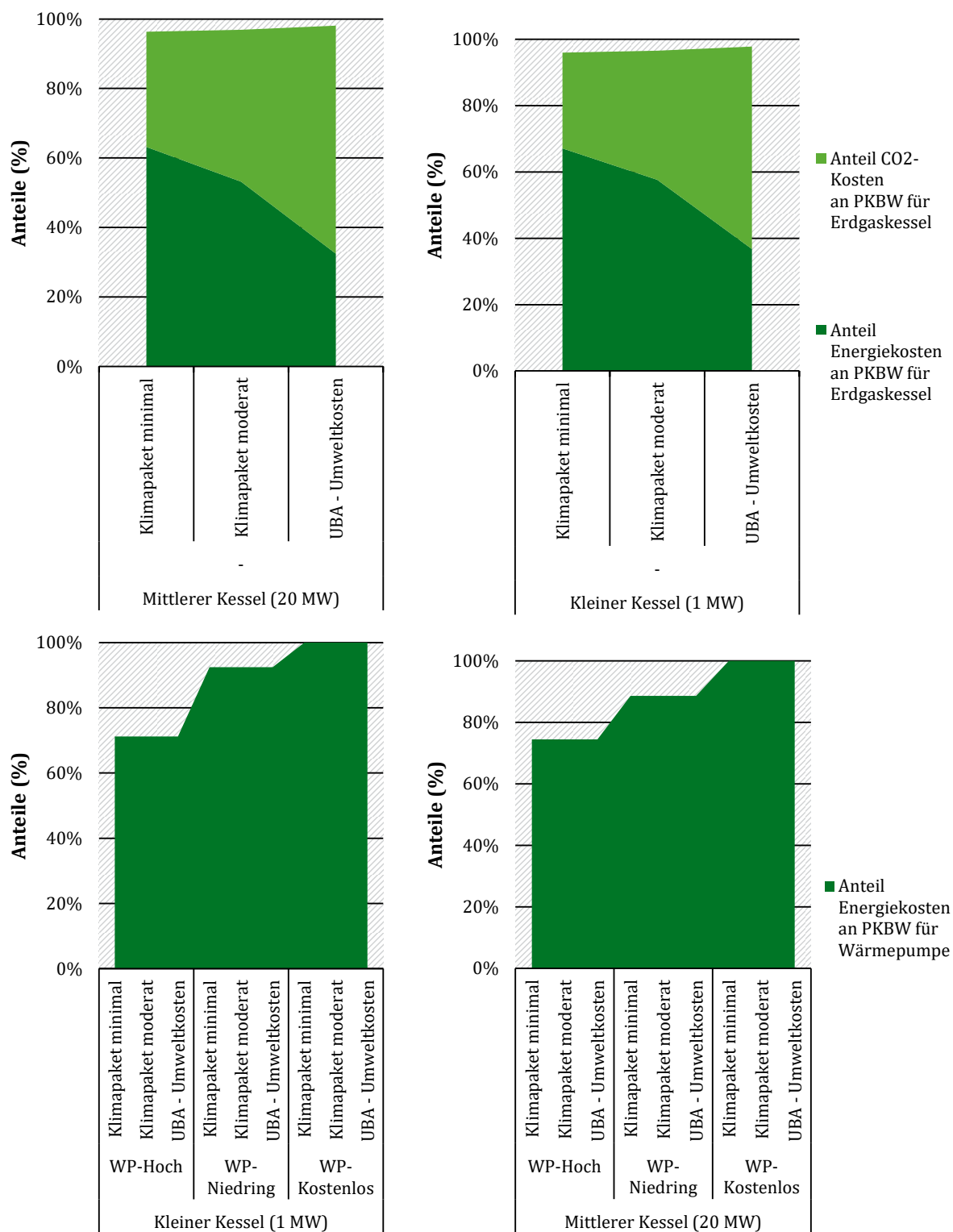


Quelle: eigene Darstellung, Fraunhofer ISI.

In Abbildung 26 sind die Anteile für CO₂-Kosten und Kosten für Energieträger (Energiekosten) am Projektkostenbarwert (PKBW) für die Energiepreisprojektionen ‚Prognos x Eurostat‘ dargestellt.

Es ist zu erkennen, dass bei beiden Technologien die Betriebskosten dominieren und die Investitionen eine geringe oder fast keine Rolle spielen. Im Vergleich dazu erfordert die Wärmepumpe jedoch zum Teil merkliche Anfangsinvestitionen. Bei der Wärmepumpe sind die Betriebskosten hauptsächlich auf die Energiekosten zurückzuführen, beim Erdgaskessel sind die CO₂-Kosten ein wesentlicher zusätzlicher Punkt in den Betriebskosten, der je nach Fall sogar nahe an den Energiekosten liegt oder diese übersteigt.

Abbildung 26: Energie- und CO₂-Kosten der Prozesswärmebereitstellung im Vergleich; für eine Nutzungsdauer von 2025 bis 2045



Quelle: eigene Darstellung, Fraunhofer ISI.

C.4 Fazit

Situation der Entscheider (Einflussfaktoren)

Die durchgeführte Fallstudie zeigt exemplarisch, welche Parameter sich in welche Richtung entwickeln müssen, um die Hochtemperatur-Wärmepumpe im Vergleich zu einem Erdgaskessel wirtschaftlich attraktiver zu machen. Grundsätzlich wird deutlich, dass es insbesondere im Bereich der Betriebskosten zentrale Stellhebel gibt, um eine höhere Wirtschaftlichkeit der Wärmepumpe gegenüber einem Erdgaskessel zu erreichen. Und genau hier wird die Komplexität des Themas deutlich. Denn die Analyse zeigt, dass sich die Entscheider bei der Entscheidung für oder gegen eine Technologie mit erheblichen Kostenrisiken auseinandersetzen müssen.

Kostenrisiken ergeben sich zum einen aus den Energiemärkten, in der Fallstudie aus dem Strom- und dem Erdgasmarkt und damit verbunden aus dem Verhältnis von Strom- und Erdgaspreis. Die Komplexität ergibt sich hier nicht nur daraus, dass die Märkte ohnehin schwer zu prognostizieren sind, sondern auch daraus, dass die Märkte prinzipiell auch unterschiedlich auf Signale des Weltmarktes reagieren. So ist beispielsweise der Erdgasmarkt ein globaler Markt, der Strommarkt aber eher ein nationaler oder europäischer Markt. Daher kann z. B. folgende Situation eintreten: Der Strompreis wird billiger, was sich aber nicht in einem Vorteil für die Wärmepumpe niederschlägt, da auch der Erdgaspreis billiger wird und somit gegensteuert (z.B. durch einen globalen Nachfragerückgang).

Zum anderen ergeben sich erhebliche Risiken aus staatlich regulierten Energiepreiskomponenten (Energiesteuern, EEG-Umlage, Netzentgelte, CO₂-Kosten etc.). Die Fallstudie hat gezeigt, dass u.a. die zu erwartenden CO₂-Kosten einen erheblichen Einfluss auf die berechnete Wirtschaftlichkeit haben. Je nachdem, wie zuverlässig diese vorhergesagt werden können, verringert oder erhöht dies die Unsicherheit der Entscheidungsfindung. So werden z.B. CO₂-Kosten, die über eine Mengenlösung (z.B. Emissionshandel) gebildet werden, tendenziell mit einer höheren Unsicherheit prognostiziert als CO₂-Kosten, die über eine Preislösung (z.B. CO₂-Steuer) gebildet werden.

Politische Instrumente

Will der Gesetzgeber nun die Entscheidungsträger beeinflussen, sich für und gegen eine andere Technologie zu entscheiden, ist es sinnvoll, die Situation der Entscheidungsträger abzubilden, wie es z. B. in der Fallstudie gemacht wurde. Für die Fallstudie bedeutet dies z.B., dass eine stärkere Diffusion von Wärmepumpen erreicht werden kann, wenn staatlich regulierte Energiepreiskomponenten für Wärmepumpen reduziert und Preisrisiken minimiert werden. Dies kann erreicht werden, indem staatlich regulierte Energiepreisbestandteile durch Ausnahmeregelungen (z.B. Reduktion von EEG-Umlage, Stromsteuer, Energiesteuer, Netzentgelte, etc.) reduziert werden. Die Ausnahmetatbestände können dann wiederum an Bedingungen geknüpft sein; ein Beispiel hierfür ist der Stromsteuer-Spitzenausgleich, für den Unternehmen ein Energiemanagementsystem nachweisen müssen. Darüber hinaus können Risiken minimiert werden, indem z.B. ein planbarer und ambitionierter Pfad für die CO₂-Kosten festgelegt wird.

Darüber hinaus können Förderinstrumente in Betracht gezogen werden. Für die Fallstudie sind diese jedoch nur dann wirklich effektiv, wenn sie auch die Betriebskosten adressieren, da sich gezeigt hat, dass die Investitionen eine untergeordnete Rolle bei den gesamten Lebenszykluskosten spielen.

Auch ordnungsrechtlichen Instrumente kommen in Betracht. Im Bereich der energiebezogenen Produkte ist die Ökodesign-Richtlinie ein gutes Beispiel, die es erlaubt, Produktgruppen zu

regulieren. In diesem Rahmen können z.B. Mindesteffizienzen für Produktgruppen gefordert werden, die auf den Markt gebracht werden. Ein bekanntes Beispiel in diesem Zusammenhang ist die Verordnung über Haushaltslampen VO 244/2009, die durch die Festlegung von Anforderungen an den Lampenwirkungsgrad letztlich zum Verbot von Glühlampen führte.

D Anwendungsfall Berücksichtigung externer Kosten in der öffentlichen Beschaffung am Beispiel von Baumaschinen

D.1 Einleitung – externe Kosten in der öffentlichen Beschaffung

Im Vergaberecht und der öffentlichen Beschaffung sind weitreichende Möglichkeiten vorgesehen, mit einer zu beschaffenden Leistung in Verbindung stehende Umweltaspekte bei der Auswahl einer Leistung zu berücksichtigen. Dies ist in allen Phasen eines Beschaffungsprozesses möglich, von der Festlegung des Beschaffungsgegenstandes, über die Definition der technischen Spezifikationen und Zuschlagskriterien, bis zur Ausführung der Leistung.

Eine wesentliche Methode für die Bewertung von zu beschaffenden Leistungen sind sogenannte Lebenszykluskosten, die eine Bewertung nicht nur nach dem nominellen Preis einer Leistung, sondern nach Möglichkeit allen damit einhergehenden Kosten erlauben. Lebenszykluskosten dürfen als Zuschlagskriterium bei der Beschaffung von Waren und Dienstleistungen nach § 59 Vergabeverordnung (VgV)⁵² berücksichtigt werden⁵³. Die Berechnung erfolgt dann anhand der Vorgaben in § 59 VgV. Die Berechnungsmethode für die Lebenszykluskosten kann nach § 59 Abs. 2 VgV umfassen⁵⁴:

- ▶ Anschaffungskosten,
- ▶ Nutzungskosten (insbesondere den Verbrauch von Energie und anderen Ressourcen),
- ▶ Wartungskosten,
- ▶ Kosten am Ende der Nutzungsdauer (z. B. Entsorgung von Altgeräten) sowie
- ▶ Kosten, die durch die externen Effekte der Umweltbelastung entstehen, die mit der ausgeschriebenen Leistung während ihres Lebenszyklus in Verbindung stehen, sofern ihr Geldwert bestimmt und geprüft werden kann (z. B. Kosten der Emission von Treibhausgasen oder anderen Schadstoffen).
- ▶ Für die Beschaffung von Straßenfahrzeugen ist der Einbezug externer Kosten über das EU-Vergaberecht vorgeschrieben. Allerdings ist offengelassen, ob dies durch eine Monetarisierung der externen Kosten erfolgt oder durch eine andere angemessene Berücksichtigung der entsprechenden Umweltauswirkungen.

Die in Deutschland für die öffentliche Beschaffung als Vorlagen bereit gestellten Tools für die Berücksichtigung und Berechnung von Lebenszykluskosten beinhalten bisher wichtige direkte Kosten, die mit einer zu beschaffenden Leistung in Verbindung stehen. Es stellt sich die Frage, ob und wie eine systematische Berücksichtigung von monetarisierten externen Kosten zu veränderten Entscheidungskalkülen bei der öffentlichen Beschaffung führen könnte und welche Vor- und Nachteile ein solcher Ansatz hätte.

⁵² Verordnung über die Vergabe öffentlicher Aufträge (Vergabeverordnung – VgV) in der Fassung der Verordnung zur Modernisierung des Vergaberechts (Vergaberechtsmodernisierungsverordnung – VergMod-VO) vom 12.04.2016 (BGBl. I S. 624) auf Grund der §§ 113 und 114 Absatz 2 Satz 4 des Gesetzes gegen Wettbewerbsbeschränkungen, die durch Artikel 1 Nummer 2 des Gesetzes vom 17.02.2016 (BGBl. I S. 203) neu gefasst worden sind.

⁵³ Nach § 43 Abs. 4 der Unterschwellenvergabeordnung (UVgO) können Lebenszykluskosten als Zuschlagskriterium auch im Unterschwellenbereich berücksichtigt werden. Verfahrensordnung für die Vergabe öffentlicher Liefer- und Dienstleistungsaufträge unterhalb der EU-Schwellenwerte (Unterschwellenvergabeordnung – UVgO), Bundesanzeiger AT vom 7.02.2017 B1.

⁵⁴ Vgl. Einführung in die Berechnung von Lebenszykluskosten und deren Nutzung im Beschaffungsprozess. Umweltfreundliche Beschaffung. Schulungsskript 2. Baron, Y.; Gröger, J., Herausgeber: Umweltbundesamt. 8/2019. Link: bit.ly/2dowYYI

Eine interessante Grundlage hierfür bietet insbesondere die UBA Methodenkonvention, die Empfehlungen für spezifische Kostensätze (auf Basis von Schadenskosten) für ausgewählte Umweltauswirkungen (insb. THG-Emissionen, Luftschadstoffe, Lärm sowie spezifisch für Verkehr und Energie) gibt. Damit steht eine gute referenzierbare Basis für die Monetarisierung externer Kosten zur Verfügung.

D.2 Unterscheidung möglicher Anwendungsfälle für externe Kosten in der öffentlichen Beschaffung

Grundsätzlich können externe Kosten in alle Phasen des Beschaffungsverfahrens einbezogen werden. Nachfolgend werden drei Anwendungsfälle unterschieden, in welcher Form dies grundsätzlich geschehen kann. Die verschiedenen Fälle schließen sich dabei nicht automatisch gegenseitig aus. Konkret handelt es sich um:

- ▶ Alternative 1: Externe Kosten als Argumentationshilfe für die Begründung der Auswahl des Beschaffungsgegenstandes
- ▶ Alternative 2: Externe Kosten im Kontext der Lebenszykluskosten als Basis für einen direkten Vergleich verschiedener Angebote
- ▶ Alternative 3: Externe Kosten als Basis für die Bewertung von einzelnen Kriterien innerhalb eines Beschaffungsprozesses

Die Anwendungsfälle werden in den nachfolgenden Kapiteln erläutert.

D.2.1 Alternative 1: Externe Kosten als Argumentationshilfe für die Begründung der Auswahl des Beschaffungsgegenstandes

Möglichkeiten der Umsetzung

Externe Umweltkosten können generell auch dafür genutzt werden, um Hotspots im Lebensweg von Produkten und Ansatzpunkte für Optimierungen zu identifizieren. Dabei können entweder externe Kosten für einzelne Emissionen, z.B. CO_{2e}-Emissionen, einbezogen werden oder mehrere unterschiedliche Umweltwirkungen, z.B. Emissionen mit Hilfe der externen Kosten aggregiert werden. Letzteres stellt ein Bewertungsverfahren dar, das durch die Aggregation verschiedener Umweltwirkungen resp. Stoffflüsse auf einen einzigen monetären Wert den Vorteil der Vereinfachung bietet und es ermöglicht, unterschiedliche umweltrelevanten Stoffflüsse und Umweltwirkungen in einen einzigen Wert zusammenzufassen.

Sollen generelle Aussagen zu einer spezifischen Produktgruppe getroffen werden, dann ist die Verwendung von generischen umweltspezifischen Daten, z.B. Ökobilanzdaten eines typischen Vertreters der jeweiligen Produktgruppe über seinen Lebensweg vertretbar. Auf dieser Basis können dann die externen Kosten berechnet werden. Es ist allerdings zu beachten, welche Schlussfolgerungen die jeweilige Datenbasis erlaubt, z.B. für welche Umweltwirkungen es systematische Lücken gibt.

Anwendungsbeispiel:

Biologische Lebensmittel und Cateringdienstleistungen auf Basis biologischer Lebensmittel. Lebensmittel aus ökologischer Landwirtschaft sind in der Regel teurer, verursachen aber geringere externe Kosten als Lebensmittel aus konventioneller Landwirtschaft. Ein Cateringanbieter, der mit konventionellen Lebensmitteln arbeitet, kann vor

diesem Hintergrund billiger anbieten als ein Bio-Caterer und erhält den Zuschlag, sofern nicht externe Kosten einbezogen oder entsprechende Mindeststandards gesetzt werden. Entsprechende Analysen können Entscheidungsträgern, wie z.B. Gemeinderäten in Kommunen als Argumentationshilfe dienen, bei der Auswahl des Beschaffungsgegenstandes Biolebensmittelfestzuschreiben.

Schlussfolgerungen

Der Vorteil von Alternative 1 liegt vor allem darin, dass externe Kosten vor dem Ausschreibungsverfahren im Rahmen der unspezifischen oder der spezifischen Beschaffungsvorbereitung als Begründung für den Beschaffungsgegenstand herangezogen werden und im Beschaffungsprozess selbst weder auf Seiten der Beschaffer*innen noch auf Seiten der Anbieter einen Aufwand verursachen. Dieses Vorgehen ist dann sinnvoll, wenn die individuelle Berechnung der externen Kosten im Rahmen der Angebotsbewertung sehr aufwendig ist und tendenziell die Kapazitäten von Beschaffungsstellen und Anbietern überschreitet, und gleichzeitig eine grundsätzliche Setzung von Qualitätskriterien auf Basis der externen Kosten aber möglich ist.

- Beispielsweise wäre bei der Beschaffung von Lebensmitteln oder Cateringdienstleistungen der Aufwand für die Berechnung der externen Kosten für individuelle Angebote allein schon aufgrund der Vielfalt der eingesetzten Produkte sehr hoch. Demgegenüber haben verschiedene wissenschaftliche Studien⁵⁵ gezeigt, dass die externen Kosten von konventioneller Lebensmittelerzeugung höher liegen als die für biologische Lebensmittel und können daher als Begründung für die Beschränkung der Beschaffung auf „Lebensmittel aus biologischem Anbau“ dienen.

D.2.2 Alternative 2: Externe Kosten im Kontext der Lebenszykluskosten als Basis für einen direkten Vergleich verschiedener Angebote

Möglichkeiten der Umsetzung

Alternative 2 stellt den umfassendsten Ansatz dar, ökonomische und ökologische Aspekte in Form von Kosten abzubilden. Vor diesem Hintergrund bietet er auch die umfassendste Basis für eine Kosten-Nutzen-Analyse im Rahmen des Beschaffungsprozesses. Gleichzeitig kann der Aufwand für die Beschaffung der entsprechenden Datengrundlagen für die Abbildung der ökologischen Auswirkungen über den Lebensweg, auf deren Basis dann die externen Kosten berechnet werden können, erheblich sein oder es kann der Fall auftreten, dass entsprechende Daten gar nicht verfügbar sind⁵⁶.

Voraussetzung für die kombinierte Betrachtung von externen Kosten ist die Verfügbarkeit von produktspezifischen Daten, die die produktgenaue Berechnung von externen Kosten für jedes Angebot erlauben⁵⁷. Analog zum Lebensweg eines Produktes müssten auch für die externen Kosten die verschiedenen Lebenswegphasen eines Produktes - Herstellung, Nutzung, Entsorgung – einbezogen werden. Als Datenbasis könnten grundsätzlich Ökobilanzdaten, EPDs (Environmental Product Declaration) oder ähnliches verwendet werden. Daten zur Herstellung und Entsorgung von Produkten liegen in aller Regel aber nur als generische Daten (z.B. für typische Produkte einer Produktgruppe) vor, nicht aber als produktgenaue Daten für jedes

⁵⁵ Z.B. https://www.tollwood.de/wp-content/uploads/2018/09/studie_how_much_is_the_dish_zusammenfassung-1.pdf

⁵⁶ Die Methodenkonvention 3.0 des UBA mit Kostensätzen zu den Umweltkosten deckt auch die jeweiligen Vorketten ab.

⁵⁷ Hinweis: Vereinfachend wird im Text der Begriff „Produkt“ verwendet, es sind aber andere Beschaffungsgegenstände wie z.B. Dienstleistungen mitgemeint.

einzelne Produkt oder Modell. Damit lassen sich auch die externen Kosten nur entsprechend weniger spezifisch abbilden. Wenn dieser Fall schon bei der Ausschreibung erkennbar ist, dann erscheint es sinnvoller die externen Kosten für diese Lebenswegphasen außen vor zu lassen, da durch ihren Einbezug die Unterschiede verschiedener Angebote nicht herausgearbeitet werden können. Unterschiede zwischen verschiedenen Angeboten könnten u.U. dennoch erkennbar sein, wenn unterschiedliche Anbieter für eine ausgeschriebene Leistung unterschiedliche Mengen einsetzen oder unterschiedliche Produktkategorien (z.B. Größenklassen), so dass sich Unterschiede bei den Umweltauswirkungen doch abbilden lassen. Hingegen sind - je nach Produktgruppe - für die Nutzungsphase produktgenaue Daten mit Bezug zu Umweltauswirkungen vorhanden. Dies gilt insbesondere für:

- ▶ Produkte / Geräte, die Energie verbrauchen und für die diesbezüglich eine Deklarationspflicht besteht und/oder für die es standardisierte Messmethoden für den Energieverbrauch gibt, z.B.:
 - Stromverbrauch, beispielsweise Geräte, die mit dem EU-Energielabel ausgezeichnet werden müssen (z.B. Kühlschränke, Spülmaschinen). Dem produktspezifischen Stromverbrauch können Ökobilanzdaten zur Strombereitstellung (z.B. EcoInvent 3.5) hinterlegt werden und so eine Berechnung der externen Umweltkosten ermöglichen. Diese Berechnung könnte sich zur Vereinfachung oder in einem ersten Schritt beispielsweise auch nur auf die externen Kosten der klimarelevanten Emissionen (CO_{2e}), d.h. die Klimakosten beschränken und andere Umweltkosten erst einmal vernachlässigen.
 - Kraftstoffverbrauch, beispielsweise bei PKW. Dem modellspezifischen Kraftstoffverbrauch können unter Zugrundelegung einer Annahme zu den Jahreskilometern Ökobilanzdaten (z.B. TREMOD) hinterlegt werden, und so die CO_{2e}-Emissionen berechnet werden.
- ▶ Produkte / Geräte, für die eine Deklarationspflicht für spezifische andere Verbräuche besteht, z.B.
 - Wasserverbrauch für Geschirrspülmaschinen und Waschmaschinen im Rahmen des EU-Energielabels. Dem Wasserverbrauch können Ökobilanzdaten für die Wasserbereitstellung hinterlegt und auf dieser Basis produktgenaue externe Umweltkosten berechnet werden.

Produkte / Geräte, für die eine gesetzliche Deklarationspflicht zu spezifischen Emissionen besteht, z.B. PKW, Deklarationspflicht für CO₂-Emissionen. Auf Basis des angegebenen CO₂ Emissionsfaktors und einer Annahme zu den Jahreskilometern können die externen Kosten von PKW-Modellen in unterschiedlichen Angeboten für CO₂-Emissionen ermittelt werden

Produkte / Geräte, für die gesetzliche Emissionsstandards definiert sind, z.B. Kraftfahrzeuge, z.B. Euro 5 oder Baumaschinen, z.B. Stufe V. Auf Basis der Angabe der Emissionsklasse oder alternativ des Baujahrs und einer Annahme zu den jährlichen Betriebsstunden können die Emissionen, die im Emissionsstandard berücksichtigt sind (CO, HC, NO_x, PM), berechnet und auf dieser Basis die externen Kosten ermittelt werden.

Schlussfolgerungen

- ▶ Enthält der Vergleich der Lebenszykluskosten verschiedener Angebote auch die externen Umweltkosten, so stellt das die umfassendsten Vergleichsmöglichkeiten dar. Externe Umweltkosten lebenswegübergreifend in die Lebenszykluskostenrechnung einzubeziehen

ist dann möglich, wenn entsprechende produktspezifische umweltbezogene Daten öffentlich verfügbar sind. In der Mehrheit der Fälle liegen für einen Teil des Lebensweges spezifische Daten vor (z.B. Nutzungsphase), nicht aber für den gesamten Lebensweg von Produkten / Dienstleistungen. Damit lassen sich zwar externe Umweltkosten über den Lebensweg hin abbilden, die Unterschiede zwischen den Angeboten in Bezug auf die externen Umweltkosten beruhen aber nur auf einem Teil des Lebensweges. Oft lässt es sich aber für die Nutzungsphase realisieren, hier ist der Übergang zu Anwendungsfall 2 fließend:

Energiebezogene oder andere verbrauchsbezogene externe Kosten. Dieser Ansatz ermöglicht den Vergleich verschiedener Angebote z.B. für den Fall, dass ein Produkt/Gerät A mit geringeren Verbräuchen in der Nutzungsphase höhere Anschaffungskosten hat als ein Produkt/Gerät B mit höheren Verbräuchen aber einem geringeren Anschaffungspreis.

- **Emissionsbezogene externe Kosten.** Hier muss man zwei Fälle unterscheiden: (1) Es wird für ein Produkt/Gerät der jeweilige Emissionsstandard deklariert (z.B. Radlader mit Emissionsstandard IIIA), die konkreten gerätespezifische Emissionen, die ggf. geringer sein können als der Emissionsstandard sind nicht bekannt. Entsprechend werden unterschiedliche Produkte/Geräte mit dem gleichen Emissionsstandard bei gleichem Nutzungsmuster gleich bewertet; (2) Es muss die konkrete, produktspezifische Emission deklariert werden (z.B. CO₂-Wert bei PKW). Entsprechend fallen die externen Kosten in Abhängigkeit vom spezifischen Wert des jeweiligen Modells unterschiedlich aus.

Vorteil dieser Alternative ist die umfassende Vergleichsbasis unter Einbezug der Kosten und der externen Umweltkosten für die Bewertung verschiedener Angebote. Der Aufwand ist relativ gering, wenn eine entsprechende Datengrundlage vorhanden ist und eine Eingrenzung bei den berücksichtigten Lebenswegphasen vorgenommen wird. Besteht hingegen der Anspruch, den gesamten Lebensweg mit spezifischen Daten zu den externen Umweltkosten abzudecken, dann ist der Aufwand für Beschaffende und insbesondere auch der Datenbedarf vergleichsweise groß. Für Geräte/Produkte, für die bezüglich Emissionen und Verbräuche keine rechtlichen Vorgaben hinsichtlich Deklaration vorhanden sind, und für die es keine anerkannten standardisierten Messverfahren gibt, lässt sich dieser Ansatz nicht anwenden.

Grundsätzlich können bestehende Tools für die Berechnung von Lebenszykluskosten um externe Umweltkosten ergänzt werden sofern diese noch nicht enthalten sind. Beispielsweise ließe sich das Life Cycle Cost Tool des UBA⁵⁸ um die externen Kosten für den Stromverbrauch ergänzen.

D.2.3 Alternative 3: Externe Kosten als Basis für die Bewertung von einzelnen Kriterien innerhalb eines Beschaffungsprozesses

Möglichkeiten der Umsetzung

Alternativ zu der in Kapitel D.2.2 dargestellten Option, externe Kosten mit den Lebenszykluskosten zu kombinieren, können externe Kosten auch nur für einzelne Kriterien einbezogen und auf dieser Ebene für die Bewertung der unterschiedlichen Angebote genutzt werden. Hierfür bietet sich die Nutzwertanalyse (vgl. Kapitel 3.3) an, d.h. z.B. die Vergabe von unterschiedlichen Punktzahlen. Konkret können die externen Kosten wie in Kapitel D.2.2 ermittelt werden z.B. für den Stromverbrauch oder für Lärm. Das Angebot mit den geringsten externen Kosten erhält die höchste Punktzahl, das Angebot mit den höchsten externen Kosten erhält 0 Punkte. Auf diese Weise können die externen Kosten für ein Kriterium oder mehrere

⁵⁸ <https://www.umweltbundesamt.de/dokument/berechnungswerkzeug-fuer-lebenszykluskosten>.

Kriterien in die Gesamtbewertung der unterschiedlichen Angebote einbezogen werden. Alternativ können die ermittelten externen Kosten auch auf die Lebenszykluskosten aufgeschlagen und so in die vergleichende Bewertung der unterschiedlichen Angebote einbezogen werden.

Mögliche Anwendungsfelder sind die in Kapitel D.2.1 bereits genannten Aspekte der Nutzungsphase, die z.B. auch nur bestimmte Emissionen umfassen (vgl. Kapitel D.3 zu den Baumaschinen). Interessant kann auch der Anwendungsbereich Transporte für anzuliefernde Güter und/oder für Serviceanfahrten im Fall von Dienstleistungen sein. Die Abbildung der Umweltauswirkungen der entsprechenden Fahrten in Form von externen Kosten würde als Datengrundlage idealerweise auf Angaben zu Entfernung, Fahrzeugtyp (ggf. abgebildet durch einen generischen Datensatz hinsichtlich Emissionsstandard, Kraftstoffverbrauch, Beladung und Auslastung) sowie Angaben / Annahmen zur Häufigkeit basieren. Mit diesem Ansatz könnte der Umweltvorteil von Waren und Dienstleistungen mit kurzen Transportwegen (z.B. regionale Waren) abgebildet und in die Bewertung einbezogen werden.

Schlussfolgerungen

Der Einbezug externer Kosten für ausgewählte Kriterien innerhalb eines Beschaffungsprozesses ermöglicht eine spezifische Gewichtung der jeweiligen Kriterien beim bewertenden Vergleich der unterschiedlichen Angebote. Diese kann entweder über die Aufsummierung von Lebenszykluskosten und externen Kosten (ggf. mit einem Gewichtungsfaktor) geschehen oder über eine Nutzwertanalyse (z.B. Punktevergabe).

Während bei dem in Kapitel D.2.2 beschriebenen Vorgehen im Prinzip der Anspruch besteht, den Lebenszyklus des jeweiligen Beschaffungsobjektes mit externen Kosten abzubilden, wird bei Alternative 3 bewusst darauf verzichtet und der Fokus der externen Kosten nur auf bestimmte ausgewählte Kriterien gelegt. Dies bietet die Möglichkeit, bestimmte Kriterien besonders zu gewichten und damit deren Umweltrelevanz (abgebildet als externe Kosten) gegenüber anderen besonders hervorzuheben.

Seitens der Beschaffungsstelle sollte ein Berechnungsverfahren, idealerweise als Excel-Tool, vorgegeben werden, in dem Basisdaten (z.B. Emissionsfaktoren, Kostensätze) vorgegeben und Eingabemöglichkeiten für die angebotsspezifischen Angaben vorgesehen sind. Auf dieser Basis können Anbieter die externen Kosten mit relativ wenig Aufwand ermitteln und die Beschaffungsstellen haben eine verlässliche Vergleichsmöglichkeit.

Insgesamt kombiniert der Einbezug externer Kosten für die Bewertung von einzelnen Kriterien innerhalb eines Beschaffungsprozesses zwei Vorteile: einen vergleichsweise geringen Aufwand für Anbieter und Beschaffungsstelle, insbesondere wenn Tools oder Berechnungsverfahren für die Anbieter bereitgestellt werden können, sowie die Abbildung der spezifischen Unterschiede verschiedener Angebote in Bezug auf deren externe Umweltkosten.

D.3 Anwendungsfall Baumaschinen

Im Folgenden wird für das Fallbeispiel Baumaschinen aufgezeigt, wie externe Kosten in Beschaffungsprozesse einbezogen werden können. Baumaschinen können entweder direkt beschafft und von der öffentlichen Hand selbst genutzt oder im Rahmen von beschafften Bauleistungen vom jeweiligen Auftragnehmer auf Baustellen eingesetzt werden.

Laut UBA (2014⁵⁹) tragen mobile Maschinen und Geräte, zu denen insbesondere auch Baumaschinen gehören, mit einem hohen Anteil zu den NO_x- und Dieselpartikelemissionen in Deutschland bei. Dies liegt daran, dass die Grenzwerte bislang weniger streng als die Grenzwerte im Straßenverkehr waren und teilweise auch ältere Maschinen eingesetzt werden. Ihr Einsatz ist in Umweltzonen nicht beschränkt, obwohl die Luftbelastungen z.T. hoch sind. Baumaschinen haben dabei einen Anteil von 30% an den Emissionen mobiler Maschinen bei NO_x und gut 71% bei Dieselpartikeln. Im Jahr 2010 wurden 37.080 Tonnen NO_x und 9643 Tonnen Dieselpartikel von Baumaschinen emittiert. Dies machte 6% (NO_x) bzw. 10% (abgasbedingter Feinstaub, sowohl PM₁₀ als auch PM_{2,5}) an den Gesamtemissionen aus. Umgerechnet in externe Kosten ergibt sich für 2010 ein Betrag von 534 Millionen Euro an externen Kosten für NO_x-Emissionen und 397 Millionen Euro an externen Kosten für Dieselpartikelemissionen, bzw. insgesamt 931 Millionen Euro⁶⁰.

Bezogen auf die in Kapitel D.2 diskutierten Alternativen, wie externe Kosten in die Beschaffung einbezogen werden können, ist bei Baumaschinen die Alternative 3 externe Kosten als Basis für die Bewertung von einzelnen Kriterien innerhalb eines Beschaffungsprozesses relevant. Konkret können so NO_x- und Dieselpartikel bzw. Staub-Emissionen, die beim Betrieb von Baumaschinen besonders umweltbelastend sind, mit externen Kosten belegt und in den Auswahlprozess einbezogen werden. Alternative 2 scheidet in Ermangelung der erforderlichen umfassenden Datengrundlage (z.B. zu Daten der modellspezifischen Umweltauswirkungen der Herstellung) aus und Alternative 1 könnte zukünftig relevant sein, auch wenn derzeit der gesetzliche Rahmen bereits eine gute Basis bietet, um die Auswahl eines nachhaltigen Beschaffungsgegenstandes zu begründen.

D.3.1 Generelle Überlegungen zur Berechnung der Lebenszykluskosten und der externen Kosten

Wird von der öffentlichen Hand direkt eine Baumaschine beschafft⁶¹, dann könnten in der Ausschreibung die Berechnung der Lebenszykluskosten direkt vorgegeben und darauf die externen Kosten aufgesattelt werden. Die dafür erforderlichen Angaben dürften zum einen der Beschaffungsstelle bekannt sein, z.B. die typische Jahresleistung der jeweiligen Maschine in Stunden, zum anderen in der Ausschreibung gefordert werden, wie die Angaben zu den maschinenspezifischen Kosten und Emissionen pro Betriebsstunde (alternativ in Frage kämen auch Mindestvorgaben bezüglich des Emissionsstandards).

Wird im Gegensatz dazu eine Bauleistung beschafft, dann gestaltet sich der Einbezug von Lebenszykluskosten und von externen Kosten gemäß den Alternativen 2 und 3 für die eingesetzten Baumaschinen als deutlich schwieriger und komplexer. Beispielsweise müsste geprüft werden, inwiefern eine Berechnung von Lebenszykluskosten möglich ist und Baumaschinen darin einbezogen werden können. Wird beispielsweise der Neubau oder die Renovierung eines Gebäudes vergeben, dann müssten sich die Lebenszykluskosten auf den Lebenszyklus des Gebäudes beziehen. Baumaschinen dürften dabei nur einen vernachlässigbar

⁵⁹ UBA Texte 24/2014.

⁶⁰ Die Berechnung der externen Umweltkosten erfolgte auf Basis der Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten. Kostensätze. Stand 02/2019. Umweltbundesamt und unter Verwendung der durchschnittlichen Kostensätze für Luftschadstoffe. Für die Staubemissionen wurde der Kostensatz für PM₁₀ verwendet, auch wenn es sich bei der emittierten Staubmenge um eine Mischung aus PM₁₀ und PM_{2,5} handelt (d.h. die externen Kosten wurden tendenziell unterschätzt).

⁶¹ Denkbar ist grundsätzlich, dass Baumaschinen gekauft, geleast oder gemietet werden. Welches Modell oder welche Modelle in der Praxis tatsächlich zur Anwendung kommen, müsste überprüft werden. Hypothese: In der Regel erfolgt im Rahmen der öffentlichen Beschaffung ein Kauf der Maschinen. Eine Recherche auf der EU-Ausschreibungsplattform TED am 19.02.2020 zu Baumaschinen hat zwei Treffer für Deutschland ergeben: ein vergebener Auftrag für zwei Radlader (Kauf) sowie eine Ausschreibung für einen Umschlagsbagger (Kauf; Maschine neu oder gebraucht bis max. 6 Monate und 500 Betriebsstunden).

geringen Anteil haben. Je nach Ausschreibung können im gleichen Bauvorhaben eine Reihe unterschiedlicher Baumaschinentypen eingesetzt werden und der Anbieter müsste bereits für das Angebot eine verbindliche Angabe darüber machen, welchen Umwelt- bzw. Emissionsstandards die jeweiligen Maschinen entsprechen, die tatsächlich auf der Baustelle eingesetzt werden. Als Vereinfachung für Bieter könnte im Rahmen der Ausschreibung nur das Baujahr bzw. das Jahr der Inverkehrbringung der eingesetzten Maschinen abgefragt werden, was u.U. eine Vereinfachung für den Bieter darstellen würde, und dieses im Rahmen der Bewertung der Angebote mit dem zum jeweiligen Zeitpunkt gültigen gesetzlichen Mindeststandard gleichgesetzt werden (vgl. dazu den Überblick über die Emissionsstandards nach Jahren in Abbildung 27).

Ergänzend zu den Emissionswerten müsste für jede der Maschinen eine Angabe dazu gemacht werden, wie viele Betriebsstunden für die ausgeschriebene Bauleistung jeweils angesetzt werden. Da davon auszugehen ist, dass je nach Bauleistung unterschiedliche Maschinen mit unterschiedlichen Betriebsstundenzahlen eingesetzt werden müssen, erscheint ein vereinfachender Pauschalansatz (z.B. eine für die Art der Maschine typische Anzahl jährlicher Betriebsstunden) nicht zielführend, da die tatsächliche Stundenzahl erheblich abweichen kann. Es scheint aber möglich zur Vereinfachung Maschinen des gleichen Typs und gleichen Emissionsstandards zu gruppieren.

D.3.2 Vorgehen der Senatsverwaltung Berlin im Hinblick auf Umweltvorgaben bei Baumaschinen

Im Rahmen der Verwaltungsvorschrift Beschaffung und Umwelt – VwVBU⁶² macht die Senatsverwaltung Berlin für die Produktgruppe Baumaschinen konkrete Umweltvorgaben. Diese betreffen zwei Beschaffungsanlässe: zum einen die Beschaffung von Baumaschinen selbst und zum anderen die Beschaffung von Bauleistungen, bei denen Baumaschinen eingesetzt werden. In beiden Fällen werden die gleichen Anforderungen an die Emissionen der Baumaschinen gemacht. Konkret werden für die Maschinen Mindeststandards festgelegt, die nicht unterschritten werden dürfen.

Die Nachweisführung erfolgt über entsprechende Label, Zertifizierungen etc.. Wird eine Baumaschine beschafft, dann muss der Nachweis im Angebot erfolgen. Im Fall der Ausschreibung von Bauleistungen wird von dem Anbieter, der den Zuschlag erhalten hat, verlangt vor Beginn der Bauleistungen eine Maschinenliste vorzulegen, die die entsprechenden Nachweise für jede Maschine enthält. Zusätzlich müssen die Maschinen auf der jeweiligen Baustelle einen entsprechenden Nachweis enthalten (z.B. ein sichtbares Label auf der Maschine oder ein schriftlicher Nachweis in der Kabine der Maschine). In der Ausschreibungsphase wird explizit keine Maschinenliste gefordert, da davon ausgegangen wird, dass der konkrete Einsatzplan spezifischer Maschinen zum Angebotszeitpunkt noch nicht feststeht. In der Konsequenz hat die ausschreibende Stelle zum Zeitpunkt der Auftragsvergabe – jenseits der Einhaltung der qualitativen Vorgaben der Leistungsbeschreibung an den Beschaffungsgegenstand – keine genaue Kenntnis zu den Emissionsfaktoren der eingesetzten Baumaschinen und kann entsprechend auch keine vergleichenden Berechnungen der Lebenszykluskosten oder externen Kosten verschiedener Anbieter vornehmen, die sich auf die Emissionen beziehen. Es kommt erschwerend hinzu, dass die Ausschreibung von Bauleistungen in der Regel im Hinblick auf das Bauvorhaben, z.B. als m³ Aushub, erfolgt und damit keine

⁶² Vgl. <https://www.berlin.de/senuvk/service/gesetzestexte/de/download/beschaffung/VwVBU.pdf> und https://www.berlin.de/senuvk/service/gesetzestexte/de/download/beschaffung/VwVBU_Anhang1.pdf zuletzt aufgerufen am 19.02.2020

direkte Verknüpfung zu einer spezifischen Maschine und die für die jeweiligen Arbeiten notwendige Anzahl an Betriebsstunden erfolgt.

Emissionen von Baumaschinen – rechtlicher Rahmen

Mobile Maschinen und darunter insbesondere Baumaschinen haben verglichen mit dem Straßenverkehr deutlich höhere Emissionen insbesondere bezogen auf Partikelemissionen und NO_x. Sie wurden verglichen mit dem Straßenverkehr erst relativ spät reguliert. In Städten können Baumaschinen einen erheblichen Anteil an der lokalen Belastung durch Staub- und NO_x-Emissionen ausmachen⁶³. In Bezug auf die CO₂-Emissionen gibt es derzeit keinen rechtlichen Rahmen, der Grenzwerte für den Betrieb von Baumaschinen festlegt. Unabhängig davon ist die Datenlage zu spezifischen CO₂-Emissionen von Baumaschinen nur unzureichend.

Bis einschließlich 2016 galt für Baumaschinen die EU-Richtlinie 97/68/EG. Sie wurde 2017 durch die EU-Richtlinie 2016/1628 ersetzt, die unmittelbar auch in Deutschland gilt, d.h. sie musste nicht erst in deutsches Recht umgesetzt werden. In der nachfolgenden Tabelle sind die nach Leistungsbereichen und Einführungs-Zeitpunkt differenzierten Grenzwerte für Baumaschinen dargestellt.

Abbildung 27: Überblick über die Einführungsdaten und Grenzwerte für die Motorenkategorie „Motoren für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte“ (NRE)

3. Einführungsdaten und Grenzwerte [g/kWh] für Motorenkategorie NRE (CI/SI), Vergleich zu vorherigen Stufen nach 97/68/EG																						
Leistung [kW]		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
0 < P < 8	Typgenehmigung																	Stufe V				
	Inverkehrbringung ¹²⁾																	CO 8,00 / HC+NO _x 7,50 / PM 0,40 ³⁾ / PN -				
8 ≤ P < 19	Typgenehmigung																	Stufe V				
	Inverkehrbringung ¹²⁾																	CO 6,80 / HC+NO _x 7,50 / PM 0,40 / PN -				
18 ≤ P < 37 19 ≤ P < 37 ⁴⁾	Typgenehmigung	Stufe II CO 5,5 / HC 1,5 / NO _x 8,0 / PM 0,8				Stufe III A CO 5,5 / HC+NO _x 7,5 / PM 0,8												Stufe V				
	Inverkehrbringung ¹²⁾	Stufe II				Stufe III A												CO 5,00 / HC+NO _x 4,70 / PM 0,015 / PN 1x10 ⁻¹² [g/kWh]				
37 ≤ P < 56	Typgenehmigung	Stufe II CO 5,0 / HC 1,3 / NO _x 7,0 / PM 0,4				Stufe III A CO 5,0 / HC+NO _x 4,7 / PM 0,4				Stufe III B CO 5,0 / HC+NO _x 4,7 / PM 0,025								Stufe V				
	Inverkehrbringung ¹²⁾	Stufe I		Stufe II		Stufe III A				Stufe III B								CO 5,00 / HC+NO _x 4,70 / PM 0,015 / PN 1x10 ⁻¹² [g/kWh]				
56 ≤ P < 75	Typgenehmigung	Stufe II CO 5,0 / HC 1,3 / NO _x 7,0 / PM 0,4				Stufe III A CO 5,0 / HC+NO _x 4,7 / PM 0,4				Stufe III B CO 5,0 / HC 0,19 / NO _x 3,3 / PM 0,025				Stufe IV (01.10.2013) CO 5,0 / HC 0,19 / NO _x 0,4 / PM 0,025				Stufe V				
	Inverkehrbringung ¹²⁾	Stufe I		Stufe II		Stufe III A				Stufe III B				Stufe IV (01.10.2014)				CO 5,00 / HC 0,19 / NO _x 0,40 / PM 0,015 / PN 1x10 ⁻¹² [g/kWh]				
75 ≤ P < 130	Typgenehmigung	Stufe II CO 5,0 / HC 1,0 / NO _x 6,0 / PM 0,3				Stufe III A CO 5,0 / HC+NO _x 4,0 / PM 0,3				Stufe III B CO 5,0 / HC 0,19 / NO _x 3,3 / PM 0,025				Stufe IV (01.10.2013) CO 5,0 / HC 0,19 / NO _x 0,4 / PM 0,025				Stufe V				
	Inverkehrbringung ¹²⁾ ; NRMM	Stufe II				Stufe III A				Stufe III B				Stufe IV (01.10.2014)				CO 5,00 / HC 0,19 / NO _x 0,40 / PM 0,015 / PN 1x10 ⁻¹² [g/kWh]				
	Inverkehrbringung ¹²⁾ ; Traktoren	Stufe I		Stufe II		Stufe III A				Stufe III B				Stufe IV (01.10.2014)								
130 ≤ P ≤ 560	Typgenehmigung NRMM	Stufe II CO 3,5 / HC 1,0 / NO _x 6,0 / PM 0,2				Stufe III A (2005-07-01) CO 3,5 / HC+NO _x 4,0 / PM 0,2				Stufe III B CO 3,5 / HC 0,19 / NO _x 2,0 / PM 0,025				Stufe IV CO 3,5 / HC 0,19 / NO _x 0,4 / PM 0,025				Stufe V				
	Typgenehmigung Traktoren	Stufe II				Stufe III A				Stufe III B				Stufe IV				Stufe V				
	Inverkehrbringung ¹²⁾	Stufe II				Stufe III A				Stufe III B				Stufe IV								
P > 560	Typgenehmigung																	Stufe V				
	Inverkehrbringung ¹²⁾																	CO 3,50 / HC 0,19 / NO _x 3,50 / PM 0,045 / PN -				
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	

¹⁾ Für Motoren der Stufe I und II, deren Herstellungsdatum vor den genannten Daten der Inverkehrbringung liegt, können die Mitgliedsstaaten den Zeitpunkt der Erfüllung der genannten Anforderungen um 2 Jahre verschieben. Ab Stufe IIIA wurde diese Regelung verpflichtend, für Stufe V hat sie keine Gültigkeit.

²⁾ Bis Stufe IV: Inverkehrbringung des Motors, ab Stufe V: Inverkehrbringung von Motor und Maschine

³⁾ 0,60 für luftgekühlte Motoren mit Direktspritzung und Handstarter

⁴⁾ Ab Stufe III A wurde die Leistungsklasse angepasst auf 19 kW ≤ P < 37 kW.

Quelle: VDMA (2017⁶⁴).

⁶³ Vgl. UBA Texte 24/2014.

⁶⁴ VDMA (2017): Emissionsgesetzgebung für Mobile Maschinen: EU Stufe V – Fact Sheet. Stand: 15.05.2017. Link: https://bub.vdma.org/documents/266753/15008694/1494833760690_2017-05-15_VDMA_EU%20Stufe%20V_Fact%20Sheet_DE.pdf/562d8124-cc59-4cfd-9249-17d7c10ad012 zuletzt abgerufen am 10.05.2021.

D.3.3 Beispielhafte Berechnung von externen Kosten für Baumaschinen

Die nachfolgenden Beispielrechnungen orientieren sich an den rechtlich vorgegebenen Emissionsstandards für die Typengenehmigung von Baumaschinen und für ihre Inverkehrbringung (vgl. Abbildung 27). Es wurden jeweils Leistungsbereiche und Gerätetypen ausgewählt, die vergleichsweise weit verbreitet sind. Um die Berechnung der externen Kosten zu konkretisieren, wurde jeweils eine am Markt verfügbare, aktuelle Baumaschine ausgewählt. Für diese wurden dann hypothetisch die verschiedenen Emissionsstandards berechnet. Die externen Kosten beziehen sich auf die Emissionen von Partikeln und NO_x. Dabei wurde vereinfachend angenommen, dass es sich bei den in der Regulierung angegebenen PM-Werten um PM 10 handelt. Bei Summenwerten von NO_x und Kohlenwasserstoffen wurde der worst case angenommen, d.h. der Wert komplett NO_x zugeschrieben. Als Quelle für die Kostenansätze für die externen Kosten für PM10 und NO_x wurde die Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten (Kostensätze, Stand 02/2019) verwendet. Nicht betrachtet wurden Kosten für CO₂-Emissionen, da hierfür keine Datenbasis vorlag. Ebenso wurde der Faktor Lärm nicht berücksichtigt, da hierfür in der Methodenkonvention keine Kostenfaktoren enthalten sind.

In den nachfolgenden Beispielen werden zwei Aspekte fokussiert:

- Aspekt vorgezogene Bestandserneuerung. Inwiefern sind neue Maschinen bzw. Maschinen der höchsten Emissionsstufe im Vergleich zu älteren Maschinen mit schlechterem Emissionsstandard im Hinblick auf externe Kosten günstiger?
- Aspekt emissionsmindernde Nachrüstung. Was kostet eine emissionsmindernde Nachrüstung im Vergleich zu den externen Kosten, die sie vermeidet? Unterstützt der Einbezug der externen Kosten die Nachrüstung?

i. Beispiel 1: Minibagger, Leistungsbereich 8 kW ≤ P < 19 kW

Maschinen dieses Leistungsbereichs fallen erst seit 2018 unter die Regulierung der Emissionen (vgl. Tabelle 18). Für die Zeit davor stehen keine verlässlichen Emissionsdaten für typische Geräte zur Verfügung.

Tabelle 18: Emissionsgrenzwerte für Baumaschinen im Leistungsbereich 8 kW ≤ P < 19 kW. Vor 2018 waren Geräte dieses Leistungsbereich nicht reguliert

	Typen- genehmigung	Inverkehr- bringung	CO [g/kWh]	HC [g/kWh]	NOX [g/kWh]	PM [g/kWh]	PN [Partikel/kWh]
Stufe II							
Stufe IIIA							
Stufe IIIB							
Stufe V	2018	2019	6,6	7,5		0,400	-

Quelle: Verordnung (EU) 2016/1628, eigene Zusammenstellung Öko Institut.

Als Beispielgerät wurde ein Minibagger ausgewählt, da es sich dabei um eine Gerätegruppe mit relativ hohen Bestandszahlen handelt. 2010 lag der Bestand von Minibaggern in Deutschland bei 94.000 Geräten mit steigender Tendenz, davon 75% im Leistungsbereich zwischen 18 und 36 kW (UBA Texte 24/2014). Konkret handelt es sich bei dem ausgewählten Beispielgerät um den Kubota Minibagger K X 037-4.

Für die Berechnung der Emissionen wurde die Herstellerangabe zur Leistung des Minibaggers von 17,8 kW zugrunde gelegt und angenommen, dass er – wie typische Geräte seiner Klasse - 500 Stunden pro Jahr betrieben wird und der Lastfaktor 0,4 beträgt (UBA 2014⁶⁵). Insgesamt ergibt sich damit ein jährlicher Energieverbrauch von 3.560 kWh. Die Annahmen sind in nachstehender Tabelle 19 zusammengestellt.

Tabelle 19: Annahmen für den Kubota Minibagger K X 037-4

	Wert	Einheit	Quelle
Leistung	17,8	kW	Herstellerangaben
Betriebsstunden	500	h/a	UBA Texte 24/2014
Lastfaktor	0,4		UBA Texte 24/2014
Energieverbrauch	3.560	kWh/a	Eigene Berechnung

Quelle: Eigene Zusammenstellung, Öko Institut, und Berechnung auf Basis der in der Tabelle genannten Quellen.

Auf Basis des ermittelten Jahresenergieverbrauchs sowie der Emissionsfaktoren und Kostensätze wurden die jährlichen externen Kosten für den Minibagger ermittelt. Da Geräte dieses Leistungsbereichs erst seit 2018 mit Stufe V reguliert sind, liegen für die Zeit davor keine Vergleichsdaten vor. Insgesamt zeigen die Ergebnisse (vgl. Tabelle 20), dass die NO_x-Emissionen mit 384 Euro/Jahr signifikant höher liegen als 59 Euro/Jahr für die Staubemissionen. In der Summe liegen die externen Kosten für NO_x- und Staubemissionen des Beispielgeräts Minibagger bei 443 Euro/Jahr. Es handelt sich dabei um ein aktuelles Gerät (Typengenehmigung ab 2018; Inverkehrbringung ab 2019).

Tabelle 20: Beispielhafte Berechnung der externen Kosten für PM10 und NO_x für den Kubota Minibagger K X 037-4

Externe Umweltkosten	NOX [g/a]	Kostensatz [€/t]	Externe Kosten NOX [€/a]	PM [g/a]	PM 10 Kostensatz [€/t]	Externe Kosten PM [€/a]	Gesamtsumme externe Kosten [€/a]
Stufe II	kA	14.400 €	- €	kA	41.200 €	- €	- €
Stufe IIIA	kA	14.400 €	- €	kA	41.200 €	- €	- €
Stufe IIIB	kA	14.400 €	- €	kA	41.200 €	- €	- €
Stufe V	26.700	14.400 €	384 €	1.424	41.200 €	59 €	443 €

Quelle: Eigene Zusammenstellung, Öko Institut, und Berechnung auf Basis der in der Tabelle genannten Quellen.

Zum Vergleich soll abschließend auf die Kosten verwiesen werden, die durch die Nachrüstung eines Minibaggers entstehen, der noch nicht Stufe V erfüllt (vgl. Tabelle 21). Die Kostenangaben beziehen sich dabei auf einen Partikelfilter, für eine Reduktion der NO_x-Emissionen mittels SCR (Selective Catalytic Reduction) lagen keine Kosten vor. Die Kostendaten stammen aus UBA Texte 24/2014 und beinhalten Anschaffungs-, Installations- und Wartungskosten auf 10 Jahre.

⁶⁵ UBA (2014): Erarbeitung eines Konzepts zur Minderung der Umweltbelastung aus NRMM (non road mobile machinery) unter Berücksichtigung aktueller Emissionsfaktoren und Emissionsverminderungsoptionen für den Bestand. Umweltbundesamt. Texte 24/2014.

Da Daten zu den Staubemissionen älterer Geräte, die Stufe V noch nicht erfüllen, nicht vorliegen, kann an dieser Stelle kein direkter Vergleich der externen Kosten dieser älteren Geräte mit den Kosten für eine Reduktionsemission mittels Partikelfilter erfolgen.

Tabelle 21: Kosten einer Nachrüstung zur Emissionssenkung für ein Gerät der Leistungsklasse des Kubota Minibagger K X 037-4

Kosten Nachrüstung	Kosten	Einheit	Quelle
Partikelfilter	520	€/a	UBA 2014
SCR ⁶⁶ (Reduktion NO _x)	k.A.	€/a	UBA 2014

Quelle: Eigene Zusammenstellung, Öko Institut, und Berechnung auf Basis der in der Tabelle genannten Quellen.

ii. Beispiel 2: Radlader, Leistungsbereich 37 kW ≤ P < 56 kW

Maschinen dieses Leistungsbereichs fallen schon sehr lange unter die Regulierung der Emissionen (vgl. Tabelle 22). Entsprechend lassen sich Geräte gemäß dem Jahr ihrer Typengenehmigung und Inverkehrbringung einer Emissionsstufe zuordnen. Vereinfachend wurde angenommen, dass die Maschinen mindestens Stufe II erfüllen.

Tabelle 22: Emissionsgrenzwerte für Baumaschinen im Leistungsbereich 37 kW ≤ P < 56 kW

	Typengenehmigung	Inverkehrbringung	CO [g/kWh]	HC [g/kWh]	NOX [g/kWh]	PM [g/kWh]	PN [PartikelkWh]
Stufe II	2003	2004	5,0	1,3	7,0	0,400	-
Stufe IIIA	2007	2008	5,0	4,7		0,400	-
Stufe IIIB	2012	2013	5,0	4,7		0,025	-
Stufe V	2018	2019	5,0	4,7		0,015	10 ¹²

Quelle: VERORDNUNG (EU) 2016/1628, eigene Zusammenstellung Öko Institut.

Als Beispielgerät wurde ein Radlader ausgewählt, da es sich dabei um eine Gerätegruppe mit relativ hohen Bestandszahlen handelt. 2010 lag der Bestand von Minibaggern in Deutschland bei 80.500 Geräten mit leicht steigender Tendenz, davon 85% im Leistungsbereich zwischen 37 und 74 kW (UBA Texte 24/2014). Konkret handelt es sich bei dem ausgewählten Beispielgerät um den Radlader Yanmar V80-165.

Für die Berechnung der Emissionen wurde die Herstellerangabe zur Leistung des Radladers von 46,2 kW zugrunde gelegt und angenommen, dass er – wie typische Geräte seiner Klasse - 850 Stunden pro Jahr betrieben wird und der Lastfaktor 0,35 beträgt (UBA Texte 24/2014). Insgesamt ergibt sich damit ein jährlicher Energieverbrauch von 13.745 kWh. Die Annahmen sind in nachstehender Tabelle 23 zusammengestellt.

⁶⁶ SCR: Selective Catalytic Reduction.

Tabelle 23: Annahmen für den Radlader Yanmar V80-165

	Wert	Einheit	Quelle
Leistung	46,2	kW	Herstellerangaben
Betriebsstunden	850	h/a	UBA /2014
Lastfaktor	0,35		UBA T2014
Energieverbrauch	13.745	kWh/a	Eigene Berechnung

Quelle: Eigene Zusammenstellung, Öko Institut, und Berechnung auf Basis der in der Tabelle genannten Quellen.

Auf Basis des ermittelten Jahresenergieverbrauchs sowie der Emissionsfaktoren und Kostensätze wurden die jährlichen externen Kosten für den Radlader ermittelt. Insgesamt zeigen die Ergebnisse (vgl. Tabelle 24), dass die NO_x-Emissionen mit 1.385 Euro/Jahr (Stufe II) bzw. 930 Euro/Jahr (Stufe IIIA bis Stufe V) signifikant höher liegen als die 227 Euro/Jahr (Stufe II und IIIA) bzw. 14 resp. 8 Euro/Jahr (Stufe IIIB und V) für die Staubemissionen. Durch die Regulierung haben die externen Kosten des ausgewählten Radladers insgesamt von 1.612 Euro/Jahr in Stufe II auf 939 Euro/Jahr in Stufe V abgenommen. Das entspricht insgesamt einer Abnahme um knapp 42 %.

Tabelle 24: Beispielhafte Berechnung der externen Kosten für PM10 und NO_x für den Radlader Yanmar V80-165

	NOX [g/a]	Kostensatz NOX* [€/t]	Externe Kosten NOX [€/a]	PM [g/a]	PM 10 Kostensatz* [€/t]	Externe Kosten PM [€/a]	Gesamtsumme externe Kosten [€/a]
Stufe II	96.211,5	14.400 €	1.385 €	5.497,8	41.200 €	227 €	1.612 €
Stufe IIIA	64.599,2	14.400 €	930 €	5.497,8	41.200 €	227 €	1.157 €
Stufe IIIB	64.599,2	14.400 €	930 €	343,6	41.200 €	14 €	944 €
Stufe V	64.599,2	14.400 €	930 €	206,2	41.200 €	8 €	939 €

Quelle: Eigene Zusammenstellung, Öko Institut, und Berechnung auf Basis der in der Tabelle genannten Quellen

Zum Vergleich sollen abschließend die externen Kosten mit den Kosten verglichen werden, die durch die Nachrüstung eines Radladers entstehen, der noch nicht Stufe V erfüllt (vgl. Tabelle 25). Die Kostenangaben beziehen sich dabei auf einen Partikelfilter sowie die Reduktion der NO_x-Emissionen mittels SCR (Selective Catlytic Reduction). Die Kostendaten stammen aus UBA Texte 24/2014 und beinhalten Anschaffungs-, Installations- und Wartungskosten auf 10 Jahre.

Die Kosten der Reduktion von NO_x und Staub belaufen sich bei einer Nachrüstung auf insgesamt 2.268 Euro/Jahr. Geht man von einem Radlader der Emissionsstufe II aus, der mit der Nachrüstung die Stufe V erreicht, dann übersteigen die Kosten der Nachrüstung sowohl die absoluten externen Kosten der Partikel- und NO_x-Emission als auch die Differenz der externen Kosten zwischen Stufe II und V (218 Euro bzw. 455 Euro, zusammen 673 Euro). Damit sind durch den Einbezug der externen Kosten die Mehrkosten einer Nachrüstung nicht abgedeckt. Zusätzlich muss einschränkend ergänzt werden, dass sogenannten SCR-Systeme zur Reduktion von NO_x laut UBA (2014) noch nicht ausreichend erprobt und insgesamt eher hochpreisig sind.

Möglicherweise gibt es mittlerweile kombinierte Systeme für Partikel- und NO_x-Reduktion, die insgesamt kostengünstiger sind. Hierfür lagen aber keine Daten vor.

Tabelle 25: Kosten einer Nachrüstung zur Emissionssenkung für ein Gerät der Leistungsklasse des Radlader Yanmar V80-165

Kosten Nachrüstung	Kosten	Einheit	Quelle
Partikelfilter	1050	€/a	UBA Texte 24/2014
SCR (Reduktion NOX)	1218	€/a	UBA Texte 24/2014

Quelle: Eigene Zusammenstellung, Öko Institut, und Berechnung auf Basis der in der Tabelle genannten Quellen.

iii. Beispiel 3: Mobilbagger, Leistungsbereich 75 kW ≤ P < 130 kW

Maschinen dieses Leistungsbereichs fallen schon sehr lange unter die Regulierung der Emissionen (vgl. Tabelle 26). Entsprechend lassen sich Geräte gemäß dem Jahr ihrer Typengenehmigung und Inverkehrbringung einer Emissionsstufe zuordnen. Vereinfachend wurde angenommen, dass die Maschinen mindestens Stufe II erfüllen.

Tabelle 26: Emissionsgrenzwerte für Baumaschinen im Leistungsbereich 75 kW ≤ P < 130 kW

	Typengenehmigung	Inverkehrbringung	CO [g/kWh]	HC [g/kWh]	NOX [g/kWh]	PM [g/kWh]	PN [Partikel/kWh]
Stufe II	2005	2006	5,0	1,0	6,0	0,300	-
Stufe IIIA	2011	2012	5,0	4,0		0,300	-
Stufe IIIB	2012	2013	5,0	0,2	3,3	0,025	-
Stufe IV	2013	2014	5,0	0,2	0,4	0,025	-
Stufe V	2019	2020	5,0	0,2	0,4	0,015	1012

Quelle: VERORDNUNG (EU) 2016/1628, eigene Zusammenstellung Öko Institut.

Als Beispielgerät wurde ein Mobilbagger ausgewählt, da es sich dabei um eine Gerätegruppe mit relativ hohen Bestandszahlen handelt. 2010 lag der Bestand von Mobilbaggern in Deutschland bei 38.000 Geräten mit gleich bleibender Tendenz, davon 85% im Leistungsbereich zwischen 75 und 129 kW (UBA Texte 24/2014). Konkret handelt es sich bei dem ausgewählten Beispielgerät um den Midibagger Yanmar SV 120.

Für die Berechnung der Emissionen wurde die Herstellerangabe zur Leistung des Mobilbaggers von 85 kW zugrunde gelegt und angenommen, dass er – wie typische Geräte seiner Klasse - 1100 Stunden pro Jahr betrieben wird und der Lastfaktor 0,35 beträgt (UBA Texte 24/2014). Insgesamt ergibt sich damit ein jährlicher Energieverbrauch von 32.725 kWh. Die Annahmen sind in nachstehender Tabelle 27 zusammengestellt.

Tabelle 27: Annahmen für den Midibagger Yanmar SV 120

	Wert	Einheit	Quelle
Leistung	85	kW	Herstellerangaben
Betriebsstunden	1100	h/a	UBA Texte 24/2014
Lastfaktor	0,35		UBA Texte 24/2014
Energieverbrauch	32.725	kWh/a	Eigene Berechnung

Quelle: Eigene Zusammenstellung, Öko Institut, und Berechnung auf Basis der in der Tabelle genannten Quellen.

Auf Basis des ermittelten Jahresenergieverbrauchs sowie der Emissionsfaktoren und Kostensätze wurden die jährlichen externen Kosten für den Mobilbaggers ermittelt. Insgesamt zeigen die Ergebnisse (vgl. Tabelle 28), dass die externen Kosten der NO_x-Emissionen durchgängig signifikant höher liegen als die externen Kosten der Staubemissionen. Gegenüber der vorherigen Beispielrechnung des Radladers fällt auf, dass die externen Kosten des Mobilbaggers von 3.232 Euro/Jahr in Stufe II (Radlader: 1.612 Euro/Jahr) auf nur 209 Euro/Jahr in Stufe V (Radlader 939 Euro/Jahr) abnehmen, obwohl der Energieverbrauch des Mobilbaggers mehr als doppelt so hoch liegt wie der des Radladers. Dies liegt daran, dass der Grenzwert für NO_x für den Leistungsbereich des Mobilbaggers deutlich strenger ist als für den Leistungsbereich des Radladers. Insgesamt nehmen die externen Kosten von Stufe II auf Stufe V um 93,5% ab (Radlader knapp 42%).

Tabelle 28: Beispielhafte Berechnung der externen Kosten für PM10 und NO_x für den Midibagger Yanmar SV 120

	NOX [g/a]	Kostensatz [€/t]	Externe Kosten NOX [€/a]	PM [g/a]	PM 10 Kostensatz [€/t]	Externe Kosten PM [€/a]	Gesamtsumme externe Kosten [€/a]
Stufe II	196.350,0	14.400 €	2.827 €	9.817,5	41.200 €	404 €	3.232 €
Stufe IIIA	130.900,0	14.400 €	1.885 €	9.817,5	41.200 €	404 €	2.289 €
Stufe IIIB	107.992,5	14.400 €	1.555 €	818,1	41.200 €	34 €	1.589 €
Stufe IV	13.090,0	14.400 €	188 €	818,1	41.200 €	34 €	222 €
Stufe V	13.090,0	14.400 €	188 €	490,9	41.200 €	20 €	209 €

Quelle: Eigene Zusammenstellung, Öko Institut, und Berechnung auf Basis der in der Tabelle genannten Quellen.

Bauunternehmen können zur Reduktion der Partikel- und NO_x-Emissionen von Baumaschinen statt der Anschaffung eines Neugerätes auch Bestandsgeräte emissionsmindernd nachrüsten lassen. Zum Vergleich sollen die externen Kosten mit den Kosten verglichen werden, die durch die Nachrüstung eines Mobilbaggers entstehen, der noch nicht Stufe V erfüllt (vgl. Tabelle 29). Es wird vereinfachend angenommen, dass die Nachrüstung ermöglicht, dass die Geräte die Anforderungen von Stufe V erfüllen. Die Kostenangaben beziehen sich dabei auf einen Partikelfilter sowie die Reduktion der NO_x-Emissionen mittels SCR (Selective Catalytic Reduction). Die Kostendaten stammen aus UBA Texte 24/2014 und beinhalten Anschaffungs-, Installations- und Wartungskosten auf 10 Jahre.

Die Kosten der Reduktion von NO_x und Staub belaufen sich bei einer Nachrüstung auf insgesamt 2.989 Euro/Jahr. Geht man von einem Mobilbagger der Emissionsstufe II aus, dann liegen die Kosten der Nachrüstung sowohl unter den absoluten externen Kosten der Partikel- und NO_x-Emission als auch unter der Differenz der externen Kosten zwischen Stufe II und V (384 Euro bzw. 2.639 Euro, zusammen 3.023 Euro). Damit ist ein nachgerüsteter Mobilbagger der ursprünglichen Emissionsstufe II insgesamt etwas kostengünstiger als ein nicht nachgerüsteter Mobilbagger der Emissionsstufe II. Allerdings gilt dies nicht einzeln genommen für die Nachrüstung mit einem Partikelfilter. Ab Stufe IIIA liegen die Nachrüstkosten dann wieder über den externen Kosten der jeweiligen Emissionsstufe. Ob die Nachrüstung einer Baumaschine der Stufe II (Inverkehrbringung zwischen 2005 und 2011) tatsächlich insgesamt ökonomisch interessanter ist, als die Anschaffung eines Neugeräts, muss im Einzelfall geprüft werden.

Möglicherweise gibt es mittlerweile kombinierte Systeme für Partikel- und NO_x-Reduktion, die insgesamt kostengünstiger sind. Hierfür lagen aber keine Daten vor.

Tabelle 29: Kosten einer Nachrüstung zur Emissionssenkung für ein Gerät der Leistungsklasse des Midibaggers Yanmar SV 120

Kosten Nachrüstung	Kosten	Einheit	Quelle
Partikelfilter	1500	€/a	UBA Texte 24/2014
SCR (Reduktion NOX)	1489	€/a	UBA Texte 24/2014

Quelle: Eigene Zusammenstellung, Öko Institut, und Berechnung auf Basis der in der Tabelle genannten Quellen.

D.3.4 Elektrisch betriebene Baumaschinen am Beispiel Minibagger

Die neueren Entwicklungen im Bereich Baumaschinen gehen unter anderem in Richtung elektrischer Antriebe. So werden seit 2019 von verschiedenen Herstellern erste serienmäßig hergestellte elektrische Minibagger angeboten. Bei größeren Baumaschinen wie z.B. Mobilbaggern gibt es erste Prototypen mit elektrischem Antrieb, häufig als Einzelanfertigung auf Kundenwunsch angepasst.

Ein wesentlicher Vorteil der elektrisch betriebenen Minibagger ist, dass Vorort auf der Baustelle keine Emissionen entstehen und die Geräte vergleichsweise leise sind. Dies erleichtert insbesondere auch Arbeiten, die (im weitesten Sinne) in Innenbereichen ausgeführt werden (z.B. in Tunneln, in Gebäuden etc.). Die Anwendungen sind aber nicht darauf beschränkt, sondern Minibagger können auch im Außenbereich – äquivalent zu thermisch betriebenen Minibaggern - eingesetzt werden. Laut Aussage verschiedener Hersteller ist der Leistungsbereich von thermisch und elektrisch betriebenen Geräten vergleichbar. Bei einem elektrisch betriebenen Minibagger reicht eine Batterieladung laut Aussage verschiedener Hersteller für einen Arbeitstag von 8 Stunden aus oder die Batterie kann im laufenden Betrieb direkt nachgeladen werden.

Im Rahmen der hier vorliegenden Studie konnte kein umfassender Kosten-Vergleich – unter Einbezug von Anschaffungs-, Betriebs-, Wartungs- und Reparaturkosten - zwischen thermischen und elektrischen Minibagger-Modellen durchgeführt werden. Es soll an dieser Stelle aber

zumindest eine allgemeine Einschätzung der Branche zu Kostenunterschieden gegeben werden⁶⁷:

- ▶ Elektrische Minibagger sind in der Anschaffung teurer als thermisch betriebene Modelle
- ▶ Elektrische Minibagger verursachen geringere Energie- und Wartungskosten als thermisch betriebene Modelle
- ▶ Die Mehrkosten der Anschaffung von elektrisch betriebenen Maschinen amortisieren sich auch deshalb, weil in städtischen Bereichen die Anforderungen der öffentlichen Beschaffung an die Emissionen von Baumaschinen zunehmend so hoch sind, dass sie von thermischen Modellen nicht erfüllt werden können.

Im Folgenden wird – analog zu Kapitel i – eine Abschätzung der Umweltkosten für den Betrieb eines elektrischen Minibaggers vorgenommen. Es wird dabei hypothetisch angenommen, dass der dort genannte Endenergiebedarf – entsprechend 3.560 kWh Jahresstromverbrauch – auch dem des elektrischen Modells entspricht und nur statt thermisch elektrisch bereitgestellt wird⁶⁸. Die in der nachfolgenden Tabelle dargestellten Ergebnisse zeigen, dass ein entsprechender elektrischer Minibagger im Vergleich zum thermisch betriebenen Äquivalent nur 5% der externen Umweltkosten bezüglich der betrachteten Luftschadstoffe verursacht. Statt 443 €/a fallen nur 22 €/a externe Umweltkosten an. Die Reduktion durch den Einsatz eines elektrischen Minibaggers beträgt somit 421 €/a.

Tabelle 30: Beispielhafte Berechnung der externen Umweltkosten für PM10 und NOx für einen elektrischen Minibagger mit einer Jahresstromverbrauch von 3.560 kWh

Externe Umweltkosten	NOX [g/a]	Kostensatz [€/t]	Externe Kosten NOX [€/a]	PM [g/a]	PM 10 Kostensatz [€/t]	Externe Kosten PM [€/a]	Gesamtsumme externe Kosten [€/a]
Strombereitstellung	1.451,6	14.400 €	21 €	34,6	41.200 €	1 €	22 €

Quelle: Eigene Zusammenstellung, Öko Institut, und Berechnung, siehe auch Kapitel i. Emissionsfaktoren: Umweltbundesamt 2020.⁶⁹

Da die Annahme zum Jahresstromverbrauchs in der obigen Berechnung mit Unsicherheit behaftet ist, soll nachfolgend noch eine Abschätzung der Bandbreite der jährlichen externen Umweltkosten anhand von Herstellerangaben zum Stromverbrauch pro Arbeitstag (Annahme 8 Stunden/Arbeitstag) vorgenommen werden. Die in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellten jährlichen externen Umweltkosten umfassen elektrische Minibagger im Leistungsbereich zwischen 7,5 und 13,8 kW. Die Ergebnisse zeigen, dass die externen Umweltkosten für alle Modelle eine Spannbreite zwischen 5 und 10 Euro pro Jahr haben.

⁶⁷ Quelle: <https://bpz-online.de/Baumaschinen/Baumaschinentechnik/B2B-Fachmedien-GmbH-Baumaschinen-mit-Hybrid-oder-Elektroantrieb> zuletzt abgerufen am 07.11.2020.

⁶⁸ Das im Beispiel konkret benannte Modell wird derzeit von Kubota nicht mit elektrischem Antrieb angeboten. Kubota arbeitet im Moment noch auf dem Niveau von elektrisch betriebenen Prototypen für Minibagger (Stand Januar 2020). Quelle: <https://www.dega-galabau.de/Kubota-entwickelt-elektrischen-Kompaktraktor-und-Mini-Bagger.QUIEPTYzNTEwMzcmTUUEPTUwMjc4.html> am 07.11.2020.

⁶⁹ Quelle: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/emissionen-von-luftschadstoffen/spezifische-emissionsfaktoren-fuer-den-deutschen> zuletzt abgerufen am 07.11.2020.

Tabelle 31: Beispielhafte Berechnung der externen Umweltkosten für PM10 und NOx für verschiedene elektrische Minibagger im Leistungsbereich zwischen 7,5 und 13,8 kW

Modellbezeichnung	Leistungs- bereich [kW]	Strom- verbrauch [kWh/a]	Quelle	NOX [g/a]	Externe Kosten NOX [€/a]	PM [g/a]	Externe Kosten PM [€/a]	Gesamt- summe externe Kosten [€/a]
EZ17e (Wacker Neuson)	13,8	1462,5	1	596,4	9 €	14,2	1 €	10 €
19C-1E (JCB)	kA	937,5	2	382,3	6 €	9,1	0 €	6 €
19C-1E (JCB)	kA	1250	2	509,7	7 €	12,2	1 €	8 €
E10e (Bobcat)	7,5	793,75	3	323,7	5 €	7,7	0 €	5 €

Quelle: Eigene Zusammenstellung, Öko Institut, und Berechnung, siehe auch Kapitel i. Emissionsfaktoren: Umweltbundesamt 2020⁷⁰. (1): <https://www.wackerneuson.de/de/produkte/bagger/zero-tail-kettenbagger/model/ez17e/type/Description/>; (2): <https://www.bi-medien.de/artikel-35201-bm-jcb-elektrischer-minibagger-19c-1e.bi>; (3): <https://www.bobcat.com/eu/de/company-info/news-media/e10-electric>.

D.3.5 Schlussfolgerungen

Der Anwendungsfall Baumaschinen hat gezeigt, dass die zu Beginn dargestellte Alternativen des Einbezugs der externen Kosten alle ihre Berechtigung haben und für bestimmte Einsatzgebiete in Frage kommen. Konkret konnte im Anwendungsfall gezeigt werden, dass die externen Kosten von Baumaschine umso höher sind, je älter sie sind, unter der Annahme, dass sie den zum jeweiligen Zeitpunkt der Inbetriebnahme rechtlich erlaubten Standard gerade erfüllen. Die geringsten externen Kosten im Betrieb verursachen elektrisch betriebene Baumaschinen, die aber erst seit 2019 und noch nicht in allen Geräteklassen verfügbar sind (Stand 11/2020). Werden externe Kosten für ausgewählte Luftschadstoffe in den Beschaffungsprozess einbezogen, dann führt das dazu, dass älteren Maschinen – ohne emissionsmindernde Nachrüstung – höhere Kosten zugerechnet werden als Maschinen neueren Datums oder nachgerüstete. Im Fall der Vergabe von Bauleistungen unterstützt der Einbezug externer Kosten daher im Prinzip die Erneuerung des Baumaschinenbestandes und den Wechsel zu elektrisch betriebenen Maschinen sowie die emissionsmindernde Nachrüstung älterer Maschinen der Anbieter. Die Berechnungsbeispiele haben gezeigt, dass die externen Kosten je nach Leistungsbereich, Jahr des In Verkehr Bringens und Maschinentyp unterschiedlich ausfallen:

Im Leistungsbereich unter 19 kW, in den u.a. Minibagger fallen, wurden Grenzwerte erst für das Jahr 2018 (Typengenehmigung) bzw. 2019 (Inverkehrbringung) eingeführt und die Grenzwerte sind – verglichen mit Maschinen höherer Leistungsbereiche – weniger streng. Gleichzeitig liegen für ältere Maschinen dieses Leistungsbereichs, bei denen diese Regulierung noch nicht greift, praktisch keine modellspezifischen Emissionsdaten vor. Vor diesem Hintergrund kann der Einbezug von externen Kosten den Kauf von Neumaschinen bzw. nach 2019 in Verkehr gebrachte Maschinen, insbesondere aber auch elektrisch betriebene Maschinen, unterstützen. Allerdings ist eine weitere Differenzierung des Alters – jenseits des Starts der Regulierung – wegen des weitgehenden Fehlens modellspezifischer Emissionsdaten schwierig. Hier müsste anhand vorliegender Daten und Literatur geprüft werden, ob es dennoch für verschiedene

⁷⁰ Quelle: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/emissionen-von-luftschadstoffen/spezifische-emissionsfaktoren-fuer-den-deutschen> zuletzt abgerufen am 07.11.2020.

Maschinentypen Default-Werte für die typischen Emissionen gibt, die man ansetzen kann, wenn keine modellspezifischen Emissionsdaten nachgewiesen werden können.

Die größten Unterschiede bei den externen Kosten für Luftschadstoffe wurden für den Mobilbagger identifiziert: Er hat einen hohen Leistungsbereich und typischerweise einen hohen Wert für die Jahresbetriebsstunden. Insgesamt resultieren daraus ein vergleichsweise hoher Energieverbrauch und hohe Luftschadstoffemissionen. Damit verbunden sind dann vergleichsweise hohe externe Kosten. Gleichzeitig wurde dieser Leistungsbereich schon relativ früh reguliert und die Grenzwerte in mehreren zeitlich gestaffelten Schritten verschärft. Damit lassen sich die Luftschadstoffemissionen und damit verknüpft die externen Kosten dieser Maschinen nach ihrem Alter bzw. dem Jahr des Inverkehrbringens differenzieren. Konkret nehmen die externen Kosten für Luftschadstoffe zwischen 2005 und 2019 deutlich ab.

Der Einbezug der externen Kosten muss auch vor dem Hintergrund der typischen Lebenszeiten von Baumaschinen gesehen werden. Die in den Beispielen untersuchten Maschinentypen – Minibagger, Kompaktlader, Mobilbagger, die einen Großteil des Maschinenbestandes ausmachen – haben eine mittlere Lebenszeit von 10 bis 14 Jahren⁷¹. Ausgehend von dieser mittleren Lebenszeit und einer hypothetischen Ausschreibung im Jahr 2020 wären die ältesten Maschinen der Anbieter demnach in den Jahren 2006 bis 2010 In Verkehr gebracht worden. Wie die Beispiele der vorangegangenen Kapitel gezeigt haben, gab es in der Zeit zwischen 2006 und 2020 eine z.T. sehr deutliche Verschärfung der Grenzwerte. Damit können die externen Kosten von Luftschadstoffen zu einer Differenzierung der Maschinen nach der Höhe ihrer Emissionen beitragen.

Im Falle der direkten Beschaffung von Baumaschinen ist davon auszugehen, dass in der Regel Neugeräte beschafft werden. Sollte dennoch eine gebrauchte Maschinen in Betracht gezogen werden, so haben die Beispielrechnungen gezeigt, dass es nur wenige Fälle gibt, bei denen die Nachrüstung eines älteren Geräts mit einem Emissionsstandard schlechter als Stufe V kostengünstiger ist als die externen Kosten der Emissionen des nicht nachgerüsteten Geräts. D.h. nur in diesen Fällen würde der direkte Einbezug von externen Kosten in den Beschaffungsprozess im Rahmen der Lebenszykluskosten geringere Kosten für ein Gerät ergeben, das durch Nachrüstung einen besseren Emissionsstandard erreicht. Vor diesem Hintergrund unterstützt der Einbezug der externen Kosten eher die Beschaffung von neuen Maschinen. Inwieweit dadurch auch im Sinne einer umwelt- und ressourcenschonenden Flottenentwicklung von Baumaschinen die richtigen Anreize gesetzt werden, bedarf weitergehenden Forschungsarbeiten. Bei Maschinentypen, für die es bereits elektrisch betriebene Serienmodelle gibt, wie z.B. Minibagger, unterstützt der Einbezug der externen Kosten deren Beschaffung.

⁷¹ Quelle: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/erarbeitung-eines-konzepts-zur-minderung-der->

5 Literaturverzeichnis

- A4S (2020): An Introducticon to the A4S Essential Guide Series. The Prince's Accounting for Sustainability Project (A4S).
- Ademe (2018): Ravalement, rénovation de toiture, aménagement de pièces - Quand devez-vous isoler? Online verfügbar unter <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/fiche-ravalement-refection-toiture-amenagement-travaux-isolation.pdf>, zuletzt geprüft am 16.04.2020.
- Agora Energiewende und Universität Kassel (2020): Wie passen Mieterschutz und Klimaschutz unter einen Hut? Berlin. Online verfügbar unter https://static.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2020/2020_07_Warmmieten/A-EW_190_Mieterschutz_Klimaschutz_WEB.pdf.
- Allekotte, Michel; Bergk, Fabian; Biemann, Kirsten; Deregowski, Carolin; Knörr, Wolfram; Althaus, Hans-Jörg et al. (2020): Ökologische Bewertung von Verkehrsarten. Abschlussbericht. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau (TEXTE, 156/2020).
- Anderson, Soren T.; Kellogg, Ryan; Saltee, James (2011): What Do Consumers Believe About Future Gasoline Prices? Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.
- Anderson, Soren T.; Newell, Richard G. (2004): Information programs for technology adoption. The case of energy-efficiency audits. In: *Resource and Energy Economics* 26 (1), S. 27–50. DOI: 10.1016/j.reseneeco.2003.07.001.
- Andor, Mark A.; Gerster, Andreas; Gillingham, Kenneth T.; Horvath, Marco (2020): Running a car costs much more than people think — stalling the uptake of green travel. In: *Nature* 580 (7804), S. 453–455. DOI: 10.1038/d41586-020-01118-w.
- Attari, Shahzeen Z.; DeKay, Michael L.; Davidson, Cliff I.; Bruine de Bruin, Wändi (2010): Public perceptions of energy consumption and savings. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107 (37), S. 16054–16059. DOI: 10.1073/pnas.1001509107.
- Bach, Stefan; Bork, Christhart; Kohlhaas, Michael; Lutz, Christian; Meyer, Bernd; Praetorius, Barbara; Welsch, Heinz (2001): Die ökologische Steuerreform in Deutschland. Eine modellgestützte Analyse ihrer Wirkungen auf Wirtschaft und Umwelt. Heidelberg: Springer.
- Barckhausen, Anton; Becker, Julianne; Malodobry, Peter; Harfst, Nathanael; Nissen, Ulrich (2019): Energiemanagementsysteme in der Praxis. Vom Energieaudit zum Managementsystem nach ISO 50001: Leitfaden für Unternehmen und Organisationen. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.
- BBSR (2018): Vorbildwirkung Bundesbau. Klimaschutz und die Vorbildfunktion des Bundes im Gebäudebereich. Online verfügbar unter https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/zukunft-bauen-fp/2019/band-18-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=1, zuletzt geprüft am 09.11.2020.
- BMF (2019): Arbeitsanleitung Einführung in Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen. RdSchr. des BMF vom 12. Januar 2011, geändert durch Rundschreiben vom 06.05.2019 (GMBI 2019 Nr. 19, S. 372), übernommen am 20.12.2019 von <http://www.verwaltungsvorschriften-im->

- internet.de/pdf/BMF-IIA3-20131220-H-06-01-2-KF-002-A001.pdf, siehe dort ggf. für aktuellere Fassung. Berlin & Bonn.
- BMVBS; BBSR (2009): Gutachten zur Außerbetriebnahme von elektrischen Nachtspeicherheizungen (20).
- BMW; KOINNO (Hg.) (2017): Innovative öffentliche Beschaffung. Leitfaden. 2. Aufl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie; Kompetenzzentrum innovative Beschaffung. Online verfügbar unter <https://www.koinno-bmw.de/informationen/innovative-beschaffung/>.
- Brunke, Jean Christian Ulf (2017): Energieeinsparpotenziale von energieintensiven Produktionsprozessen in Deutschland. Eine Analyse mit Hilfe von Energieeinsparkostenkurven. Unter Mitarbeit von Universität Stuttgart.
- Brunke, Jean-Christian; Johansson, Maria; Thollander, Patrik (2014): Empirical investigation of barriers and drivers to the adoption of energy conservation measures, energy management practices and energy services in the Swedish iron and steel industry. In: *Journal of Cleaner Production* 84, S. 509–525. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.04.078.
- Bundesrechnungshof (2021a): Bericht an das Bundeskanzleramt nach § 88 Abs. 2 BHO über die Umsetzung der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie durch die Bundesministerien, 13.1.2021. Online verfügbar unter https://www.bundesrechnungshof.de/de/veroeffentlichungen/produkte/beratungsberichte/2021/nachhaltigkeit-kommt-in-der-verwaltungspraxis-nur-schleppend-voran/@@download/langfassung_pdf.
- Bundesrechnungshof (2021b): Bundeskanzleramt muss stärker auf nachhaltiges Handeln in der Verwaltungspraxis hinwirken, Stellungnahme vom 13.4.2021. Online verfügbar unter https://www.bundesrechnungshof.de/de/veroeffentlichungen/produkte/bemerkungen-jahresberichte/jahresberichte/2020-ergaenzungsband/uebergreifende-und-querschnittliche-pruefungsergebnisse/bundeskanzleramt/2020-22/@@download/langfassung_pdf.
- Bundesregierung (2021a): Deutsche Nachhaltigkeits-strategie. Weiterentwicklung 2021. Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/998006/1873516/3d3b15cd92d0261e7a0bc8f43b7839/2021-03-10-dns-2021-finale-langfassung-nicht-barrierefrei-data.pdf?download=1>.
- Bundesregierung (2021b): Maßnahmenprogramm Nachhaltigkeit. Weiterentwicklung 2021, Nachhaltigkeit konkret im Verwaltungshandeln umsetzen. Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/998008/1953740/cfcc4422222f013844c6b6f02dd31144/2021-08-25-massnahmenprogramm-nachhaltigkeit-2021-data.pdf?download=1>.
- Bürger, Veit; Klinski, Stefan; Hermann, Andreas; Keimeyer, Friedhelm; Brunn, Christoph (2013): Konzepte für die Beseitigung rechtlicher Hemmnisse des Klimaschutzes im Gebäudebereich. Hg. v. Umweltbundesamt.
- C.H. BECK (Hg.) (2013): Beck'scher Vergaberechtskommentar. 2. Aufl.: C:H: Beck oHG.
- Cagno, Enrico; Worrell, E.; Trianni, A.; Pugliese, G. (2013): A novel approach for barriers to industrial energy efficiency. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 19, S. 290–308. DOI: 10.1016/j.rser.2012.11.007.

- Cement Sustainability Initiative (2007): Cement Industry Energy and CO₂ Performance: Getting the numbers right.
- Chetty, Raj; Looney, Adam; Kroft, Kory (2009): Salience and Taxation. Theory and Evidence. In: *American Economic Review* 99 (4), S. 1145–1177. DOI: 10.1257/aer.99.4.1145.
- Cooremans, Catherine (2015): Competitiveness benefits of energy efficiency: a conceptual framework. In: *Proceedings of the ECEEE Summer Study 2015*. Online verfügbar unter https://www.eceee.org/library/conference_proceedings/eceee_Summer_Studies/2015/1-foundations-of-future-energy-policy/competitiveness-benefits-of-energy-efficiency-a-conceptual-framework/, zuletzt geprüft am 02.07.2019.
- CTCN: Coke dry quenching for iron and steel sector. Online verfügbar unter <https://www.ctc-n.org/technologies/coke-dry-quenching-iron-and-steel-sector>, zuletzt geprüft am 14.11.2019.
- Davis, Lucas W. (2012): Evaluating the Slow Adoption of Energy Efficient Investments. Are Renters Less Likely to Have Energy Efficient Appliances? In: Don Fullerton und Catherine Wolfram (Hg.): *The Design and Implementation of U.S. Climate Policy*: University of Chicago Press, S. 301–316. Online verfügbar unter <http://www.nber.org/chapters/c12130>.
- Dörr, Oliver (2015): Gemeinwohlsicherung durch Vergaberecht. In: Cordula Stumpf, Christian Baldus und Friedemann Kainer (Hg.): *Privatrecht, Wirtschaftsrecht, Verfassungsrecht. Privatinitiative und Gemeinwohlorizonte in der europäischen Integration*. Baden-Baden: Nomos, S. 630–638.
- Ecofys (2013): Begleituntersuchung zur europäischen Berichterstattung „Cost-Optimal-Level“ – Modellrechnungen (BMVBS-Online-Publikation, 26/2013).
- EEA (Hg.) (2015): *European Environment – State and Outlook 2015 (SOER 2015)*. European Environmental Agency. Copenhagen.
- EEA (2017): *Environmental indicator report 2017*. In support to the monitoring of the Seventh Environment Action Programme. Copenhagen (EEA Report, 21/2017).
- EEX (11.14.2019): KWK-Preis. Online verfügbar unter <http://www.eex.com/download/en/96828>, zuletzt aktualisiert am 11.14.2019.
- EPA (2012): *Available and Emerging Technologies for Reducing Greenhouse Gas Emissions from the Iron and Steel Industry*. Office of air quality planning and standards. North Carolina.
- European Commission (2019): *The European Green Deal*. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM(2019) 640 final. Brussels, 11.12.2019.
- Financial Times (2018): China's acute water shortage imperils economic future. In: *Financial Times* 2018, 2018.
- Fleiter, T.; Schlomann, B.; Eichhammer, W. (2013a): *Energieverbrauch und CO₂-Emissionen industrieller Prozesstechnologien - Einsparpotentiale, Hemmnisse und Instrumente*. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- Fleiter, T.; Schlomann, B.; Eichhammer, W. (2013b): *Energieverbrauch und CO₂-Emissionen industrieller Prozesstechnologien - Einsparpotentiale, Hemmnisse und Instrumente*. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- Fleiter, Tobias (2012): *The adoption of energy-efficient technologies by firms. An integrated analysis of the technology, behavior and policy dimensions*. Zugl.: Utrecht, Univ., Habil.-Schr.,

2012. Stuttgart: Fraunhofer-Verl. Online verfügbar unter <http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-214110.html>.
- Fleiter, Tobias; Schleich, Joachim; Ravivanpong, Ployplearn (2012): Adoption of energy-efficiency measures in SMEs—An empirical analysis based on energy audit data from Germany. In: *Renewable Energy in China* 51, S. 863–875. DOI: 10.1016/j.enpol.2012.09.041.
- Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI); Consentec; ifeu (2017): Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland. Modul 3: Referenzszenario und Basisszenario. Unter Mitarbeit von Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI), Consentec, Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu), TU Wien, M-Five und TEP Energy GmbH. Hg. v. Bundesminister für Wirtschaft und Energie (BMWi). Berlin. Online verfügbar unter http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/B/berichtsmodul-3-referenzszenario-und-basisszenario.pdf?__blob=publicationFile&v=4, zuletzt geprüft am 10.12.2020.
- Fraunhofer ISI; Consentec; ifeu (2017): Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland. Modul 0: Zentrale Ergebnisse und Schlussfolgerungen. Online verfügbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/B/berichtsmodul-0-zentrale-ergebnisse-und-schlussfolgerungen.pdf?__blob=publicationFile&v=6, zuletzt geprüft am 23.07.2021.
- Fraunhofer ISI; Prognos AG; ifeu; Stiftung Umweltenergierecht (Hg.) (2019): Evaluierung und Weiterentwicklung des Energieeffizienzfonds (Projekt Nr. 63/15). im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi). Abschlussbericht - Langfassung.
- Friedemann, Christian (1998): Umweltorientierte Investitionsplanung. Wiesbaden: Gabler.
- Gerarden, Todd D.; Newell, Richard G.; Stavins, Robert N. (2017): Assessing the Energy-Efficiency Gap. In: *Journal of Economic Literature* 55 (4), S. 1486–1525. DOI: 10.1257/jel.20161360.
- Gesellschaft Energietechnik (Hg.) (2007): Optimierung in der Energiewirtschaft. Düsseldorf: VDI Verlag.
- Gillingham, K.; Palmer, K. (2014): Bridging the Energy Efficiency Gap. Policy Insights from Economic Theory and Empirical Evidence. In: *Review of Environmental Economics and Policy* 8 (1), S. 18–38. DOI: 10.1093/reep/ret021.
- Gillingham, Kenneth; Newell, Richard; Palmer, Karen (2009): Energy Efficiency Economics and Policy. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.
- Gossen, Maik; Nischan, Carolin (2014): Regionale Differenzen in der Wahrnehmung energetischer Sanierungen. Gebäude-Energiewende Arbeitspapier 1.
- Gröger, Jens; Stratmann, Britta; Brommer, Eva (2015): Umwelt- und Kostenentlastung durch eine umweltverträgliche Beschaffung. Öko-Institut e.V. Online verfügbar unter https://www.berlin.de/senuvk/service/gesetzestexte/de/download/beschaffung/Endbericht_SenVBerlin_Umweltentlastung_final.pdf.
- Gruber, Edelgard; Brand, Michael (1991): Promoting energy conservation in small and medium-sized companies. In: *Energy Policy* 19 (3), S. 279–287. DOI: 10.1016/0301-4215(91)90152-E.
- Gruber, Edelgard; Fleiter, Tobias; Mai, Michael; Frahm, Birgit-Jo (2011): Efficiency of an energy audit programme for SMEs in Germany – results of an evaluation study. In: Therese Lindström (Hg.): Energy efficiency first: the foundation of a low-carbon society. ECEEE 2011

- summer study ; conference proceedings ; 6 - 11 June 2011, Belambra Presqu'île de Giens, France. Stockholm: ECEEE, S. 663–673.
- Halbig, Anna; Antoni, Oliver (2018): Das Wirtschaftlichkeitsgebot im Gebäude-Energieeffizienzrecht. In: *EnWZ*, S. 259.
- Hallof, Irene J.; Schröder, Rainer (2013): Das vermietet-mieter-dilemma bei der energetischen Gebäudesanierung. Eine rechtliche und ökonomische analyse. Berlin, Germany: Lexxion (Praxis und Theorie des Bau- und Immobilienrechts - Band 20). Online verfügbar unter <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=1318779>.
- Hampicke, Ulrich (1998): Ökonomische Bewertungsgrundlagen und die Grenzen einer „Monetarisierung“ der Natur. In: Werner Theobald (Hg.): *Integrative Umweltbewertung: Theorie und Beispiele aus der Praxis*. Heidelberg: Springer, S. 95–117.
- Hansjürgens, Bernd; Lienhoop, Nele (2015): Was uns die Natur wert ist. Potentiale ökonomischer Bewertung. Marburg: Metropolis-Verlag.
- Henger, Ralph; Voigtländer, Michael (2012): Energetische Modernisierung des Gebäudebestandes: Herausforderungen für private Eigentümer. Hg. v. Haus & Grund Deutschland. Institut der deutschen Wirtschaft Köln. Köln, zuletzt geprüft am 12.12.2014.
- Hermann, Andreas (2019): Rechtsgutachten umweltfreundliche öffentliche Beschaffung. Aktualisierung 2019. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau (TEXTE, 30/2019).
- Hinz, Eberhard (2012): Kosten energierelevanter Bau- und Anlagenteile bei der energetischen Modernisierung von Wohngebäuden. Hg. v. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Institut für Wohnen und Umwelt. Berlin (BMVBS-Online-Publikation, 07/2012). Online verfügbar unter http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/Online/2012/DL_ON072012.pdf?_blob=publicationFile&v=2.
- Hinz, Eberhard (2015): Kosten energierelevanter Bau- und Anlagenteile bei der energetischen Modernisierung von Altbauten. Institut für Wohnen und Umwelt. Darmstadt.
- Hirst, Eric; Brown, Marilyn (1990): Closing the efficiency gap. Barriers to the efficient use of energy. In: *Resources, Conservation and Recycling* 3 (4), S. 267–281. DOI: 10.1016/0921-3449(90)90023-W.
- Hossain, Tanjim; Morgan, John (2006): ...Plus Shipping and Handling. Revenue (Non) Equivalence in Field Experiments on eBay. In: *Advances in Economic Analysis & Policy* 5 (2). DOI: 10.2202/1538-0637.1429.
- IMP (2020): Impact monetisation - A summary of the discussions with the IMP's Practitioner Community. Hg. v. Impact Management Project.
- Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH; Fraunhofer-Institut für Bauphysik; ITG; schiller engineering (2012a): Ergänzungsuntersuchungen zum Wirtschaftlichkeitsgutachten für die Fortschreibung der Energieeinsparverordnung. Hg. v. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS-Online-Publikation, 30/2012).
- Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH; Fraunhofer-Institut für Bauphysik; ITG; schiller engineering (2012b): Untersuchung zur weiteren Verschärfung der energetischen Anforderungen an Gebäude mit der EnEV 2012 – Anforderungsmethodik, Regelwerk und Wirtschaftlichkeit. Hg. v. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS-Online-Publikation, 05/2012).

- Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH; Maas, Anton (2017): EnEV 2017 – Vorbereitende Untersuchungen. Hg. v. BBSR (BBSR-Online-Publikation, 16/2017).
- Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH; schiller engineering; Fraunhofer-Institut für Bauphysik (2009): Beurteilung energetischer Anforderungen an Nichtwohngebäude in Zusammenhang mit der Fortschreibung der EnEV (BBSR online Publikation, 08/2009).
- International Energy Agency (2007): Tracking Industrial Energy Efficiency and CO₂ Emissions. Online verfügbar unter www.iea.org/textbase/nppdf/free/2007/tracking_emissions.pdf, zuletzt geprüft am 14.11.2019.
- ISO (2019): ISO survey 2019. Online verfügbar unter <https://www.iso.org/the-iso-survey.html>.
- ITG (2012): Untersuchung zur weiteren Verschärfung der energetischen Anforderungen an Gebäude mit der EnEV 2012 – Anforderungen an die Anlagentechnik in Bestandsgebäuden (BMVBS-Online-Publikation, 06/2012).
- ITG; Uni Kassel (2011): Gesamtanalyse Energieeffizienz von Hallengebäuden. Unter Mitarbeit von J. Rosenkranz, B. Mailach, R. Gritzki, J. Kaiser, A. Peerschke, M. Rösler et al. Hg. v. FIGAWA - Bundesvereinigung der Firmen im Gas- und Wasserfach e.V. Dresden.
- IWU (2011): Evaluierung und Fortentwicklung der EnEV 2009: Untersuchung zu ökonomischen Rahmenbedingungen im Wohnungsbau.
- Jäcker-Cüppers, M.; Lindmaier, J. (2014): Kosten des Verkehrslärms Ermittlung und verursachergerechte Anlastung. Fachveranstaltung Was kostet Lärm? München, 20.05.2014.
- Jochem, Eberhard (2014): Einkauf, Lebenszykluskosten und Rentabilität sowie Finanzierung bei Energieeffizienz- Investitionen bei Kunststoff-Spritzguss-Maschinen. Online verfügbar unter http://www.30pilot-netzwerke.de/archiv/nw-de/downloads/2014-05-27-Prozesstechn-Forum/Beitraege-Referenten/Vortrag-Jochem-Pro-Forum-27.05.2014.pdf_%3B, zuletzt geprüft am 10.05.2021.
- Johnsson, Filip; Kjärstad, Jan; Rootzén, Johan (2019): The threat to climate change mitigation posed by the abundance of fossil fuels. In: *Climate Policy* 19 (2), S. 258–274. DOI: 10.1080/14693062.2018.1483885.
- Klauß, Swen (2010): Entwicklung einer Datenbank mit Modellgebäuden für energiebezogene Untersuchungen, insbesondere der Wirtschaftlichkeit. Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e.V.
- Klie, Axel (2010): Die Bewertung von Umweltgütern mittels Zahlungsbereitschaft. Woran Kosten-Nutzen-Analysen scheitern. In: *GAIA* (2), S. 103–109.
- König, Armin (2014): Wirtschaftlichkeit und Controlling in der Verwaltung: Materialien zum Europäischen Verwaltungsmanagement: BoD.
- Koopmans, Carl C.; te Velde, Dirk Willem (2001): Bridging the energy efficiency gap. Using bottom-up information in a top-down energy demand model. In: *Energy Economics* 23 (1), S. 57–75. DOI: 10.1016/S0140-9883(00)00054-2.
- Mai, Michael; Gebhardt, Thorsten; Wahl, Fabian; Dann, Julius; Jochem, Eberhard (2014): Transaktionskosten bei Energieeffizienz-Investitionen in Unternehmen. Michael Mai · Thorsten Gebhardt · Fabian Wahl · Julius Dann · Eberhard Jochem. In: *Zeitschrift für Energiewirtschaft (ZfE)* (38), S. 269–279. Online verfügbar unter <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs12398-014-0141-0.pdf>, zuletzt geprüft am 09.01.2018.

- Mai, Michael; Gruber, Edelgard; Ashley-Belbin, Natalja; Schulz, Anna; Barckhausen, Anton; Will, Gunnar et al. (2017): Analyse der Entwicklung des Marktes und Zielerreichungskontrolle für gesetzlich verpflichtende Energieaudits. Hg. v. Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. Karlsruhe. Online verfügbar unter https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/ea_evaluierungsbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=2.
- Mankiw, Nicholas Gregory; Taylor, Mark P. (2016): Grundzüge der Volkswirtschaftslehre. Unter Mitarbeit von Marco Herrmann, Christian Müller, Diana Pülichhuysen, Adolf Wagner und Simon Winter. 6., überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag.
- Mann, Hans-Ulrich (2016): Methodenhandbuch zum Bundesverkehrswegplan 2030. FE-Projekt-Nr.: 97.358/2015 für das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. PTV Planung Transport Verkehr AG; PTV Transport Consult GmbH; TCI Röhling – Transport Consulting International. Karlsruhe, Berlin, Waldkirch, München.
- Matthey, Astrid; Bünger, Björn (2020): Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten - Kostensätze. Umweltbundesamt (UBA). Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-12-21_methodenkonvention_3_1_kostensaetze.pdf.
- Morel, Stéphane; Traverso, Marzia; Preiss, Philipp (2018): Discussion Panel—Assessment of Externalities: Monetisation and Social LCA. In: Enrico Benetto, Kilian Gericke und Mélanie Guiton (Hg.): Designing Sustainable Technologies, Products and Policies: From Science to Innovation. Cham: Springer International Publishing, S. 391–396.
- Moya, José Antonio; Pardo, Nicolás; Mercier, Arnaud (2011): The potential for improvements in energy efficiency and CO₂ emissions in the EU27 cement industry and the relationship with the capital budgeting decision criteria. In: *Journal of Cleaner Production* 19 (11), S. 1207–1215. DOI: 10.1016/j.jclepro.2011.03.003.
- Mühlenkamp, Holger (2011): Wirtschaftlichkeit und Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen im öffentlichen Sektor. Deutsche Hochschule für Verwaltungswissenschaften. Speyer (Speyerer Arbeitsheft, 204).
- Nissen, Ulrich (2020): Energieadjustierte Investitions-/Wirtschaftlichkeitsrechnung. Lehrstuhl für Controlling und Energiemanagement, Hochschule Niederrhein. Online verfügbar unter <http://www.cms.ulrichnissen.de/clickandbuilds/CMS0/index.php/forschungs-praxis/forschungs-beratungsschwerpunkte>.
- OECD (Hg.) (2019): Öffentliche Vergabe in Deutschland, Öffentliche Vergabe in Deutschland. Strategische Ansatzpunkte zum Wohl der Menschen und für wirtschaftliches Wachstum. Paris. OECD.
- Ökopol; IÖW; Leuphana Universität (2011): Grundkonzeption eines Top-Runner-Modells auf der EU-Ebene. In: *Umweltbundesamt Texte 36/2011*. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4122.pdf>, zuletzt geprüft am 11.05.2021.
- OPTIMUS: Handbuch zur Bestimmung von Außenbauteilen.
- Passivhaus Institut (2008): Bewertung energetischer Anforderungen im Lichte steigender Energiepreise für die EnEV und die KfW-Förderung (BBR-Online-Publikation, 18/2008).

- Politecnico di Milano, ItalyF (2014): Report on Cost/Energy curves calculation. D3.3. of WP3 of the projekt "Policies to enforce the transition to nearly zero energy buildings in the EU-27" (ENTRANZE).
- Rockström, Johan; Steffen, Will; Noone, Kevin; Persson, Åsa; Chapin, F. Stuart; Lambin, Eric et al. (2009): Planetary Boundaries. Exploring the Safe Operating Space for Humanity. In: *Ecology and Society* 14 (2), zuletzt geprüft am 06.11.2014.
- Rohde, Clemens; Plötz, Patrick; Nabit, Lisa; Friedrichsen, Nele; Bedoya, Ignacio; Winter, Rainer; Mayer, Christian (2018): Branchen- und unternehmensgrößenbezogene Ermittlung von Klimaschutzpotenzialen (Schwerpunkt KMU) durch verstärkte Umsetzung von Energiemanagementmaßnahmen in der Wirtschaft. Hg. v. UBA. Dessau-Roßlau (Climate Change, 21/2018).
- RWI (2013): Die Klimavorsorgepflicht der deutschen Wirtschaft - Monitoringbericht 2011 und 2012. Online verfügbar unter http://www.rwi-essen.de/media/content/pages/publikationen/rwi-projektberichte/RWI_PB_Monitoringbericht-2011-und-2012.pdf, zuletzt geprüft am 14.11.2019.
- Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie: Handbuch zur Altlastenbehandlung Teil 8. Online verfügbar unter <https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/boden/hza8.pdf>, zuletzt geprüft am 10.05.2021.
- Scharlau, Jan; Swieykowski-Trzaska, Lilly von; Keimeyer, Friedhelm; Klinski, Stefan (2020): Das Bundes-Klimaschutzgesetz. In: *Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht* (1-2), S. 1–8.
- Schleich, Joachim (2009): Barriers to energy efficiency. A comparison across the German commercial and services sector. In: *Ecological Economics* 68 (7), S. 2150–2159. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2009.02.008.
- Schleich, Joachim (2011): Barrier bursting in energy efficiency in industry. Report to the UN Industrial Development Organization. Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research, Virginia Tech University. Vienna.
- Sebi, Carine; Nadel, Steven; Schlomann, Barbara; Steinbach, Jan (2019): Policy strategies for achieving large long-term savings from retrofitting existing buildings. In: *Energy Efficiency* 12 (1), S. 89–105. DOI: 10.1007/s12053-018-9661-5.
- Simon, Herbert A. (1955): A Behavioral Model of Rational Choice. In: *The Quarterly Journal of Economics* 69 (1), S. 99. DOI: 10.2307/1884852.
- Sorrell, Steve; Mallett, Alexandra; Nye, Sheridan (2011): Barriers to industrial energy efficiency: A literature review. Report to the UN Industrial Development Organization. Sussex Energy Group SPRU. University of Sussex.
- SRU (2008): Umweltgutachten 2008. Umweltschutz im Zeichen des Klimawandels. Berlin: Erich Schmidt Verlag.
- Statistisches Bundesamt (2019): Daten zur Energiepreisentwicklung. Lange Reihen von Januar 2005 bis September 2019.
- Steffen, W.; Richardson, K.; Rockström, J.; Cornell, S.; Fetzer, I.; Bennett, E. M. et al. (2015): Planetary Boundaries: Guiding human development on a changing planet. In: *Science* 347 (6223).

- Thiel, Dieter; Ehrlich, Marco (2012): Ermittlung von spezifischen Kosten energiesparender Bauteil-, Beleuchtungs-, Heizungs- und Klimatechnikausführungen bei Nichtwohngebäuden für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zur EnEV 2012. Hg. v. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Schmidt Reuter Integrale Planung und Beratung GmbH. Berlin (BMVBS-Online-Publikation, 08/2012). Online verfügbar unter <http://dnb.info/1024129039/34>.
- Thollander, Patrik; Danestig, Maria; Rohdin, Patrik (2007): Energy policies for increased industrial energy efficiency. Evaluation of a local energy programme for manufacturing SMEs. In: *Energy Policy* 35 (11), S. 5774–5783. DOI: 10.1016/j.enpol.2007.06.013.
- Thollander, Patrik; Ottosson, Mikael (2010): Energy management practices in Swedish energy-intensive industries. In: *Journal of Cleaner Production* 18 (12), S. 1125–1133. DOI: 10.1016/j.jclepro.2010.04.011.
- Thollander, Patrik; Palm, Jenny (2013): Improving Energy Efficiency in Industrial Energy Systems. London: Springer London.
- Tietenberg, Tom; Lewis, Lynne (2018): Environmental and Natural Resource Economics: Routledge.
- UBA (2012): Merkblatt über die Besten Verfügbare Techniken Merkblatt über die Besten Verfügbare Techniken in der Eisen- und Stahlerzeugung. Dessau. Online verfügbar unter <http://www.bvt.umweltbundesamt.de/kurzue.htm>.
- UBA (2017): Daten zur Umwelt 2017. Indikatorenbericht. Umweltbundesamt. Dessau.
- UBA (2018): Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten. Methodische Grundlagen. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.
- UBA (2019a): Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten. Kostensätze. Stand 02/2019. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.
- UBA (2019b): Rechtsgutachten umweltfreundliche öffentliche Beschaffung. Aktualisierung Februar 2019.
- UBA (Hg.) (2019c): Umweltfreundliche Beschaffung. Schulungsskript 1: Grundlagen der umweltfreundlichen öffentlichen Beschaffung. 2. Aufl. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.
- UBA (2021): Der Weg zur treibhausgasneutralen Verwaltung. Etappen und Hilfestellungen. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/der-weg-zur-treibhausgasneutralen-verwaltung>.
- UBA; IER (2013): Ökonomische Bewertung von Umweltschäden – Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten. Umweltbundesamt; Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart. Dessau, Stuttgart.
- UNEP (2019): Global Environmental Outlook 6. Healthy Planet, Healthy People - Humanity's Transformative Challenge. Draft. UN Environment. Nairobi.
- Unnerstall, Herwig; Mutert, Tina (2019): Neue Perspektiven auf die gegenwärtigen Verpflichtungen zu Energieeffizienzmaßnahmen im BImSchG. In: *Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht* (42).
- VDEh (2011): 10. CO₂-Monitoring-Fortschrittsbericht der Stahlindustrie in Deutschland-Berichtsjahr 2010. Unter Mitarbeit von Jean Theo Ghenda. Stahlinstitut VDEh. Düsseldorf. Online verfügbar unter http://www.stahl-online.de/wp-content/uploads/2014/03/10_CO2-Monitoring-Fortschrittsbericht_Stahlindustrie_2010.pdf.

VDEh (10.02.2019): Warum die Stahlindustrie nicht als Sündenbock der Energiewende taugt. Online verfügbar unter <https://www.stahl-blog.de/index.php/warum-die-stahlindustrie-nicht-als-suendenbock-der-energiewende-taugt/>, zuletzt geprüft am 14.11.2019.

VwVBU, Land Berlin (Hg.) (2019): Verwaltungsvorschrift Beschaffung und Umwelt, VwVBU. Online verfügbar unter <https://www.berlin.de/senuvk/service/gesetzestexte/de/download/beschaffung/VwVBU.pdf>.

Wärmetechnische Beratungen und Berechnungen Wiedenhoff; schiller engineering (2009): Evaluierung und Weiterentwicklung der anlagentechnischen Einzelanforderungen in der Energieeinsparverordnung (§§ 13–15 EnEV 2007) (BBSR online Publikation, 31/2009).

Zundel, Stefan; Albrecht, Tanja (2010): Gefühlte Wirtschaftlichkeit. Wie Eigenheimbesitzer energetische Sanierungsmaßnahmen ökonomisch beurteilen. Senftenberg. Online verfügbar unter <https://docplayer.org/8461496-Gefuehlte-wirtschaftlichkeit-wie-eigenheimbesitzer-energetische-sanierungsmassnahmen-oekonomisch-beurteilen.html>.