

LEITFADEN

„Efficiency First“ bei ausgewählten Vorhabenplanungen mit kommunaler Beteiligung

Projekt „Ermittlung von Grundlagen für eine das Energiesystem umfassende Abwägung der Grundentscheidung: Energiebedarf senken gegenüber Erhaltung/Schaffung von Versorgungskapazitäten für die Bedarfsdeckung“ (BfEE 07/2017)

Prof. Dr. Martin Wietschel

Dr. Anne Held

Prof. Dr. Martin Pudlik

Dr. Barbara Schlomann

Sigrid Lindner

Stella Oberle

Eftim Popovski

Matthias Reuter

Tim Mandel

Dr. Christian Nabe

Karlsruhe, Köln, Berlin, November 2019

Inhaltsverzeichnis

1	Generelles Konzept des Leitfadens	5
2	Energieeffizienztechnologien: Optionen und deren Bewertung	7
2.1	Übersicht über Energieeinsparpotenziale.....	7
2.2	Übersicht über Energieeinspartechnologien und Energieangebotstechnologien.....	9
2.3	Konzept der Kosten-Nutzenabwägung bei der Bewertung von Energietechnologien	14
3	Vorhabenplanungen auf kommunaler Ebene	18
3.1	Überblick über Eingriffsmöglichkeiten	18
3.2	Planungsleitfäden	24
3.2.1	Planungsleitfaden für eine Quartiersversorgung	24
3.2.2	Planungsleitfaden für die Energieversorgung eines neuen Gewerbegebietes.....	30
3.2.3	Planungsleitfaden für den Wohnungsbestand.....	35
4	Literaturverzeichnis	43
5	Anhang	45
5.1	Wirtschaftliche Bewertung von Maßnahmen im Energiebereich aus unterschiedlichen Perspektiven.....	45
5.2	Detaillierte Darstellung der 5 Phasen des Planungsprozesses für eine Quartiersversorgung	52

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	(Volks-)Wirtschaftliches Energieeinsparpotenzial in den Sektoren Gebäude, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) und Industrie in Deutschland für das Jahr 2030	8
Abbildung 2:	Kommunale Eingriffsmöglichkeiten entlang der Planungs- und Umsetzungsphase für den Fall „Neubau“	22
Abbildung 3:	Kommunale Eingriffsmöglichkeiten entlang der Planungs- und Umsetzungsphase für den Fall „Sanierung“	23
Abbildung 4:	Regulatorische und wettbewerbliche Preisbestandteile je bereitgestellter Einheit Nutzenergie für Wärmepumpe und einen Gaskessel.	45
Abbildung 5:	Umweltkosten von Stromerzeugungstechnologien im Vergleich (mit zwei Kostenansätzen für CO ₂ -äq. nach Vorschlag UBA 2018)	50
Abbildung 6:	Umweltkosten von Wärmeerzeugungstechnologien im Vergleich (mit zwei Kostenansätzen für CO ₂ -äq. nach Vorschlag UBA 2018)	51

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Optionen zur Wärmeerzeugung in Mehrfamilien (MFH)- und Einfamilienhäusern (EFH) im Gebäudebestand.	10
Tabelle 2:	Optionen zur Wärmedämmung in Mehrfamilien (MFH)- und Einfamilienhäusern (EFH).....	11
Tabelle 3:	Optionen zur Wärmeerzeugung in Mehrfamilienhäusern mit EnEV-Mindestwärmeschutz (<i>EnEV</i>) und verbessertem Wärmeschutz (<i>EnEV+</i>).	12
Tabelle 4:	Optionen zur Stromerzeugung in Industrie und Gewerbe.....	13
Tabelle 5:	Optionen für Einsparmaßnahmen bei Stromquerschnittstechnologien in Industrie und Gewerbe	14
Tabelle 6:	Beispiele für die Bewertung von Maßnahmen: Wärmegestehungskosten gegenüber Wärmeeinsparungskosten für EFH inkl. Umweltkosten.....	16
Tabelle 7:	Beispiele für die Bewertung von Maßnahmen: Stromgestehungskosten gegenüber Stromeinsparkosten	17
Tabelle 8:	Akteure der Quartiersentwicklung	26
Tabelle 9:	Beispielhafte Darstellung ausgewählter „Multiple Benefits“ von Energieeffizienzmaßnahmen	48
Tabelle 10:	Beispielhafte Darstellung ausgewählter „Multiple Benefits“ des Ausbaus erneuerbarer Energien	49

1 Generelles Konzept des Leitfadens

Mit dem „Efficiency First“-Prinzip wird Energieeffizienz als zentrale Säule der Energiewende gestärkt und der Dreiklang aus Energieeffizienz, direkt genutzten erneuerbaren Energien und dem Einsatz von Strom aus erneuerbaren Energien zur Richtschnur der deutschen Energiepolitik. Die Entwicklung von Energieversorgungskonzepten mit einem besonderen Fokus auf der Steigerung der Energieeffizienz in z. B. einer Kommune ist eine komplexe Aufgabe und erfordert eine systematische und ganzheitliche Herangehensweise. Nur so kann sichergestellt werden, dass die Energieerzeugung, die Infrastrukturen und die Energieeffizienzmaßnahmen gut aufeinander abgestimmt sind und das Einsparpotenzial möglichst vollständig und kosteneffizient ausgeschöpft wird.

Regionale und kommunale Entscheidungsträger sind bei der Umsetzung von Effizienzmaßnahmen wichtige Schlüsselakteure. Der Leitfaden richtet sich deshalb an politische Entscheider auf der kommunalen Ebene. Er soll einen Beitrag dazu leisten, dem „Efficiency First“-Prinzip einen höheren Stellenwert bei Entscheidungen auf kommunaler Ebene zuzumessen. Der praxisnahe Leitfaden ist daher so gestaltet, dass

- relevante Aspekte einer ganzheitlichen Kosten-Nutzen-Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen aufgezeigt und
- mögliche Vorgehensweisen und Handlungsoptionen für kommunale Entscheider bei ausgewählten kommunalen Vorhaben dargestellt werden.

Hierfür wird in dem Leitfaden zunächst eine kurze Übersicht über die möglichen Technologieoptionen beim Thema Energieeffizienz zur Verfügung gestellt. Daran anschließend wird der hinter dem „Efficiency First“-Prinzip stehende Abwägungsprozess zwischen der Durchführung von nachfrageseitigen Energieeffizienzmaßnahmen und der angebotsseitigen Erzeugung von Energie erläutert. Dabei werden sowohl ökonomische als auch nicht-ökonomische Faktoren berücksichtigt. Ziel ist es, den Wert und die Kosten der Technologieoptionen auf der Erzeugungs- und der Nachfrageseite adäquat einzu beziehen. Im Anschluss werden für folgende drei Vorhaben Planungsleitfäden vorgestellt:

- die Wärmeversorgung eines neuen Stadtquartiers,
- die Energieversorgung eines neuen Gewerbegebiets,
- die Planung einer städtischen Wohnungsbaugesellschaft im Wohnungsbestand.

Dabei werden mögliche Handlungsoptionen im Sinne des „Efficiency First“-Prinzips aufgezeigt. Das Spannungsfeld von kommunalen Akteuren, welches sich bei der Umsetzung des „Efficiency First“-Prinzips auf kommunaler Ebene ergibt, wird berücksichtigt.

Die betrifft insbesondere

- die begrenzten direkten Eingriffsmöglichkeiten der Kommunen, die auf Flächen und Gebäude in eigenem Besitz beschränkt sind,
- der im Vergleich zum Kriterium der Energieeffizienz häufig höhere Stellenwert anderer Anforderungen an die Kommune (wie die Schaffung günstigen Wohnraums, die Einhaltung von Bestimmungen zum Brand- und Denkmalschutz oder die Barrierefreiheit),
- die Verfolgung des langfristigen Ziels der Klimaneutralität der Kommune, für das die Energieeffizienz nur einen Teilaspekt darstellt.

Ergänzend zu diesem Leitfaden wird ein Berechnungstool zur vergleichenden Ermittlung der Kosten von Energieeffizienzmaßnahmen und angebotsseitigen Erzeugungstechnologien zur Verfügung gestellt, der so genannte „LCOE-Rechner“¹. Das Tool soll die Planungsleitfäden um konkrete Berechnungsbeispiele für ausgewählte Strom- und Wärmetechnologien in den Bereichen Gebäude und Gewerbe ergänzen.

¹ Levelized Costs of Energy (LCoE).

2 Energieeffizienztechnologien: Optionen und deren Bewertung

In kommunalen Planungsprozessen zur Energieversorgung bestehen vielseitige Technologieoptionen auf Erzeugungs- und Nachfrageseite. Ziel dieses Kapitels ist es darzulegen, wie der Wert und die Kosten dieser Technologieoptionen im Hinblick auf ökonomische und nichtökonomische Eigenschaften in kommunale Entscheidungsprozesse einbezogen werden können. Abschnitt 2.1 liefert dazu zunächst einen Überblick über bestehende wirtschaftliche Energieeinsparpotenziale in Deutschland. Anschließend beschreibt Abschnitt 2.2 Technologieoptionen für verschiedene kommunale Vorhaben anhand ihrer techno-ökonomischen Eigenschaften. Abschnitt 2.3 schließlich stellt das Konzept der Kosten-Nutzenabwägung bei Energieplanungsprozessen dar.

2.1 Übersicht über Energieeinsparpotenziale

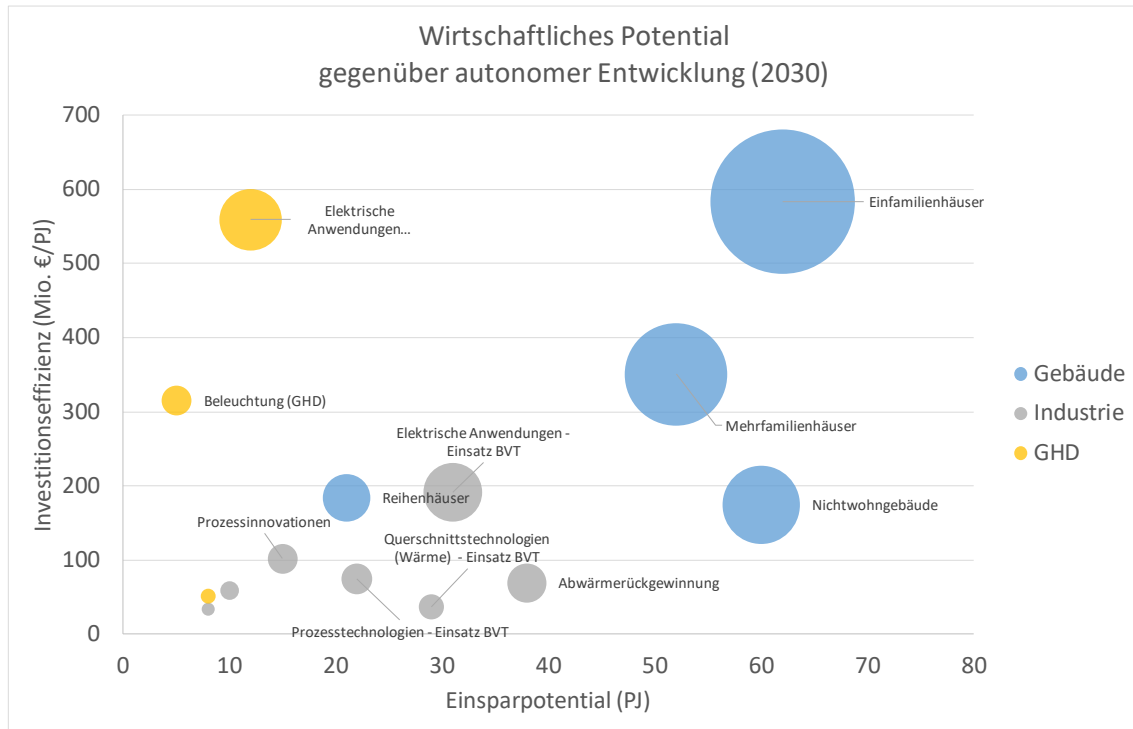
In den Nachfragesektoren des deutschen Energiesystems bestehen umfassende Energieeinsparpotenziale. Abbildung 1 gibt eine Übersicht über die derzeit vorhandenen wirtschaftlichen Energieeinsparpotenziale. Die dort dargestellten Potenziale werden als wirtschaftliches Potenzial² gegenüber einer autonomen Entwicklung ausgewiesen, welche den autonomen und durch die Energie- und CO₂-Preise getriebenen technischen Fortschritt bereits beinhaltet, nicht jedoch den Einfluss möglicher neuer Instrumente der Energiepolitik. Die Bewertung der Wirtschaftlichkeit erfolgt auf Basis der Lebenszykluskosten. Die Sanierungsrate der Gebäude folgt dem technisch sinnvollen Zyklus, ein vorzeitiger Austausch von Geräten und Anlagen ist nicht vorgesehen. Abbildung 1 bildet dabei die Einsparpotenziale in den folgenden drei Dimensionen ab:

- Je größer die Blase dargestellt ist, desto höher ist das hinter den Einsparungen liegende Investitionsvolumen (jeweils dargestellt als Mehrinvestition gegenüber der Referenzentwicklung).
- Je höher die Lage der Blase ist, desto größer fallen die notwendigen Investitionen pro eingesparter Energieeinheit (spezifische Investitionen) aus.
- Je weiter rechts die Blase liegt, desto größer ist das Einsparpotenzial.

Damit liegen die größten Einsparpotenziale im Gebäudebereich, hier fallen jedoch auch das erforderliche Investitionsvolumen und die spezifischen Investitionen besonders hoch aus (insbesondere bei Einfamilienhäusern, etwas moderater bei den für die im Leitfaden gewählten Beispiele eher relevanten Mehrfamilienhäuser und Nichtwohngebäuden). Mit-

2 Bei der Bestimmung der Wirtschaftlichkeit wird ein (die derzeitigen langfristigen Kapitalkosten reflektierender) Diskontsatz von 0,84 % angenommen; d. h. bei der Bestimmung der Potenziale wird eine volkswirtschaftliche Perspektive eingenommen.

telgroße Einsparpotenziale, die jedoch mit eher moderaten Mehrinvestitionen einhergehen, finden sich insbesondere bei den strom- und wärmeseitigen Querschnittstechnologien in Industrie und Gewerbe, beispielsweise bei der Druckluftherzeugung oder den Elektromotoren.



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE) (Hrsg.) 2018.

Abbildung 1: (Volks-)Wirtschaftliches Energieeinsparpotenzial in den Sektoren Gebäude, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) und Industrie in Deutschland für das Jahr 2030

Für eine wirtschaftliche Planung von Energieversorgungsstrukturen auf kommunaler Ebene besitzen diese Potenziale unmittelbare Relevanz. So kann etwa bei der Planung eines neuen Gewerbegebietes die geplante Stromerzeugungskapazität – inklusive damit verbundener Infrastruktur wie etwa Verteilnetze – reduziert werden, wenn wirtschaftliche Energieeinsparpotenziale für gewerbliche und industrielle Querschnittstechnologien ausgeschöpft werden. Somit besteht in der kommunalen Energieplanung ein kontinuierlicher Abwägungsbedarf zwischen Energieerzeugungs- und Energieeinsparoptionen. Der folgende Abschnitt liefert dahingehend einen Überblick über bestehende Technologieoptionen in der kommunalen Energieplanung.

2.2 Übersicht über Energieeinspartechnologien und Energieangebotstechnologien

Energieplanungsvorhaben auf kommunaler Ebene sind je nach Entscheidungskontext durch eine Vielzahl von Technologieoptionen gekennzeichnet. Im Folgenden werden verschiedene Technologieoptionen für die eingangs beschriebenen Energieplanungsvorhaben im Hinblick auf ihre wesentlichen technischen und wirtschaftlichen Parameter charakterisiert.

Für die **Wärmeversorgungsplanung von Bestandsgebäuden in kommunalen Wohnungsbaugesellschaften** bestehen Investitionsmöglichkeiten in den Bereichen Wärmeversorgung sowie Wärmedämmung. Eine Sanierung der Wärmedämmung durch effizientere Gebäudebauteile führt zu einem geringeren Nutzenergiebedarf, d. h. die Wärmemenge, welche dem Gebäude zur Aufrechterhaltung der Raumtemperatur zugeführt werden muss. Im Gegenzug geht ein Austausch der Wärmeversorgung durch ein effizienteres Heizsystem mit einer Verringerung des Primärenergiebedarfs einher, da pro Einheit Nutzenergie weniger Primärenergie zugeführt werden muss. Letztlich handelt es sich bei beiden Kategorien um Effizienzmaßnahmen, welche auf Grundlage der Wirtschaftlichkeit abgewogen werden müssen.

Im Bereich der Wärmeversorgung liefert Tabelle 2 einen Überblick über Einsparoptionen in typischen Mehrfamilien- und Einfamilienhäusern und deren typische spezifische Kosten. Dargestellt sind dabei die Kosten bei einer Komplettanierung, d. h. ohne Berücksichtigung der vor der Sanierung vorhandenen Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlagen. Es zeigt sich, dass effiziente Gas-Brennwertkessel in sowohl Einfamilien- als auch Mehrfamilienhäusern die wirtschaftlichste Option darstellen. Ausschlaggebend hierfür sind die relativ geringen Investitionen für die Anlagentechnik sowie der niedrige Verbraucherpreis für Erdgas im Vergleich zu alternativen Energieträgern wie beispielsweise Strom. Für Fernwärme liegen die spezifischen Kosten bei Vorhandensein entsprechender Netz-Infrastruktur circa 18 % über denen der Gas-Brennwertkessel. Angegeben ist hierbei der Wert für den bundesdeutschen Fernwärme-Mix. Bei Luft-Wasser-Wärmepumpen, auch in Verbindung mit Photovoltaik-Anlagen (PV), bestehen aufgrund höherer Investitionen für Wärmeerzeuger und Heizungsflächen etwa 30 % höhere spezifische Kosten als für Gas-Brennwertkessel. Der Einbau von Brennstoffzellen stellt im Gebäudebestand aufgrund sehr hoher Investitionen in der Regel keine kostengünstige Option dar.

Tabelle 1: Optionen zur Wärmeerzeugung in Mehrfamilien (MFH)- und Einfamilienhäusern (EFH) im Gebäudebestand.

Parameter	Einheit	Gas-Brennwertgerät	Fernwärme	Luft-Wasser-Wärmepumpe	Pellet-Kessel	Brennstoffzelle	Luft-Wasser-Wärmepumpe + PV-Anlage
Spezifische Investition	[EUR/m ²] (MFH)	51	61	84	72	-	109
	[EUR/m ²] (EFH)	(78)	(82)	(106)	(138)	(180)	(176)
Spezifische Erzeugungskosten	[EUR/kWh] (MFH)	0.14	0.18	0.19	0.18	-	0.18
	[EUR/kWh] (EFH)	(0.15)	(0.18)	(0.19)	(0.24)	(0.26)	(0.19)

MFH (Nutzfläche 605 m² mit 6 Wohneinheiten, spez. Nutzenergiebedarf 72,5 kWh/m²a); EFH (Nutzfläche 209 m² mit 2 Wohneinheiten, spez. Nutzenergiebedarf 86,5 kWh/m²a).

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von BDEW 2017; IWU 2015.

Tabelle 2 stellt Einsparoptionen im Bereich der Wärmedämmung für Mehrfamilien- und Einfamilienhäuser im Gebäudebestand dar. Je nach Gebäudezustand und Umfang bisheriger Sanierungen besteht eine Vielzahl an Investitionsmöglichkeiten. Für ein typisches Mehrfamilienhaus mit 40 Wohneinheiten bieten sich eine 3-fach-Wärmeschutzverglasung der Fenster sowie eine zusätzliche Dämmung der Außenwände an. Alternative Einsparoptionen mit relativ geringen spezifischen Kosten bestehen in der zusätzlichen Dämmung des Kellerbodens sowie der obersten Geschossdecke.

Insgesamt besitzen Entscheidungsträger in kommunalen Wohnungsbaugesellschaften vielfältige Optionen zur Energieversorgungsplanung. Die spezifischen Kosten für einzelne Heizungssysteme sowie Wärmedämmungsmaßnahmen sind dabei einzelfallabhängig und bedürfen einer vorausgehenden Bestandsaufnahme, um die wirtschaftlichsten Energieeinsparoptionen zu identifizieren.

Tabelle 2: Optionen zur Wärmedämmung in Mehrfamilien (MFH)- und Einfamilienhäusern (EFH)

Parameter	Einheit	Fenster (3-fach-Wärmeschutz-Verglasung)	Außenwand (14 cm Dämmdicke)	Keller (unterseitig 12 cm Dämmdicke)	Dach (oberste Decke, 18 cm Dämmdicke)
Spezifische Investition	[EUR/m ²] (MFH) [EUR/m ²] (EFH)	422 (439)	110 (136)	36 (46)	48 (60)
Spezifische Einsparkosten	[EUR/kWh] (MFH) [EUR/kWh] (EFH)	17,2 (19,3)	13,6 (22,2)	7,1 (12,4)	12,1 (21,4)

MFH (Wohnfläche 2850 m² mit 40 Wohneinheiten); EFH (Wohnfläche 110 m²). U-Werte [W/m²K] vor der Sanierung (Wand = 1.14; Dach = 0.66; Keller = 1.24; Fenster = 4.00). Die Einsparungen können je nach Art der Isolierung in den Gebäudeteilen variieren.

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von BDEW 2017, IWU 2015.

Bei der **Wärmeversorgung eines neuen Stadtquartiers** gelten nach der Energieeinsparverordnung EnEV 2014 Standards in Bezug auf den Primärenergiebedarf eines Gebäudes. Zur Ermittlung des Anforderungswertes wird der Primärenergiebedarf für ein Referenzgebäude gleicher Geometrie, Nutzfläche und Ausrichtung bestimmt. Der Primärenergiebedarf neuer Gebäude darf dabei maximal 75 % des Referenzwertes betragen. Für die Planung eines Stadtquartiers muss somit ein Wärmeschutzniveau gewählt werden, welches entweder dem EnEV-Mindestwärmeschutz entspricht oder einen verbesserten baulichen Wärmeschutz anstrebt. Ein verbesserter baulicher Wärmeschutz geht dabei mit einer kleineren Dimensionierung der Heizungsanlagen einher. Für diese besteht im Neubau, zusätzlich zur EnEV, gemäß Erneuerbaren-Energien-Wärmegegesetz EEWärmeG eine Pflicht zur Nutzung erneuerbarer Energien (BDEW 2016).

Auf Grundlage der gesetzlichen Bestimmungen stellt Tabelle 3 verschiedene Optionen für Heizungsanlagen gegenüber. Dabei wird ein 6-Familienhaus betrachtet – einerseits mit EnEV-Mindestwärmeschutz (hier: *EnEV*) und andererseits mit einem typischen verbesserten Wärmeschutz (hier: *EnEV+*). Im betrachteten verbesserten Wärmeschutz beträgt der spezifische Transmissionswärmeverlust des Gebäudes 85 % des EnEV-Mindeststandards. Technologieoptionen stellen dabei Gas-Brennwertkessel mit solarer Trinkwassererzeugung, Elektro-Wärmepumpen mit PV-Anlage, Nah-/Fernwärme sowie Pellet-Kessel dar. Der verbesserte bauliche Wärmeschutz (*EnEV+*) geht mit geringeren spezifischen Investitionen einher, da die Anlagen kleiner dimensioniert werden. Im Gegenzug sind die spezifischen Erzeugungskosten für die meisten betrachteten Optionen höher als beim EnEV-Mindeststandard, da weniger Energie erzeugt wird, aber gleichzeitig die Kapital-, Betriebs- und Wartungskosten auf einem ähnlichen Niveau verbleiben.

Insgesamt müssen kommunale Entscheidungsträger die einzelnen Optionen je nach Einzelfall abwägen.

Tabelle 3: Optionen zur Wärmeerzeugung in Mehrfamilienhäusern mit EnEV-Mindestwärmeschutz (*EnEV*) und verbessertem Wärmeschutz (*EnEV+*).

Parameter	Einheit	Gas-Brennwertkessel + Solare TWE	Fernwärme	Pellet-Kessel	Sole-Wasser-Wärmepumpe + PV-Anlage
Spezifische Investition	[EUR/m ²] (<i>EnEV</i>) [EUR/m ²] (<i>EnEV+</i>)	138.6 (138.1)	118.8 (73.4)	108.4 (107.3)	156.2 (148.8)
Spezifische Erzeugungskosten	[EUR/kWh] (<i>EnEV</i>) [EUR/kWh] (<i>EnEV+</i>)	0.28 (0.31)	0.29 (0.27)	0.29 (0.31)	0.37 (0.34)

MFH (6 Wohneinheiten, Nutzfläche 605 m²); EnEV (19,2 kW, spez. Transmissionswärmeverlust 0.385 W/m²K); EnEV+ (17,2 kW; 0.326 W/m²K). TWE = Trinkwassererwärmung; PV = Photovoltaik.

Quelle: BDEW 2016

Für die **Stromversorgung eines Gewerbegebietes** besteht zunächst die naheliegende Option, Strom aus dem öffentlichen Netz zu beziehen. Dabei kommt, je nach Größe und jährlichem Verbrauch des Unternehmens, ein Strompreis von 16 bis 30 ct/kWh zum Tragen. Eine alternative Option der Stromversorgung besteht in der lokalen Erzeugung. Hierfür eignen sich Gasturbinen und Biogasanlagen, welche in Gewerbe und Industrie flexibel Strom bereitstellen können. Kleinere Windkraft- und Photovoltaikanlagen (PV) erzeugen Strom dargebotsabhängig, d. h. je nach lokaler und zeitlicher Verfügbarkeit von Wind und Sonneneinstrahlung. Batteriespeicher ermöglichen hierbei eine flexiblere Bereitstellung der erneuerbaren Erzeugung. Wasserstoff- oder erdgasbetriebene Brennstoffzellen stellen eine vielversprechende Technologie dar, welche sich bei sinkenden Kosten zunehmend am Markt etablieren wird (Wietschel et al. 2015). In Tabelle 4 sind diese Optionen zur Stromerzeugung in Industrie und Gewerbe anhand ihrer wesentlichen techno-ökonomischen Parameter charakterisiert.

Aus diesen Parametern lassen sich die Stromgestehungskosten herleiten, welche je genannter Technologie deutlichen Schwankungen unterliegen. Ausschlaggebend hierfür sind die spezifischen Investitionen der Anlage, Brennstoffkosten, Betriebskosten sowie die antizipierte jährliche Stromerzeugung über die technische Lebensdauer. Im Falle von Windkraft und Photovoltaik resultiert die jährliche Erzeugung aus den jeweiligen lokalen klimatischen Ressourcen, wohingegen die Auslastung von Gasturbinen und Biogasanlagen und Brennstoffzellen primär dem tatsächlichen Strombedarf vor Ort entspricht.

Tabelle 4: Optionen zur Stromerzeugung in Industrie und Gewerbe

Parameter	Einheit	Gasturbine	Onshore-Windkraft	PV (Dach, klein)	PV (Dach, groß)	PV (Freifläche)	Batterie (*)	Biogasanlage	Brennstoffzelle
Spezifische Investition	[EUR ₂₀₁₈ /kW]	400-600	1500-2000	1200-1400	800-1000	600-800	-	2000-4000	2970-5800
Fixe Betriebskosten	[EUR ₂₀₁₈ /kW/a]	20	30	30	20	15	-	80	0,0
Variable Betriebskosten	[EUR ₂₀₁₈ /MWh]	3,0	5,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	27,0-39,6
Jährliche Stromerzeugung	[MWh/MW]	3500-7000	1800-3200	935-1280	935-1280	935-1280	-	3500-7000	3500-7000
Techn. Lebensdauer	[Jahre]	30	20	25	25	25	25	30	20
Gestehungskosten	[EUR _{ct} /kWh]	9,6-11,0	4,0-8,1	7,1-11,5	4,8-8,3	3,9-6,8	16,3-47,3	10,2-14,3	10,3-34,5

PV Dach klein = 10 kWp, PV Dach groß = 500 kWp, PV Freifläche = 2000 kWp.

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Fraunhofer ISE (2018), Agora Energiewende (2014), Görner et al. (2016), Lazard (2018). (*) Siehe Fraunhofer ISE (2018) für Berechnungsmethodik.

Neben der Stromerzeugung vor Ort in Gewerbegebieten besteht eine Vielzahl heterogener Energieeinsparoptionen. Hervorzuheben sind dabei Querschnittstechniken, welche rund 75 % des industriellen und gewerblichen Strombedarfs ausmachen und damit eine wichtige Zielgröße für die Ausschöpfung von Einsparpotenzialen darstellen. Anwendungen mit hoher Bedeutung für industrielle Betriebe sind hierbei Pumpensysteme, Ventilatoren, Motoren und Druckluft. Darüber hinaus bestehen in Handels- und Dienstleistungsbetrieben umfassende Einsparpotenziale im Bereich der Beleuchtung sowie der Prozesskühlung (Fleiter 2018).

Tabelle 5 gibt dahingehend die durchschnittlichen Investitionen, mögliche jährliche Energieeinsparungen sowie die spezifischen Einsparkosten für exemplarische Einsparoptionen im Bereich der industriellen und gewerblichen Querschnittstechniken wieder. Diese Annahmen beruhen auf realisierten Projekten, welche in der DEEP-Datenbank gelistet sind.³

³ Die *De-risking Energy Efficiency Platform* (DEEP) liefert detaillierte Analysen über den Erfolg von Investitionen in Energieeffizienzmaßnahmen auf EU-Ebene. Siehe <https://deep.eefig.eu/> für ausführliche Informationen.

Tabelle 5: Optionen für Einsparmaßnahmen bei Stromquerschnittstechnologien in Industrie und Gewerbe

Parameter	Einheit	Beleuchtung	Druckluft	Kälteerzeugung	Motoren	Pumpen	Ventilatoren
Durchschn. Investition	[EUR ₂₀₁₈ /Inv.]	37.000	19.400	49.000	46.700	17.600	33.900
Jährliche Energieeinsparung ggü. Referenz	[MWh/a]	86,9	118,7	171,9	131,7	60,4	95,5
Spez. Einsparkosten	[EUR _{ct} /kWh]	4,67	2,33	3,13	5,05	4,17	5,01

Quelle: EFIG De-risking Energy Efficiency Platform (DEEP), Fleiter (2015).

Bei Betrachtung der spezifischen Einsparkosten zeigt sich, dass diese in weitaus geringeren Größenordnungen liegen als die Stromgestehungskosten für den Großteil der Erzeugungstechnologien. Darüber hinaus sind die Einsparkosten deutlich geringer als die allgemeinen Verbraucherstrompreise von 16 bis 30 ct/kWh. Folglich besteht in Gewerbegebieten erhebliches wirtschaftliches Energieeinsparpotenzial im Bereich der Querschnittstechniken.

Insgesamt hat dieser Abschnitt gezeigt, dass je nach kommunalem Planungsvorhaben eine Vielzahl von Technologieoptionen bestehen. Dabei wurden ausschließlich ökonomische Faktoren betrachtet. Energieeffizienzmaßnahmen sind jedoch gegenüber angebotsseitigen Technologien häufig durch zusätzlichen nicht ökonomischen Nutzen gekennzeichnet – sogenannte Multiple Benefits. Der folgende Abschnitt geht näher auf diese Faktoren ein.

2.3 Konzept der Kosten-Nutzenabwägung bei der Bewertung von Energietechnologien

Im Rahmen der Kosten-Nutzenabwägung erfolgt die Erstellung eines Bewertungskonzeptes für die im Mittelpunkt des „Efficiency First“-Prinzips stehende Abwägung zwischen der Durchführung von Energieeffizienzmaßnahmen auf der einen und der Erzeugung von erneuerbarem Strom bzw. Wärme auf der anderen Seite. Die ökonomische Bewertung wird dabei um zwei Aspekte ergänzt: den Zusatznutzen der Energieeffizienz und der Angebotstechnologien, die sogenannten „Multiple Benefits“, sowie die Umweltkosten, die mit der Nutzung bestimmter Technologien einhergehen. Eine ausführliche Darstellung der dahinter stehenden betriebs- bzw. volkswirtschaftlichen Sichtweise erfolgt im Anhang (siehe Abschnitt 5.1).

In Tabelle 6 wird ein Überblick über die Wärmeerzeugungstechnologien und Wärmeschutzmaßnahmen einschließlich der Umweltkosten für EFH gegeben, Tabelle 7 zeigt beispielhaft die Kosten für Angebots- und Einsparmaßnahmen im Stromsektor.

Tabelle 6: Beispiele für die Bewertung von Maßnahmen: Wärmegestehungskosten gegenüber Wärmeeinsparungskosten für EFH inkl. Umweltkosten

Gebäude/Wärme						
Wärmebereitstellung (Kapitalgebundene Kosten für Wärmeerzeugung, Regelung, und Gas-Elektroinstallation-Kosten) (EFH, EnEV-Mindeststandard)				Wärmeisolierung *(EFH: nach EnEV-Mindestwärmeschutz)		
	Betriebswirtschaftliche Kosten (Zinsen: 8 %, mit Steuern und Abgaben) (€/kWh)	Volkswirtschaftliche Kosten (Zinsen 4 % ohne Steuern und Abgaben) (€/kWh)	Volkswirtschaftliche Kosten einschließlich Umweltkosten (€/kWh)		Betriebswirtschaftliche Kosten (Zinsen: 8 %, mit Steuern und Abgaben) (€/kWh)	Volkswirtschaftliche Kosten (Zinsen 4 % ohne Steuern und Abgaben) (€/kWh)
Gasbrennwertkessel	0,121	0,096	0,118	Fenster (U=1.3 W/m ² K)	0,457	0,276
Ölbrennwertkessel	0,139	0,110	0,143	Außenwand (U=0.24 W/m ² K)	0,416	0,253
Luft-Wasser WP	0,180	0,121	0,142	Keller- Unterseitig ohne Bekleidung (U=0.30 W/m ² K)	0,237	0,143
Nah-/Fernwärme	0,144	0,112	0,147	Dach- Oberste Geschossdecke begehbar (U=0.20 W/m ² K)	0,404	0,243
Pelletkessel	0,229	0,178	0,197			

Quellen: Eigene Darstellung auf Basis von IWU 2015, BDEW 2016, UBA 2018, BfEE 2018

* U-Werte [W/m² K] vor der Sanierung (Wand = 1.14; Dach = 0.66; Keller = 1.24; Fenster = 4.00); k = 0.035 W/mK für EPS-WDV; Die Einsparungen und Erzeugungskosten können je nach Art der Isolierung in den anderen Teilen des Gebäudes variieren. In diesem Fall wird davon ausgegangen, dass nur das bewertete Teil instandgesetzt wird und die anderen Teile bleiben unsaniert.

** **Technisches Potenzial:** (GHD) Ausschöpfen der marktverfügbaren Technologien gegenüber der Baseline. Kein vorzeitiger Anlagen- und Geräteaustausch berücksichtigt. Austausch und Upgrade der Anlagen und Geräte im normalen Lebensdauerzyklus. Monetäre Hemmnisse werden weitgehend überwunden. (PHH) Ausschöpfen der marktverfügbaren Geräte (höchste Klasse im Labelling) gegenüber Ecodesign-Anforderungen. Kein vorzeitiger Geräteaustausch berücksichtigt. Austausch der Geräte im normalen Lebensdauerzyklus.

*** **Wirtschaftliches Potenzial:** (GHD) Auswahl der Technologien entsprechend einem „Least life-cycle-cost“-Ansatz unter Berücksichtigung der aktuell üblichen Adressierung von Hemmnissen durch politische Instrumente. Kein vorzeitiger Anlagen- und Geräteaustausch berücksichtigt. Austausch und Upgrade der Anlagen und Geräte im normalen Lebensdauerzyklus. (PHH) Moderates Potenzial gegenüber Ecodesign-Anforderungen (denen ein „Least life-cycle-cost“-Ansatz zugrunde liegt). Kein vorzeitiger Geräteaustausch berücksichtigt. Austausch der Geräte im normalen Lebensdauerzyklus.

Tabelle 7: Beispiele für die Bewertung von Maßnahmen: Stromgestehungskosten gegenüber Stromeinsparkosten

Stromerzeugungstechnologien		Strom			
Betriebswirtschaftliche Kosten (Zinsen: 8 %, mit Steuern und Abgaben) (€/kWh)	Volkswirtschaftliche Kosten (Zinsen ca. 4 % ohne Steuern und Abgaben) (€/kWh)	Volkswirtschaftliche Kosten einschließlich Umweltkosten ⁴ (€/kWh)	Energieeffizienztechnologien im Stromsektor	Wirtschaftliches Potenzial** (€/kWh)	Technisches Potenzial** (€/kWh)*
PV Dach (5–100 kW)⁵ (€/kWh)	0,11–0,13	0,1218–0,1418	Beleuchtung (GHD)	0,086	0,173
Wind On-shore⁶ (€/kWh)	0,04–0,08	0,0426–0,0826	Straßenbeleuchtung	0,101	0,202
Strommix (€/kWh)	ca. 0,08 ⁷	0,0878 ⁸	Belüftung und Klimakälte (GHD)	0,259	0,518
			IKT (PHH)	0,068	0,063
			Beleuchtung (PHH)	0,153	0,180

Quelle: Eigene Darstellung

- 4 Quelle: UBA (2013): Schätzung der Umweltkosten in den Bereichen Energie und Verkehr Empfehlungen des Umweltbundesamtes https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/hgp_umweltkosten_0.pdf
- 5 Quelle: ZSW (2018): Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß § 97 Erneuerbare-Energien-Gesetz Teilvorhaben II c: Solare Strahlungsenergie Februar 2018. https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/bmwi_de/bericht-eeg-4-solar.pdf?__blob=publicationFile&v=4. Annahme für Zinsen: 4,1–5,9 %. Aufgrund der privaten Struktur der Investoren sind die Zinsen niedriger als die kommerzieller Akteure.
- 6 Quelle: Deutsche Windguard (2018): Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß § 97 Erneuerbare-Energien-Gesetz Teilvorhaben II e): Wind an Land. Annahmen für Zinsen: 8 % Eigenkapitalrendite, Fremdkapitalzinssätze von 2,1 %–5 %, variable Zusammensetzung. https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/bmwi_de/bericht-eeg-6-wind-an-land.pdf?__blob=publicationFile&v=5
- 7 Die Kosten reflektieren langfristige Kosten in 2013 und beinhalten die Kosten des Bestandes. Netzkosten sind nicht berücksichtigt. Quelle: Pfluger, Benjamin et al. (2017): Modul 3: Referenzszenario und Basisszenario. Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland – Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI); Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (IFEU); TU Wien; TEP Energy; M-Five GmbH (M-Five); Consentec GmbH (Consentec). https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/B/berichtsmodul-3-referenzszenario-und-basisszenario.pdf?__blob=publicationFile&v=4
- 8 Strommix in Deutschland in 2010. Quelle: UBA (2013), siehe oben.

3 Vorhabenplanungen auf kommunaler Ebene

3.1 Überblick über Eingriffsmöglichkeiten

Die nachfolgende Übersicht bietet einen Überblick über die Eingriffsmöglichkeiten der verschiedenen Akteure in die Planung der Energieversorgung und/oder der durchzuführenden Effizienzmaßnahmen bei kommunalen Vorhabenplanungen.

Abbildung 2 und Abbildung 3 visualisieren dann diese Eingriffsmöglichkeiten entlang der verschiedenen Planungsphasen für Fall „Neubau“ und „Sanierung“. Dabei werden die Eingriffsmöglichkeiten je nach Handlungs- und Gestaltungsraum in die drei Kategorien „Vorgabe mit engem Handlungsraum“, „Vorgaben mit erweitertem Handlungsraum“ und „Optionale Instrumente zur Ausgestaltung“ eingeteilt. Die Planungsphasen werden darüber hinaus entlang der in wichtigsten Handlungsfelder von Kommunen spezifiziert (siehe auch weitere Ausführungen dazu in Abschnitt 3.2.1).

Akteur	Instrumente	Eingriffsmöglichkeit Neubau/Quartiersent- wicklung	Eingriffsmöglichkeit Bestand/Sanierung	Zuständigkeit	Vorhabensplanung Kommune
Kommunale Unternehmen/ priv. Energieversorger	Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) – Konzessionsvergabe	Öffentl. Daseinsvorsorge, aber Wirtschaftlichkeitsprinzip. – Investor und Betreiber Energieversorgung;	Neue Konzessionsvergabe auch bei bestehenden Netzen möglich – Wettbewerb der Versorger.	<u>Gemeinde</u> : vergibt Konzessionsverträge für Wasser/Strom/Gas über Ausschreibungen <u>Versorger</u> : bewirbt sich um Konzession, entscheidet über Investitionen und Strategie, ggf. entsprechend Vorgaben	Je nach Anteilen an den Stadtwerken oder Wohnungsbaugesellschaften kann die Kommune bestimmte Versorgungslösungen unterstützen und steuernd eingreifen
Gemeinde/ privater. Projektentwickler	Flächennutzungsplan (vorbereitende Bauleitplanung)	Art der Bodennutzung z. B. Bau-, Verkehrs, Grünflächen, Integration des Themas Energieversorgung (Flächen für leitungsgebundene Versorgung/Versorgung mit erneuerbaren Energien)	Gff. Änderung Flächennutzungsplan z. B. in Bezug auf neue Bau-/Versorgungsgebiete	<u>Gemeindeverwaltung</u> : Beauftragung/Durchführung Planung <u>Gemeinde-/Stadtrat</u> : Beschluss	Festlegung von Flächen für bestimmte Nutzungen (z. B. Struktur und Lage von Wohn-, Gewerbe-, Industriegebieten liefert Synergieeffekte, wie Abwärmennutzung und Eignung für Wärmenetze,
	Bebauungsplan (verbindliche Bauleitplanung)	Art und das Maß der baulichen Nutzung, Bauweise, überbaubare Flächen, Stellung/Höhe der Gebäude, Verortung Erzeugeranlagen, für neue Bebauung Vorgaben zur Optimierung bzgl. Nutzung von EE	Überplanung alter Bebauungspläne (unter Beachtung des Bestandsschutzes)	<u>Gemeindeverwaltung</u> : Beauftragung/Durchführung Planung <u>Gemeinde-/Stadtrat</u> : Beschluss	Nutzung von Festsetzungsmöglichkeiten im B-Plan: kompakte Bauweise, Süd-Orientierung und Dachform Gebäude zu aktiven und passiven Solarnutzung, Flächen für dezentrale/zentrale Wärmeversorgung, Speicherung Wärme/Strom, erneuerbare Erzeugung oder KWK etc.
	Vorhabenbezogener Bebauungsplan	Zwischen Gemeinde und privatem Investor abgestimmter Bebauungsplan, ausgerichtet auf ein konkretes	Überplanung von Bestandsgebieten möglich (Bestandsschutz)	<u>Investor, Projektentwickler</u> : Eingabe Vorschlag, Anliegen	Nutzung des Instruments durch die Kommune zur Festlegung

Akteur	Instrumente	Eingriffsmöglichkeit Neubau/Quartiersent- wicklung	Eingriffsmöglichkeit Bestand/Sanierung	Zuständigkeit	Vorhabensplanung Kommune
		Bauvorhaben, hier können ergänzende Regelungen festgesetzt werden: Versorgung mittels EE, Wärmenetze etc.	– Flächenvorsorge im Bestand schwierig ⁹	<u>Gemeinde</u> : Beschluss, Entwicklung Bebauungsplan Ggf. Einbindung weiterer Akteure: <u>Bürger</u> , <u>Versorger</u>	einer bestimmten Versorgungsart z. B. Wärmenetze mit erneuerbaren Energien/Solarthermie
	Städtebauliche Verträge	Verträge zwischen Stadt und Eigentümer/Investor zur Regelung städtebaulicher Belange wie Kostenübernahmen und Vorgaben zur Bebauung, Versorgung, Anteil EE etc.	Verträge zwischen Stadt und Eigentümer/Investor können auch im Bestand erfolgen, betreffen aber neu zu planende Strukturen	<u>Gemeinde/Eigentümer</u> : Schließung bilateraler Verträge	Auch diese Möglichkeit kann die Kommune nutzen, um z. B. ein Quartier mit einer bestimmten Versorgungsart zu belegen
	Wärmeplanung, Quartierskonzepte (freiwillig)	Ergänzende Fachplanung (externe Planer) zur Konkretisierung möglicher Versorgungslösungen im Quartier, städtebauliche Planungen und Analysen z. B. Verschattungsanalysen, Energiekonzepte etc.	Sanierungskonzepte auf Quartiersebene, Wärmeplanung für neue Versorgungslösungen im Bestandsquartier (Abwärmeeinsatz, Einsatz EE)	<u>Gemeinderat</u> : Trifft Quartiersauswahl/Entscheidung <u>Gemeindeverwaltung</u> : Beauftragung Quartierskonzept, Umsetzung (z. B. Quartiersmanager) <u>Fachplaner</u> ¹⁰ : Konzeption, Planung, Beratung, <u>Bürger</u> : ggf. Initiative zur Fachplanung	Die Kommune beauftragt einen externen Planer mit Gutachten/Fachplanungen um die Eignung des Quartiers für bestimmte Nutzungen/Versorgungslösungen etc. zu prüfen (ggf. auch Wirtschaftlichkeitsberechnungen)
	Grundstückskaufvertrag	Privatrechtl. Vertrag zur Regelung von Bebauungsart und Versorgung zwischen Grundstückseigentümer und Käufer. Z. B. Anschluss- und	Kann auch im Bestand erfolgen (z. B. Verkauf städt. Wohnungen an privaten Investor)	<u>Verkäufer</u> : regelt Vertragsinhalt <u>Käufer</u> : verhandelt/akzeptiert Vertrag	Ist die Kommune im Besitz des Grundstücks, kann sie über Kaufverträge z. B. Anschluss- und Benutzungszwang

9 Rechtliche Chancen und Hemmnisse für erneuerbare Wärme und Klimaschutz in der kommunalen Planung, GGSC 2017.

10 Zum Beispiel Ingenieurbüro, Stadt- oder Energieplaner.

Akteur	Instrumente	Eingriffsmöglichkeit Neubau/Quartiersentwicklung	Eingriffsmöglichkeit Bestand/Sanierung	Zuständigkeit	Vorhabensplanung Kommune
		Benutzungszwang an Wärmenetze			für Fernwärme etc. fest-schreiben
Land	Landesbauordnungen (LBO), Klimaschutzverordnungen (z. B. Hamburger KliSchVO)	LBO – Definition des Satzungsrechts der Kommune z. B: Solarsatzung, KliSchVO – ergänzende Vorgaben zum Klimaschutz bei Gebäuden und Versorgung		<u>Land:</u> Gesetzgebung, <u>Gemeinde:</u> Umsetzung und Vollzug	Klärung von Vorgaben und Eingriffsmöglichkeiten durch die Landesgesetzgebung in Bezug auf politische Zielsetzung
Bund, Land Gemeinde	Programme der Förderbanken (z. B. KfW, IFB)/Gemeinden zur Förderung von Erneuerbaren Energien (EE) und Energieeffizienz	Förderung von Maßnahmen mit Zuschüssen oder Kreditvergabe zur klimafreundlichen Versorgung/Umsetzung von erhöhten Neubaustandards	Förderung von Maßnahmen mit Zuschüssen oder Kreditvergabe zur klimafreundlichen Versorgung (z. B. Kessel-austausch), Gebäudesanierung	<u>Fördergeber:</u> vergibt Zuschuss/Kredit, stellt Anforderungen <u>Förderempfänger:</u> stellt Anträge, erhält Förderung, muss Qualität der Umsetzung etc. nachweisen	Nutzung der Förderung (NKi) zur Erstellung von Klimaschutz-/Quartierskonzepten. Einbindung von Förderprogrammen und Standards zur Festlegung von Zielkennwerten für das Quartier/die Siedlung, ggf. eigene Förderung oder Anreize für erhöhte Standards schaffen
Bund	Bau- und Energiegesetzgebung (Baugesetzbuch -BauGB, Erneuerbare-Wärme-Gesetz EEWärmeG, Energieeinsparverordnung EnEV)	BauGB – Regelung der Festsetzungsmöglichkeiten der Gemeinden in der Bauleitplanung (z. B. Verbrennungsverbot ¹¹), EnEV – Vorgaben für Energieeffizienz und Wärmeerzeugung, EE-WärmeG – Pflicht zur Nutzung EE zur Wärmeerzeugung	BauGB- Bauleitplanung, EnEV – Vorgaben der zur Bestands-sanierung, Erneuerbare Nutzungspflicht für den Bestand – E-WärmeG – bisher nur in Baden-Württemberg	<u>Bund:</u> Gesetzgebung, <u>Gemeinde:</u> Umsetzung und Vollzug	Erstellung einer Energie/Wärmestrategie und Festlegung von Zielen/Standards (politische Zielsetzung und Beschluss) gemäß Gesetzgebung oder darüber hinaus, Klärung von Festsetzungsmöglichkeiten durch die bestehende Gesetzgebung

11 Luftverunreinigender Stoffe, § 9 Abs. 1 Nr. 23a BauGB.

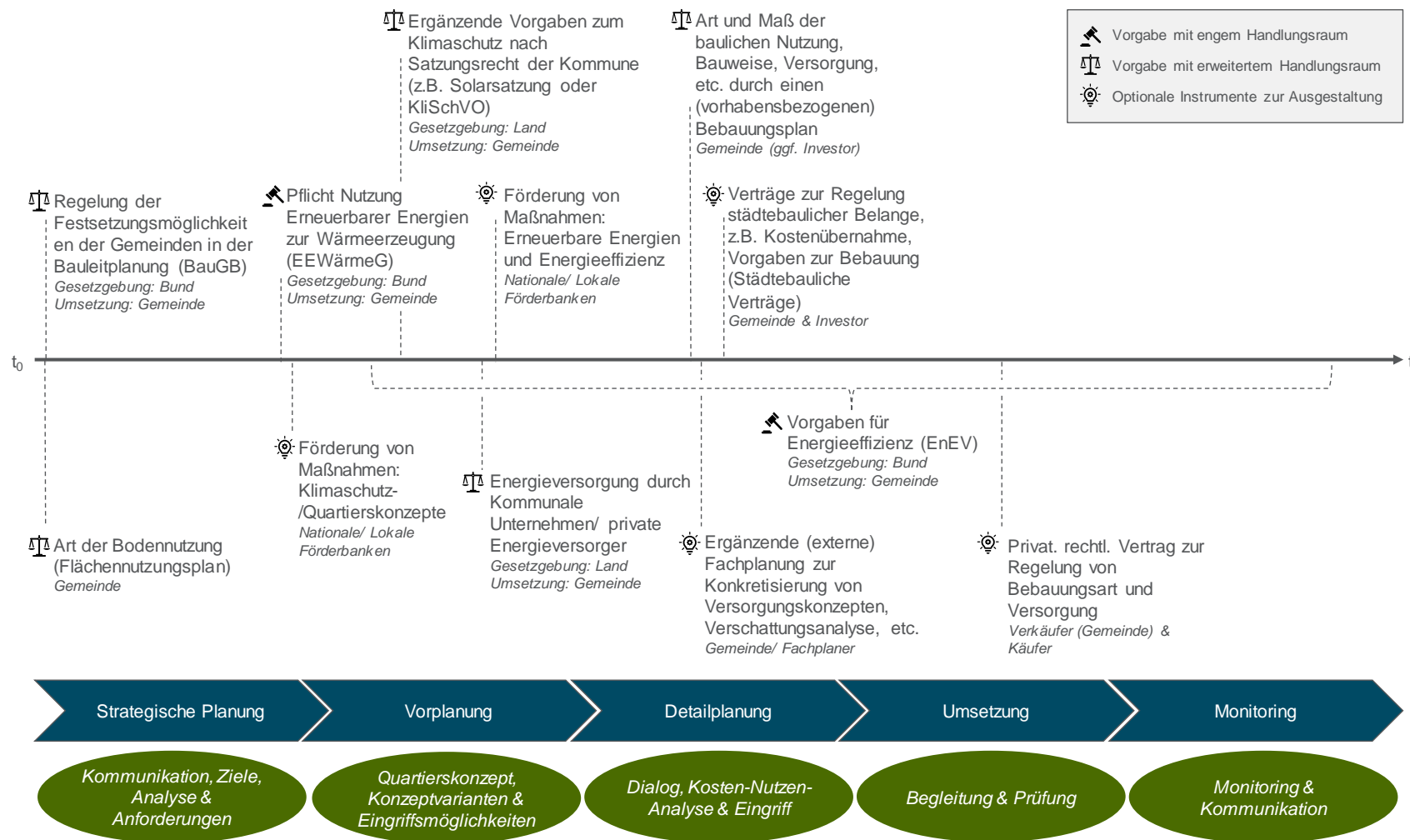


Abbildung 2: Kommunale Eingriffsmöglichkeiten entlang der Planungs- und Umsetzungsphase für den Fall „Neubau“

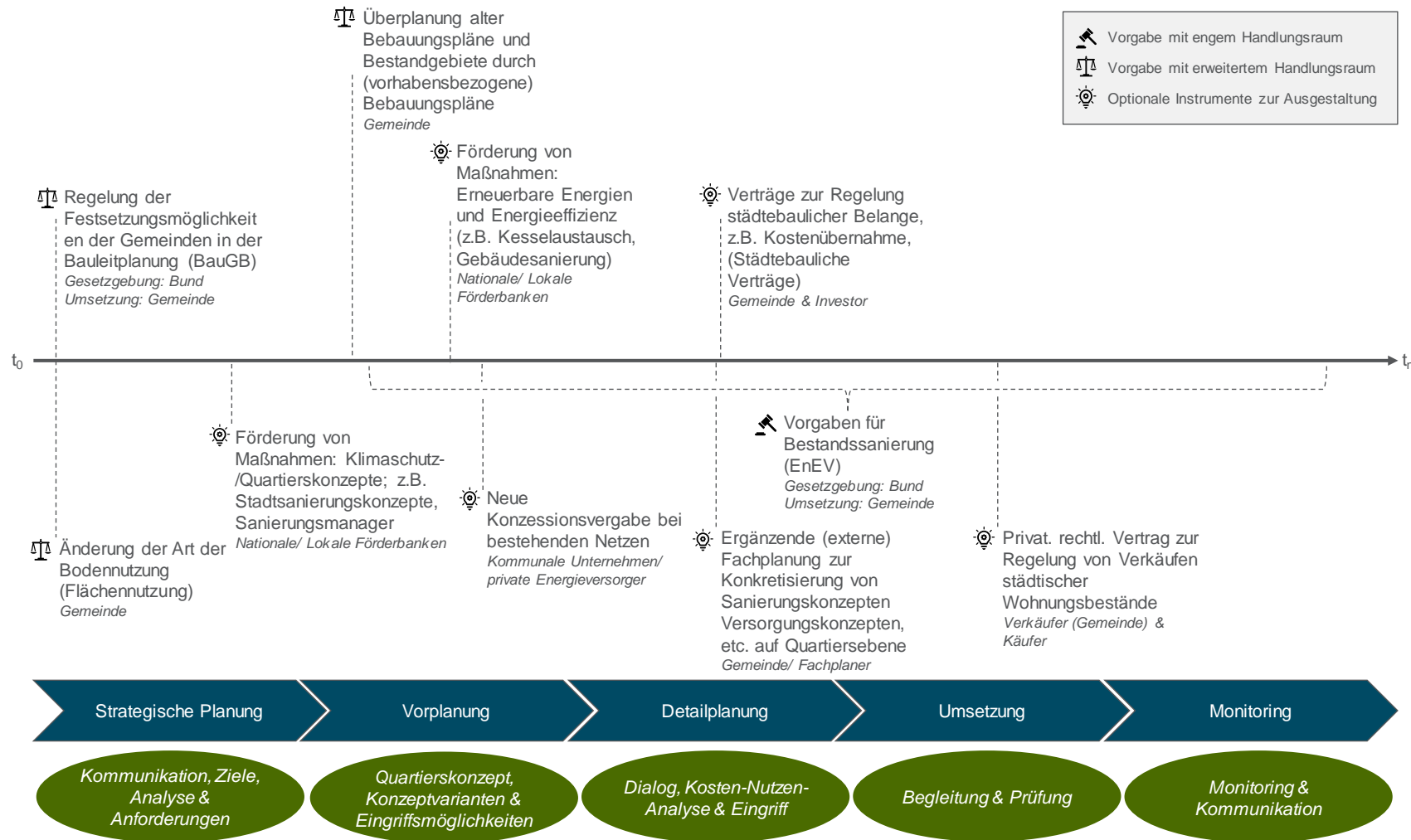


Abbildung 3: Kommunale Eingriffsmöglichkeiten entlang der Planungs- und Umsetzungsphase für den Fall „Sanierung“

3.2 Planungsleitfäden

Im Folgenden werden die Planungsleitfäden für die Energieversorgung eines neuen Stadtquartiers und eines neuen Gewerbegebiets sowie für den Gebäudebestand einer städtischen Wohnungsbaugesellschaft vorgestellt. Ergänzend zu diesen Planungsleitfäden wird ein Berechnungstool zur vergleichenden Ermittlung der Kosten von Energieeffizienzmaßnahmen und angebotsseitigen Erzeugungstechnologien zur Verfügung gestellt, der so genannte „LCOE-Rechner“. Das in Excel programmierte Tool liefert sowohl eine Übersicht über relevante Strom- und Wärmetechnologien in den Bereichen Gebäude und Gewerbe als auch konkrete Berechnungsbeispiele.

3.2.1 Planungsleitfaden für eine Quartiersversorgung

Ziel: Übersicht über den Ablauf der Planung einer Quartiersversorgung (Neu/Bestand)

Gewählte Methode: Prozessbeschreibung, welche nicht nur die Arbeitsschritte der Kommune, sondern auch anderer Beteiligten abbildet.

Hintergrund: Kommune soll auch über Arbeitsschritte informiert sein, welche im Hintergrund laufen, um mögliche Rückfragen und Gestaltungsspielräume zu nutzen.

Ergänzend: Technologieübersicht und Berechnungsbeispiele im LCOE-Rechner

Begriffsdefinition „Quartier“

Die Definition des Begriffs „Quartier“ setzt im vorliegenden Kontext einen bestimmten Bezugsrahmen voraus. Dieser lässt sich jedoch nicht zwingend nur an einer bestimmten Größenordnung festmachen. Im städtischen Raum kann das Quartier beispielsweise einige Viertel betreffen, wobei im ländlichen Bereich ein Quartier auch ein ganzes Dorf umfassen kann. Je nach Vorhaben muss diese städtebauliche Abgrenzung individuell bestimmt werden (Heinze 2013). Ein Quartier kann dabei verschiedenartig zusammengesetzt sein:

- Wohnquartier (Neubaugebiet, Bestandsbauten)
- Gewerbequartier (produzierendes Gewerbe)
- Mischquartier (heterogene Strukturen aus Wohngebäuden, Handel und Dienstleistungen)

Die Hauptelemente einer Quartiersversorgung sind:

- Eine effiziente, dezentrale Erzeugung von Strom und Wärme,
- die Einbindung regenerativer Energieerzeugungstechnologien sowie
- die Kombination mit objektbezogenen Energieeffizienzmaßnahmen (Bestandsquartier).

Allgemeine Vorteile eines nachhaltigen, energetischen Quartierskonzepts

Die Umsetzung eines energetischen Quartierskonzepts beinhaltet einige Vorteile für die Kommunen, Gemeinden und Städte. Durch eine innovative Quartiersentwicklung durch zeitgemäße energetische Infrastruktur kann die Lebensqualität der Bürgerinnen und Bürger sowie die Standortqualität für Unternehmen im Hinblick auf die Dauerhaftigkeit verbessert werden¹².

Wichtige Unterschiede Neu- und Bestandsquartier

Ein Wohnquartier kann aus reinen Neu- oder Bestandsbauten, aber auch aus beiden als Mischform bestehen. In vielen Fällen ist ein Quartier nicht homogen. Neben unterschiedlichen Gebäudetypen wie Einfamilien- und Mehrfamilienhäuser sowie Hochbauten, Bürokomplexe und Handel sind auch die Nutzereigenschaften von jedem Gebäude unterschiedlich.

Für *Neubauten* gilt nach EE-WärmeG, EnEV bzw. KfW ein gebäudetechnischer Standard in Bezug auf Dämmung und Energiebedarf. Damit gelten für Neubauten klare gesetzliche Anforderungen, die in der Regel zu einem hohen energetischen Standard führen, wodurch naturgemäß dann auch der Wärme- und Strombedarf verhältnismäßig gering ausfällt.

Bei reinen *Bestandsbauten* ist die Ermittlung des energetischen Standards deutlich aufwendiger. Hier ist im Vorfeld eine umfangreiche Recherche zu betreiben, um den Bestand im Detail zu erfassen und auszuwerten. Der Wärmedämmstandard eines Gebäudes als Größenordnung aus verbauten Materialien und U-Werten ist mangels technischer Dokumentation häufig nur schwer zu ermitteln und der Energiebedarf bzw. Wärmebedarf oft nur anhand von Erfahrungswerten abzuschätzen.

12 Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung, 2016

Akteure in der energetischen Quartiersentwicklung

Die Planung und Umsetzung einer energetischen Quartiersentwicklung ist sehr umfangreich und bezieht aus diesem Grund unterschiedliche Akteure mit ein, welche in den einzelnen Projektphasen beteiligt sind.

Die folgende Tabelle 8 gibt eine Übersicht über die möglichen Akteure der energetischen Quartiersentwicklung (Wrobel et al. 2016).

Tabelle 8: Akteure der Quartiersentwicklung

Investor	Umsetzer	Eigentümer	Nutzer	Betreiber	Ideell Beteiligte
Kommune, Bauherr, Stadtwerke, Wohnungsbaugesellschaft, Contractoren, Bank	Beteiligte, Unternehmer, Planer	Kommune, Bauherr, Stadtwerke, Wohnungsbaugesellschaft, Eigentümergeinschaft	Bewohner, Kunden	Kommune, Stadtwerke, Wohnungsbaugesellschaft, Contractoren, Betreibergesellschaft	Politik, Verbände, Bürger, Nachbarn

Die Tabelle liefert hier nur eine Übersicht. Der individuelle Charakter einer Quartiersplanung sollte hierbei berücksichtigt werden. Insbesondere Kommunen können als Investoren, Eigentümer, Betreiber oder Mediatoren im Planungsprozess auftreten.

Förderungen für Investitionszuschüsse und Planung von Quartierskonzepten

Für die Durchführung der oben beschriebenen Maßnahmen lassen sich insbesondere folgende Fördermöglichkeiten nennen:¹³

- Stadtbauförderung (z. B. „Stadtumbau“ – Anpassung an den demographischen Wandel; „Aktive Stadt- und Ortsteilzentren“ – Stärkung der Funktionsfähigkeit von Zentren; „Soziale Stadt“ – Stabilisierung und Aufwertung benachteiligter Stadt- und Ortsteile)
- Marktanreizprogramm (Unterstützung zukunftsorientierter Technologien)
- Förderung Ausbau von Wärme- und Kältenetzen
- KfW-Förderprogramm: energetische Stadtsanierung
- Modellvorhaben Wärmenetzsysteme 4.0

¹³ Siehe auch: „Deutschland macht's effizient!“ (<https://www.deutschland-machts-effizient.de/KAENEF/Navigation/DE/Home/home.html>)

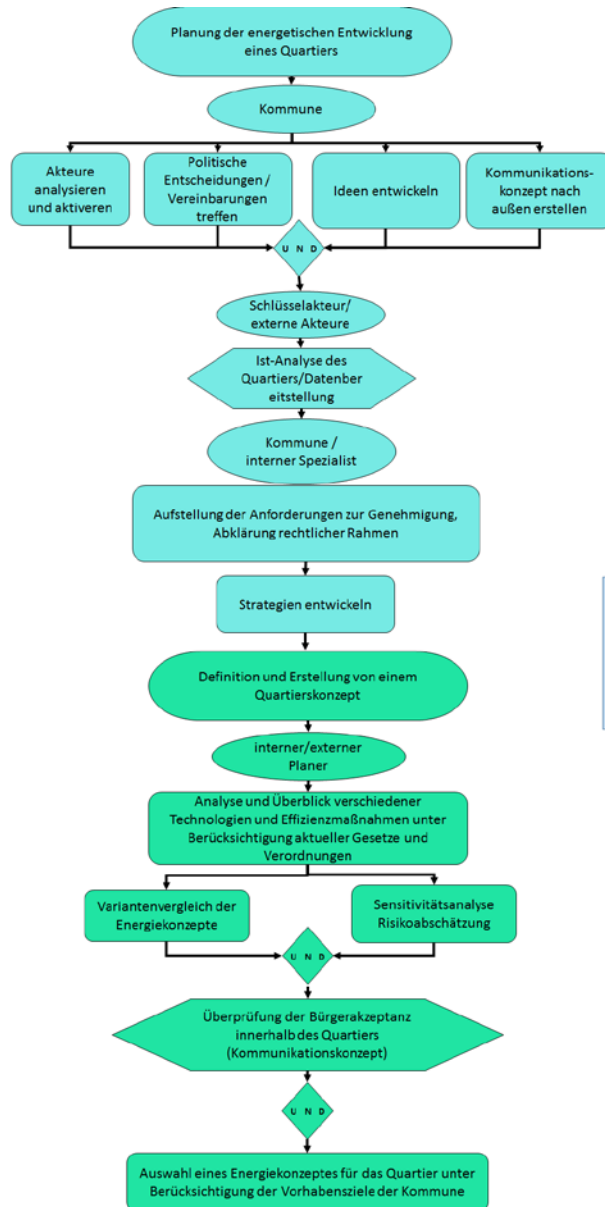
Phasen des Planungsprozesses

Im Folgenden werden die wichtigsten Schritte des Planungsprozesses anhand von fünf Phasen erläutert. Dabei wird jeweils auf die für die Kommune relevanten Handlungsfelder Bezug genommen.

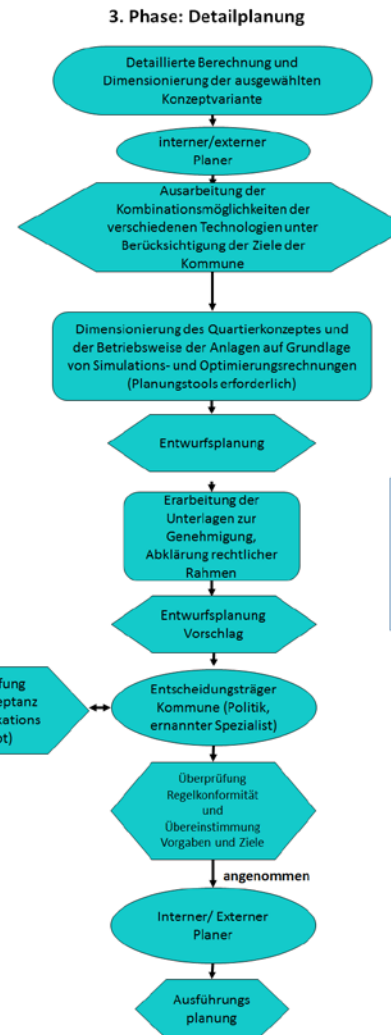
1. Strategische Planung
 - a. Internes Kommunikationskonzept erstellen
 - i. Welche Organisationseinheiten sind wann und wie einzubinden
 - b. Politische Entscheidungen treffen und Ziele vereinbaren
 - c. Akteure analysieren und Kommunikationsstruktur nach außen aufbauen und festigen
 - d. Aufstellung der Anforderungen zur Genehmigung sowie Abklärung der rechtlichen Rahmenbedingungen
2. Vorplanung
 - a. Definition und Erstellung eines Quartierskonzepts
 - b. Bewertung der Konzeptvarianten
3. Detailplanung
 - a. Vermittlung zwischen technischer Planung, kommunalen Anforderungen und Bürgerakzeptanz
 - b. Kosten-Nutzen-Analyse (z. B. Bewertung im Hinblick auch Nachhaltigkeit und bezahlbaren Wohnraum)
4. Umsetzung
 - a. Kooperative Begleitung und Bauüberwachung
 - b. Fortwährende Veranstaltungen rund um die energetische Infrastruktur
5. Monitoring
 - a. Aufstellung eines fortwährenden bürgernahen Monitoring- und Kommunikationskonzeptes

Einen detaillierten Überblick über die in den einzelnen Phasen anfallenden Schritte und Entscheidungen ist dem Anhang zu entnehmen (siehe Abschnitt 5.2). Eine komprimierte Darstellung des Planungsprozesses am Beispiel der Realisierung eines Wohnquartiers zeigt die nachfolgende Übersicht.

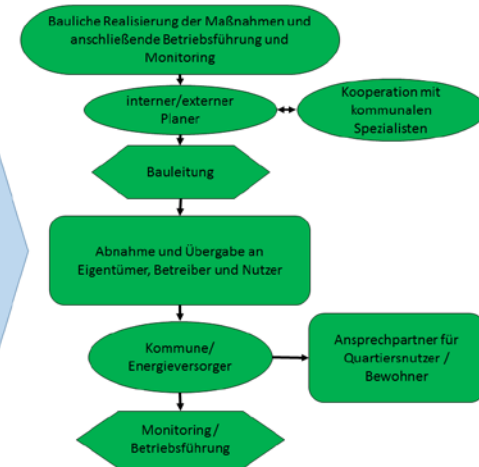
1. Phase: Strategische Planung



2. Phase: Vorplanung



4. & 5. Phase: Umsetzung und Monitoring



Bioenergiedorf Hallerndorf

Randbedingungen:

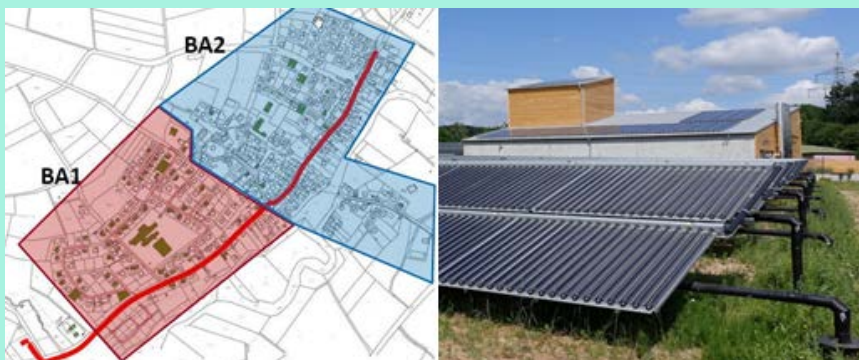
- 3.950 Einwohner mit Anschlussrate von 50 %, 6 kommunale Gebäude, Wärmebedarf: 2,25 GWh
- Solarthermieanlage mit 1304 m² und 23 % Deckungsanteil (fast gänzliche Wärmeversorgung durch Solarthermie im Sommer)
- Heizzentrale mit fünf Kesseln (vier Holzhackschnitzelanlagen mit je 145 kW und eine Holzpelletsanlage mit 300 kW)
- Pufferspeicher mit 85.000 l Kapazität und 9,5 m Höhe, 100 m³ Fassungsvermögen
- Kenndaten Wärmenetz:
 - S: 70/55 °C; W: 80/60 °C
 - Spez. Druckverlust: 100–400 Pa/m
 - Gleichzeitigkeitsfaktor: 0,7 (Hauptleitung)
 - Größter Rohrdurchmesser: d125
 - Gedämmte Kunststoffrohre DUO
 - **Tarif:**
 - Arbeitspreis: 0,0685 Euro/MWh
 - Grundpreis: 9,5 Euro/kW*a
 - Verrechnungspreis für Messung und Abrechnung Wärmeverbrauch: 174,5 Euro/a

Stromversorgung:

- 26 kWp PV-Freiflächenanlage
- Lithium-Ionen-Speicher mit 10 kWh Kapazität
- Stromversorgung des Heizhauses: Deckungsanteil 40–50 %
- E-Ladesäule

Sonstige Besonderheiten:

- Nutzung Synergieeffekte: Mitverlegung von Glasfaserkabel
- Größte Nahwärme-Solarthermieanlage Bayerns
- Ausweitung des Projektes geplant auf weitere zwei Ortsteile inklusive Einbindung vorhandener Biomasseanlage (Nutzung der Abwärme im Nahwärmenetz)
- Biomasse wird rein aus regionalen Quellen bezogen
- Installation von Power-to-Heat-Anlage vorbereitet



Quelle: Ritter Energie- und Umwelttechnik GmbH & Co. KG

3.2.2 Planungsleitfaden für die Energieversorgung eines neuen Gewerbegebietes

Ziel: Übersicht über die Unterschiede einer Gewerbegebietsversorgung zu einer Quartiersversorgung

Hintergrund: Ein Gewerbegebiet benötigt teilweise andere Nachhaltigkeitsmaßnahmen und stellt Planer vor andere Herausforderungen als ein Wohngebiet.

Ergänzend: Technologieübersicht im LCOE-Rechner

Dieser Leitfaden lehnt sich an den Leitfaden zur Planung der Energieversorgung eines Quartiers an und wird insbesondere die Unterschiede zwischen der Energieversorgungsplanung eines Stadtquartiers und eines Gewerbegebietes hervorheben.

Allgemeine Vorteile eines nachhaltigen, energetischen Gewerbegebietskonzepts

Neben geringeren Energiekosten und einem positiven Image für das Unternehmen hat ein nachhaltiges Gewerbegebiet den Vorteil, dass es eine innovative und zukunftsweisende Ausrichtung hat, wodurch geringere Aufwendungen bezüglich Anpassungen anfallen, wenn der rechtliche Rahmen sich verschärft. Darüber hinaus bietet ein energetisch optimiertes Gebäude eine angenehme Arbeitsatmosphäre und wirkt sich somit positiv auf die Arbeitnehmer aus.

Durch bessere Arbeitsbedingungen wird die Attraktivität der Region gesteigert und somit steigt die Anzahl an Unternehmen, die sich im Gewerbegebiet ansiedeln möchten. Hierdurch kann auch die Wirtschaftskraft einer Region gesteigert werden.

Herausforderung der Heterogenität in Gewerbegebieten

Neben den Herausforderungen, die bereits bezüglich des Wohnquartiers zu Neu- und Bestandsbauten aufgezeigt wurde, kommen bei einem Gewerbegebiet weitere erschwerende Faktoren hinzu. Diese sind zum Beispiel unterschiedliche Branchenzugehörigkeiten der Unternehmen, Schichtsysteme und die Unternehmensgröße, sodass die Energieverbräuche stark variieren können. Daher sollten Unternehmen in energieintensive und nicht energieintensive Unternehmen eingeteilt werden.

Energieintensive Unternehmen haben einen hohen Energieverbrauch, weshalb diese meist auf die Energiekosten achten und über das Optimierungspotenzial informiert sind.

Oft beschäftigen diese Unternehmen einen Energiemanager. Allerdings profitieren energieintensive Unternehmen auch von steuerlichen Ausnahmeregelungen und günstigen Energiebezugskosten. Zum Beispiel können sie eine sogenannte Besondere Ausgleichsregelung beantragen, mit welcher eine Begrenzung der EEG-Umlage möglich ist.¹⁴

Nicht energieintensive Unternehmen haben geringere Energieverbräuche und nehmen dadurch die daraus anfallenden Kosten mit einer geringeren Dringlichkeit wahr. Aus diesem Grund fehlt meist eine verantwortliche Person, welche als Ansprechpartner für das unternehmensinterne Energiemanagement dient.

Durch diese Unterschiede wird deutlich, dass diese Unternehmen auch unterschiedlich in den Planungsprozess miteinbezogen werden sollten. Generell ist es wichtig, Unternehmen frühzeitig zu informieren und einen Unternehmensverbund zu formen.¹⁴ Dieser Unternehmensverbund, oft auch Energieeffizienznetzwerk genannt, kann wie ein Verein fungieren, welcher ein Klimaschutzkonzept mitentwickelt und Informationsveranstaltungen zur Energieeffizienz oder lokaler Erzeugung erneuerbarer Energie organisiert. Um die Zusammenarbeit zwischen der Kommune und den Unternehmen zu stärken kann es hilfreich sein, von kommunaler Seite eine/n KlimaschutzmanagerIn zu bestimmen, welche/r die Gründung und die Aktivitäten im Unternehmensverbund/Energieeffizienznetzwerk vorantreibt (siehe DIHK et al., S. 6 sowie Solarinstitut Jülich et al., S. 63 ff.).

¹⁴ Baugesetzbuch (BauGB): Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (BMJV), URL: https://www.gesetze-im-internet.de/bbaug/inhalts_bersicht.html abgerufen am 29.08.2017

Energieeffizienznetzwerk

Die Etablierung eines Energieeffizienznetzwerks kann zu einer höheren Energieeffizienz führen und besteht meist aus 8 bis 15 Unternehmen. In einer Potenzialanalyse zu Beginn der Netzwerkarbeit werden in den Unternehmen mithilfe eines erfahrenen Energieberaters Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz ermittelt. Auf Basis dieser Analyse formulieren die Unternehmen ein individuelles Einsparziel und unterlegen dies mit Maßnahmen. Auch das Netzwerk als Ganzes setzt sich ein Effizienzziel für die Dauer der Netzwerkarbeit. Im Verlauf des Netzwerkprozesses findet ein regelmäßiger moderierter Erfahrungs- und Ideenaustausch zwischen den teilnehmenden Unternehmenspraktikern statt. Die Teilnahme an einem Energieeffizienz-Netzwerk versetzt die Unternehmenspraktiker in die Lage, Investitionen in Energieeffizienz auf solider Datenbasis zu planen und umzusetzen. Ergebnisse aus einem durch die Bundesregierung geförderten Netzwerke-Projekt haben gezeigt, dass die teilnehmenden Unternehmen ihre Energieeffizienz nach drei bis vier Jahren im Vergleich zum Branchendurchschnitt deutlich stärker verbessern konnten.

Akteure in der energetischen Gewerbegebietsentwicklung

Neben den bereits genannten Akteuren der Quartiersentwicklung übernimmt bei der Gewerbegebietsplanung die Wirtschaftsförderung eine tragende Rolle. Oft unterstützt diese bei der Planung eines Gewerbegebietes sowie beim Verkauf der Flächen an für die Region attraktive Unternehmen. Innerhalb solch eines Kaufvertrages besteht die Möglichkeit, weitere Effizienzmaßnahmen zu regeln.¹⁵ Argumente, die ein Unternehmen dazu anregen könnte, einen Vertrag mit Fokus auf Nachhaltigkeit zu unterschreiben, sind zum Beispiel Image-Verbesserung, verbesserte Luftqualität und Kostenersparnis.

Neben energetischen Vorgaben in städtebaulichen Verträgen können weitere Maßnahmen vertraglich geregelt werden, wie Rahmenvereinbarungen z. B. mit Versorgern (Fernwärme ausschließlich aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen speisen), sowie Durchführungsverträge mit privaten Investoren über die Wärmeversorgung im Quartier.

Förderung für Gewerbegebietskonzepte

Das Bundesumweltministerium unterstützt mit dem Förderprogramm Kommunalrichtlinie die Umsetzung von Maßnahmen für den Klimaschutz auf kommunaler Ebene. Neben

15 Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung – BauNVO). Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, juris GmbH. 2017, S. 7

der Förderung von Radverkehrsinfrastruktur, Sanierung von Beleuchtungs- und Lüftungsanlagen und klimafreundlichen Maßnahmen in den Bereichen Abfall, Abwasser und Trinkwasser werden insbesondere Klimaschutzkonzepte und -manager sowie Fokusberatungen und Energiemanagementsysteme unter anderem für Gewerbegebiete gefördert. Zum Beispiel werden kommunale Netzwerke zum Thema Klimaschutz, Energieeffizienz, Ressourceneffizienz und klimafreundliche Mobilität gefördert, wenn die Antragstellung über eine/n NetzwerkmanagerIn abgewickelt wird. Jedes Jahr zwischen 1. Januar und 31. März sowie 1. Juli und 30. September können Förderanträge an den Projektträger Jülich gestellt werden.¹⁶

Weitere Förderprogramme des Bundes, der Länder und der EU sind der Förderdatenbank des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) zu entnehmen¹⁷. Programme des Bundes, welche unter anderem die Kommune als Förderberechtigten sehen, sind:

- Anreizprogramm Energieeffizienz (APEE)
- Betriebliches Mobilitätsmanagement
- BMU-Umweltinnovationsprogramm
- Energetische Stadtsanierung
- Energieberatung für Nichtwohngebäude von Kommunen und gemeinnützigen Organisationen

Das BMU-Umweltinnovationsprogramm setzt sich zum Ziel, möglichst ökonomisch zu wirtschaften mit wenig Umweltbelastungen sowie geringem Ressourcen- und Energieeinsatz, sodass in diesem Programm insbesondere Energieeffizienzmaßnahmen in Gewerbegebieten gefördert werden.

Eingriffsmöglichkeiten der Kommune

Das im vorherigen Kapitel dargestellte Prozessleitschema kann ebenfalls bei der Betrachtung eines Gewerbegebietes herangezogen werden. Im Folgenden sollen Maßnahmen aufgezeigt werden, die insbesondere in einem Gewerbegebiet sinnvoll sind.

16 Nationale Klimaschutz Initiative (2019): Förderprogramm Kommunalrichtlinie des Bundesumweltministeriums. URL: <https://www.klimaschutz.de/kommunalrichtlinie> abgerufen am 11.07.2019

17 <http://www.foerderdatenbank.de/>

Erste Eingriffsmöglichkeiten der Kommune, um Effizienzmaßnahmen zu forcieren, entstehen bereits während der Bauleitplanung. Im Bebauungsplan können zum Beispiel folgende Punkte festgelegt werden:

- Gebäudeorientierung
- Spezifizierung der Kompaktheit des Gebietes
- Ausweisung von speziellen Flächen für energieintensive Unternehmen

Durch die definierte Gebäudeorientierung können Dach-PV-Anlagen optimal ausgerichtet werden. Die Kompaktheit eines Gebietes in Kombination mit ausgewiesenen Flächen für energieintensive Unternehmen kann bei der Integration eines Wärmenetzes mit Abwärmenutzung helfen. Bei der Abwärmenutzung wird die überschüssige Wärme eines Unternehmens genutzt, um den Wärmebedarf anderer Unternehmen zu decken. Ein Praxisbeispiel, wie die Anfangsphase für die Planung eines Abwärmenetzes aussehen kann, wird in der folgenden Box erläutert.

Praxissituation: Abwärmenutzung der Südbadischen Kompostierungs- und Verwertungs GmbH (SKV) in Iffezheim für ein neues Gewerbegebiet.

Derzeit wird die Erweiterung des Gewerbegebietes in Iffezheim geplant. Die als neues Gewerbegebiet ausgewiesene Fläche ist in Besitz von verschiedenen Akteuren, wie z. B. Anwohner, Kirche und zum Teil auch der Gemeinde selbst. Direkt neben dem geplanten Gewerbegebiet steht eine Kompostieranlage der SKV, welche zur Biogas-erzeugung verwendet wird. Während dieses Prozesses entsteht eine große Menge an Abwärme im mittleren Temperaturbereich (bis zu 120 °C), die zurzeit nicht weiter genutzt werden kann. Im Zuge einer Erweiterung der Kompostieranlage wird auch eine Abwärmenutzung durch das geplante Gewerbegebiet diskutiert. Dafür muss erst geprüft werden, ob ein Markt für die Wärme besteht, sodass als erster Schritt die Besitzer der betroffenen Grundstücke von der Gemeinde interviewt werden. Anhand dieser Interviews wird dann die Nachfrage ermittelt und eine Entscheidung getroffen, ob mit dem Vorhaben fortgefahren werden kann.

Um einen ersten Überblick über die Wirtschaftlichkeit eines Abwärmenutzungsvorhabens zu erhalten, kann z. B. der vom bayrischen Landesamt für Umwelt entwickelte Abwärmerechner verwendet werden.¹⁸

Eine zentrale Wärmeerzeugung und Verteilung über Wärmenetze können eine Effizienzsteigerung sowie Kostenminimierung bewirken. Kommune oder kommunale Stadtwerke können Eigentümer von Wärmenetzen sein und über ein Contracting-Unternehmen kann solch ein Netz zeit- und kostensparend betrieben werden.

¹⁸ <https://www.umweltpakt.bayern.de/abwaermerechner/>

3.2.3 Planungsleitfaden für den Wohnungsbestand

Der folgende Leitfaden lehnt sich an die beiden ersten Teile des Leitfadens an und wird die Vorgehensweise bei der Planung und Umsetzung im Bestand kommunaler Wohnungsbaugesellschaften in öffentlicher oder teilprivater Trägerschaft betrachten.

Wohnungsbaugesellschaften sind Unternehmen, die sich mit der Planung, dem Bau sowie der Verwaltung und Bewirtschaftung von Wohnungen befassen. Das Hauptgeschäftsfeld von Wohnungsbaugesellschaften liegt in der Verwaltung der eigenen Mietwohnungen. Der soziale Gedanke hat bei vielen Wohnungsbaugesellschaften in öffentlicher, kommunaler und kirchlicher Hand sowie bei Wohnungsgenossenschaften Vorrang. Öffentliche Wohnungsbaugesellschaften übernehmen daher in der Regel auch die Entwicklung von öffentlich geförderten, preislich gebundenen Wohnungen. Hieraus ergeben sich häufig Konflikte mit der Umsetzung von umfangreichen Maßnahmen für den Klimaschutz.

Im Planungsleitfaden für den kommunalen Wohnungsbestand wird zunächst der Prozess der Setzung von Zielen zum Klimaschutz in Kommunen näher beleuchtet. Im Anschluss daran werden die Möglichkeiten der Umsetzung dieser Ziele betrachtet.

Zielsetzung

Im Wesentlichen erfolgt die Setzung von Zielen zum Klimaschutz in den Kommunen durch übergeordnete Klimaschutzkonzepte oder Masterpläne, die Zielwerte für einen künftigen Zeitraum festlegen. Davon ausgehend zielen Quartierskonzepte auf die nächste Ebene mit Energiekonzepten für Stadtteile und Gebäudeensembles. Als weitere Möglichkeit, Zielsetzungen zu vereinbaren, sind Bündnisse und freiwillige Vereinbarungen zu nennen, welche zur Umsetzung von Vorgaben durch untergeordnete Organisationen oder private Eigentümer führen. Das heißt, Zielsetzungen und Vereinbarungen können sowohl die umfassenden Klimaziele der Kommune adressieren bis hin zu verschiedenen inhaltlichen oder teilträumlichen Aspekten des Gesamtkonzepts zwischen öffentlichen und privaten Akteuren.

Inhaltliche Zieldefinition

Um die übergeordnete Zielsetzung zu erfüllen bzw. den Weg dahin zu beschreiben, müssen spezifische Effizienz- und Dekarbonisierungsstrategien durch die kommunale Verwaltung entwickelt werden. Die inhaltlichen Aspekte für den kommunalen Wohnungsbestand umfassen dabei u. a. die Qualität und Tiefe der Sanierung der Gebäude zur Verbesserung der Gebäudeeffizienz. Ebenso die Festlegung von Sanierungsraten, also der Zeitraum, in dem die Maßnahmen durchgeführt werden sollten. Weitere Aspekte sind

die Anforderungen an die Erzeugereffizienz und den künftigen Anteil erneuerbaren Energien oder den Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) zur Wärmeerzeugung in Wohnungsbeständen und Quartieren. Die Lebensdauer und Entsorgung von Anlagen und Baumaterialien ist dabei ebenso zu berücksichtigen wie das Verhalten während der Nutzungsdauer (Wartung, Instandhaltung, Nutzerverhalten). Der künftige Primärenergiebedarf und die damit einhergehenden CO₂-Emissionen für die entsprechenden Gebäude sind ebenfalls als Anforderung zu definieren.

Leitbild der Zielvereinbarung

Entsprechen dem „Efficiency First“-Ansatz bzw. „Trias Energetica“-Ansatz sollte die Energieeinsparung die erste Ebene der Zielvereinbarung darstellen. Des Weiteren sollte der Anteil erneuerbarer Energien in der geplanten Versorgungsstruktur beschrieben werden und letztlich der möglichst effiziente Einsatz von fossilen Energieträgern (für den zeitlich begrenzten Übergang zu einer klimaneutralen Entwicklung). Zu den oben bereits genannten Zieldefinitionen und -Vereinbarungen kommen sektorübergreifende Aspekte hinzu.

Sektorübergreifende Aspekte der Zielvereinbarung

Zur Konzeption von Strategien und der Festlegung von Zielen für die Energiewende auf kommunaler Ebene gehören sektorübergreifende Maßnahmen, wie der dezentrale Einsatz von erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung, zum Beispiel durch gebäudeintegrierte PV-Anlagen inklusive Stromspeicher. Auch der Einsatz von BHKWs zur Wärme- und Stromeinspeisung in vorhandene Wärme- und Stromnetze, der Einsatz von Wärmepumpen inkl. Wärmespeicher sowie das Lastmanagement für Wärme und Strom gehören zu den Themenfeldern, die je nach Eignung für die verschiedenen Wohnungsbestände zu definieren sind. Weitere mögliche Themen der Sektorkopplung sind die Ausweitung der E-Mobilität mit erneuerbar erzeugtem Strom sowie die Festlegung eines möglichen Autarkiegrads von Gebäuden oder ganzen Quartieren.

Instrumente zur Umsetzung von Zielen

Um die gesetzten Ziele zu erreichen, können Bündnisse, z. B. für klimafreundliches Wohnen oder auch freiwillige Vereinbarungen zwischen Kommune und privaten Akteuren der Wohnungswirtschaft helfen, freiwillig bestimmte Standards einzuhalten.

Eingriffsmöglichkeiten kommunaler Entscheidungsträger

Die verschiedenen Eingriffsmöglichkeiten durch kommunale Entscheidungsträger sind bei der Umsetzung und Anreizung von Effizienz- und Dekarbonisierungsmaßnahmen von Bedeutung.

Monetäre Anreize: Eine finanzielle Förderung für Effizienz- oder Dekarbonisierungsmaßnahmen oder eine zusätzliche Anschubfinanzierung stellen Möglichkeiten dar, über die gesetzlichen Anforderungen hinaus eine erhöhte Umsetzungsrate und bessere Standards zu erzielen. Als Beispiel wäre ein Nahwärmeanschluss- oder Kesseltauschbonus zu nennen. Oder zusätzliche Förderung für Effizienzmaßnahmen, Beratung und Hilfe bei der Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen.

Nicht monetäre Anreize: Ergänzend können auch nicht monetäre Anreize wie zum Beispiel Vorteile durch Änderungen des Bauplans, wie die Erhöhung der Geschossflächenzahl oder das Ermöglichen einer Gebäudeerweiterung durch Aufstockung etc. Anreize für eine Umsetzung von zusätzlichen Klimaschutzmaßnahmen bieten.

Konzeption und Umsetzung

Im Zusammenhang mit der Definition von Zielen, die innerhalb eines bestimmten Zeitraums zu erreichen sind, sollten im Vorfeld die Potenziale für die Umsetzung ermittelt werden, um die Machbarkeit und das Erreichen der Ziele zu gewährleisten.

Potenzialanalyse Sektorkopplung

Zur Erstellung eines Umsetzungskonzepts ist es unerlässlich, die herrschenden Potenziale zu kennen und in einen machbaren Kontext zu bringen. Beginnend mit den erneuerbaren Potenzialen auf und in Gebäuden und in deren Umgebung über die Möglichkeiten zum Erreichen eines bestimmten Autarkiegrades bis hin zu technischen Potenzialen für Hybridsysteme wie Power-to-Heat, Power-to-X oder Gas-Wärmepumpen, sind verschiedenen Lösungen zu berücksichtigen. Zudem kommt ggf. die Möglichkeit der Nutzung von Abwärme aus der näheren Umgebung oder der Anschluss an ein bestehendes Wärmenetz. Erst die detaillierte Kenntnis der Potenziale und Möglichkeiten und deren Zusammenspiel ermöglicht die Entwicklung einer klimagerechten Lösung.

Unterstützung von Effizienzmaßnahmen

Um Effizienzmaßnahmen auf den verschiedenen räumlichen Ebenen zu unterstützen, können folgende Aspekte hilfreich sein:

- Auf Gebäudeebenen die zusätzliche Förderung bzw. Unterstützung beim Erstellen von individuellen Sanierungsfahrplänen, die ein detailliertes Vorgehen bei der Gebäudesanierung aufzeigen.
- Auf Quartiersebene das Erstellen von integrierten Konzepten für Effizienz- und Versorgungsmaßnahmen in Abstimmung mit Stadt- und Siedlungsentwicklungsplänen.
- Auf Stadt-/Gemeindeebene die übergeordnete Erstellung eines Energie-Entwicklungsplans 2050 für den Wohnungsbestand (ggf. einschließlich gewerblicher und öffentlicher Gebäude).

Maßnahmen der Sektorkopplung

Zu den weiteren Maßnahmen zur Unterstützung der Sektorkopplung lassen sich die folgenden Einzelmaßnahmen definieren, die in den kommunalen Wohngebäuden oder Gebäudeensembles umgesetzt werden können. Hierzu gehört zum einen die Strom-Eigenenerzeugung und die verstärkte Nutzung des selbst erzeugten Stroms über ein Lastmanagementsystem im Zusammenhang mit einem praktikablen Mieterstrommodell, aber auch der Einsatz von Wärmepumpen in Verbindung mit dem Wärmenetz und Wärmespeichersystemen, zusammen mit dem Einsatz und der Einbindung von erneuerbaren Energien zur Strom- und Wärmeerzeugung in eine kommunale Wärmeplanung.

Eingriffsmöglichkeiten kommunaler Entscheidungsträger

Die Entwicklung einer strategischen Ausrichtung und die Definition von konkreten Zielvorgaben gemäß der kommunalen Energiepolitik gehört zu den wesentlichen Eingriffsmöglichkeiten der kommunalen Planer und Entscheidungsträger. Darüber hinaus sollte ein regelmäßiger Austausch mit den kommunalen Wohnungsbaugesellschaften stattfinden, um die kommunalen Ziele und Konzepte mit der Umsetzung auf Gebäudeebene abzustimmen. Weitere wichtige Aspekte sind das Mitwirken und Unterstützen bei Entscheidungsfragen und der Finanzierung, das Festlegen von Vereinbarungen und Zielen für den kommunalen Wohnungsbestand und die Erstellung eines Energie-Entwicklungsplans 2050 für den kommunalen Wohnungsbestand.

Förderung des (kommunalen/teilprivaten) Wohnungsbestandes

Zur Unterstützung und Anreizung von Energieeffizienz- und Dekarbonisierungsmaßnahmen für den Wohnungsbestand, können Kommunen monetärere und nicht-monetärer Anreize bieten sowie zusätzlich die Förderprogramme des Bundes in Anspruch nehmen. Zu diesen Förderprogrammen gehören unter anderem folgende:

- Energieeffizient Sanieren – Kredit: Unter anderem werden Sanierungen von Einzelmaßnahmen und zum KfW-Effizienzhaus gefördert.
- Energieeffizient Sanieren – Ergänzungskredit: Förderung des Einbaus von Heizungsanlagen auf Basis erneuerbarer Energien.
- Anreizprogramm Energieeffizienz (APEE; siehe auch Abschnitt 3.2.2): Als Ergänzung zum Marktanreizprogramm kann eine Förderung des Austauschs ineffizienter Systeme durch moderne Heizungen bei Nutzung erneuerbarer Energien in Kombination mit der energetischen Verbesserung des gesamten Heizungssystems erfolgen.

Aber auch indirekte monetäre Anreize durch den Bund dienen der Förderung zur Sanierung des Wohnungsbestandes. Hierzu gehören unter anderem folgende Programme:

- Energetische Stadtsanierung, Sach- und Personalkosten für
 - die Erarbeitung eines integrierten Quartierskonzepts zur Verbesserung der Energieeffizienz der Gebäude (und der Wärmeversorgung im Quartier: siehe dazu auch Abschnitt 3.2.1).
 - einen Sanierungsmanager, der die Planung und Realisierung der in den Konzepten vorgesehenen Maßnahmen begleitet und koordiniert.
- Energieeffizient Bauen und Sanieren – Zuschuss Baubegleitung, Personalkosten: Unterstützung der energetischen Fachplanung und Baubegleitung durch einen Energieeffizienz-Experten während einer Sanierung zum KfW-Effizienzhaus oder bei Einzelmaßnahmen.

Beispiel: Sanierung des historische Wohnquartiers Margaretenau unter Einbindung der Stadt Regensburg (Förderprogramm)

Kurzbeschreibung

Im Zuge des energetischen Sanierungsvorhabens des historischen Wohnquartiers Margaretenau der Baugenossenschaft Margaretenau erstellt die Stadt Regensburg ein integriertes Quartierskonzept. Das integrierte Quartierskonzept soll dabei technische und wirtschaftliche Energieeinsparpotenziale unter Beachtung städtebaulicher, denkmalpflegerischer, baukultureller, wohnungswirtschaftlicher, demographischer und sozialer Aspekte aufzeigen.

Bei der Sanierung wird ein innovatives solaraktives und solaradaptives Außenputzsystem verwendet, das die solaren Gewinne steigern und den thermischen Komfort erhöhen soll. Zur Wärmeversorgung wird ein Hybridsystem aus Kraft-Wärme-Kopplung und Wärmepumpentechnologie verwendet.

Akteure

Stadt Regensburg und Baugenossenschaft Margaretenau

Förderung/Programm

Gefördert wird das Projekt im Rahmen der Förderinitiative Solares Bauen/Energieeffiziente Stadt des BMWi und des BMBF.

Wesentliche Innovation

Sanierungsvorhaben mit solaraktivem und solaradaptivem Außenputzsystem und Hybridsystem aus Kraft-Wärme-Kopplung und Wärmepumpentechnologie zur Wärmeversorgung



Quelle: Energiewende Bauen (Foto: OTH, Annika Zeitler)

Exkurs: Privater Wohnungsbestand

Ein erheblicher Teil des Wohnungsbestandes befindet sich im privaten Sektor. Die Eingriffsmöglichkeiten der kommunalen Entscheidungsträger erfolgen primär durch die Handlungsspielräume des BauGB, des Flächennutzungsplans oder des EEWärmeG. Darüber hinaus können zu den oben genannten Eingriffsmöglichkeiten folgende Maßnahmen ergänzt werden:

- Vorhabensbezogene Bebauungspläne zur Überplanung alter Bestandsgebiete unter Berücksichtigung des Bestandsschutzes
- Kaufverträge bei Veräußerung kommunaler Wohnungsbestände
 - mit Maßnahmen- oder Zielbindungsverträgen
 - zur Regelung von finanziellen Belangen (z. B. Kostenübernahme)

Bei der Veräußerung kommunaler Wohnungsbestände kann auf privatrechtliche Mittel zurückgegriffen werden, um Investoren im anstehenden Sanierungszyklus an die Erfüllung von Maßnahmen und Ziele zu binden.

Darüber hinaus bestehen Eingriffsmöglichkeiten durch Förderungen von Maßnahmen im Bereich

- Klimaschutz- und Quartierskonzepte, z. B. Stadtsanierungskonzepte oder Sanierungsmanager
- Energieeffizienz und erneuerbare Energien, z. B. Gebäudesanierung oder Kesselaustausch

Beispiel: Sanierung von 80 Wohneinheiten zur Klimaschutzsiedlung NRW (Förderprogramm)

Kurzbeschreibung

Die Wohnstättengenossenschaft Siegen eG hat bis 2015 80 Wohnungen aus den 50er-Jahren saniert und dabei einen Heizwärmebedarf von 35 kWh/m² erreicht bzw. einen Grenzwert von 12 kgCO₂/m²a eingehalten.

Durch einen Dachgeschossausbau konnten acht zusätzliche Wohnungen erstellt werden. Durch hochwertige Dämmung aller Bauteile und Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung konnte der Wärmeverbrauch zunächst deutlich reduziert werden. Die Wärmeversorgung wurde auf Sole-Wasser-Wärmepumpen und ein BHKW für die Warmwasserversorgung umgestellt. Die Photovoltaikanlagen auf den Dächern haben eine Leistung von insgesamt 62 kWp.

Akteure

Wohnstättengenossenschaft Siegen eG

Förderung/Programm

Klimaschutzsiedlungen NRW

Wesentliche Innovation

Sanierungsvorhaben mit Wärmerückgewinnung, Sole-Wasser-Wärmepumpe und BHKW zur Warmwasserversorgung



Quelle: 100 Klimaschutzsiedlungen NRW, EA NRW

4 Literaturverzeichnis

- (AEE 2014): Stromgestehungskosten verschiedener Erzeugungstechnologien.
http://www.forschungsradar.de/fileadmin/content/bilder/Vergleichsgrafiken/Stromgestehungskosten_akt2014/AEE_Dossier_Studienvergleich_Stromgestehungskosten_sep14.pdf
- (AEE 2012): Entwicklung der Investitionskosten neuer Kraftwerke.
http://www.forschungsradar.de/uploads/media/AEE_Dossier_Studienvergleich_Investitionskosten_nov12.pdf
- (BDEW 2016): BDEW-Heizkostenvergleich Neubau 2016. Ein Vergleich der Gesamtkosten verschiedener Systeme zur Heizung und Warmwasserbereitung im Neubau. Berlin: BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.
- (BDEW 2017): BDEW-Heizkostenvergleich Altbau 2017. Ein Vergleich der Gesamtkosten verschiedener Systeme zur Heizung und Warmwasserbereitung in Altbauten. Berlin: BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.
- (Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE) (Hrsg.)): Grundsatzstudie Energieeffizienz – Grundsatzfragen der Energieeffizienz und wissenschaftliche Begleitung der Umsetzung des NAPE unter besonderer Berücksichtigung von Stromverbrauchsentwicklung und -maßnahmen, Endbericht BfEE 03/15, Eschborn, 2018.
https://www.bfee-online.de/SharedDocs/Downloads/BfEE/DE/Effizienzpolitik/grundsatzstudie_energieeffizienz.htm |
- (Deutsche Windguard et al. (2018): Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß §97 Erneuerbare-Energien-Gesetz. Teilvorhaben IIe): Wind an Land. https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/bmwi_de/bericht-eeg-6-wind-an-land.pdf?__blob=publicationFile&v=5
- (DIHK et al. 2018): Praxisleitfaden Effizienzmanagement in Gewerbegebieten. Mittelstandinitiative Energiewende und Klimaschutz. Hrsg.: Deutsche Industrie- und Handelskammer (DIHK), Zentralverband des deutschen Handwerks (ZDK), BMWi, BMU, 2018.
- (Duscha, V. et al. 2014): EmployRES II – Employment and growth effects of sustainable energies in the European Union. Final report of a study done by order from the European Commission, DG ENER (Contract No. ENER/C1/428-2012. Online verfügbar unter http://ec.europa.eu/energy/renewables/studies/renewables_en.htm, zuletzt geprüft am 17.11.2016.
- (European Commission 2015): Impact Assessment – Methods, Models and Cost and Benefits. Online verfügbar unter http://ec.europa.eu/smart-regulation/guidelines/toc_tool_en.html, zuletzt geprüft am 16.11.2018.
- (Fleiter, T. 2015): Stromeffizienz in den Sektoren Industrie, GHD und Haushalte. In Martin Wietschel, Sandra Ullrich, Peter Markewitz, Friedrich Schulte, Fabio Genoese (Hrsg.): Energietechnologien der Zukunft. Wiesbaden: Springer, pp. 399–416.

- (Fraunhofer ISI 2012): Erarbeitung einer Integrierten Wärme- und Kältestrategie, Arbeitspaket 1 – Bestandsaufnahme und Strukturierung des Wärme- und Kältebereichs, 2012.
- (Heinze, G. 2013): Erfolgskriterien und Restriktionen einer nachhaltigen Quartiersentwicklung, Bochum: Ruhr-Universität Bochum (RUB).
- (IER 2008) Wärmeetlas Baden-Württemberg. Erstellung eines Leitfadens und Umsetzung für Modellregionen. Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart: 2008.
- (IWU 2015): Kosten energierelevanter Bau- und Anlagenteile bei der energetischen Modernisierung von Altbauten, Institut Wohnen und Umwelt (IWU), 2015.
- (Resch, G. 2015): Guidelines for assessing costs and benefits of RET deployment. Deliverable of the DIA-CORE project. Fraunhofer ISI. Online verfügbar unter http://www.diacore.eu/images/files2/Background_Report_on_Costs_and_Benefits_of_RES_up_to_2030.pdf, zuletzt geprüft am 05.10.2018.
- (Solarinstitut Jülich et al. 2016): Handbuch methodischer Grundfragen zur Masterplan-Erstellung. Solarinstitut Jülich der FH Aachen, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. Aachen.
- (UBA 2013): Schätzung der Umweltkosten in den Bereichen Energie und Verkehr. Empfehlungen des Umweltbundesamtes (UBA).
- (UBA 2018): Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten; Kostensätze.
- (Wietschel et al. 2015): Energietechnologien der Zukunft. Wiesbaden: Springer.
- (Wrobel, P. et al., 2016): Allgemeiner Teil. In: Planungshilfsmittel: Praxiserfahrungen aus der energetischen Quartiersplanung. Bonn: Fraunhofer IRB Verlag, pp. 14–19.
- (ZSW 2018): Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß §97 Erneuerbare-Energien-Gesetz. Teilvorhaben IIc): Solare Strahlungsenergie.
https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/bmwi_de/bericht-eeq-4-solar.pdf?__blob=publicationFile&v=4

5 Anhang

5.1 Wirtschaftliche Bewertung von Maßnahmen im Energiebereich aus unterschiedlichen Perspektiven

Betriebswirtschaftliche Sichtweise

Bei der Planung und Entscheidung auf kommunaler Ebene über die Energieversorgung dominiert üblicherweise die betriebswirtschaftliche Sichtweise. Marktpreise für Produkte und Dienstleistungen werden zugrunde gelegt. Die Marktpreise beinhalten Steuern, Abgaben und Subventionen, die für die Investitionsentscheidung mit von Bedeutung ist. Diese haben eine Lenkungswirkung, die einen Einfluss auf die Entscheidungsträger haben und ggf. zu (erwünschten oder unerwünschten) Marktverzerrungen führen können. Strom wird beispielsweise derzeit durch Steuern, Abgaben, Umlagen und Entgelte deutlich höher belastet als andere Energieträger, wie beispielsweise Gas. Diese unterschiedliche Belastung hat einen direkten Einfluss auf die Investitionsentscheidung bezüglich verschiedener Technologieoptionen und führt zu einer anderen Technologieauswahl, als sie sich ohne staatlich gesetzte Preisbestandteile ergeben würde. In Abbildung 4 wird dies beispielhaft anhand eines Gaskessels und einer Wärmepumpe aufgezeigt.

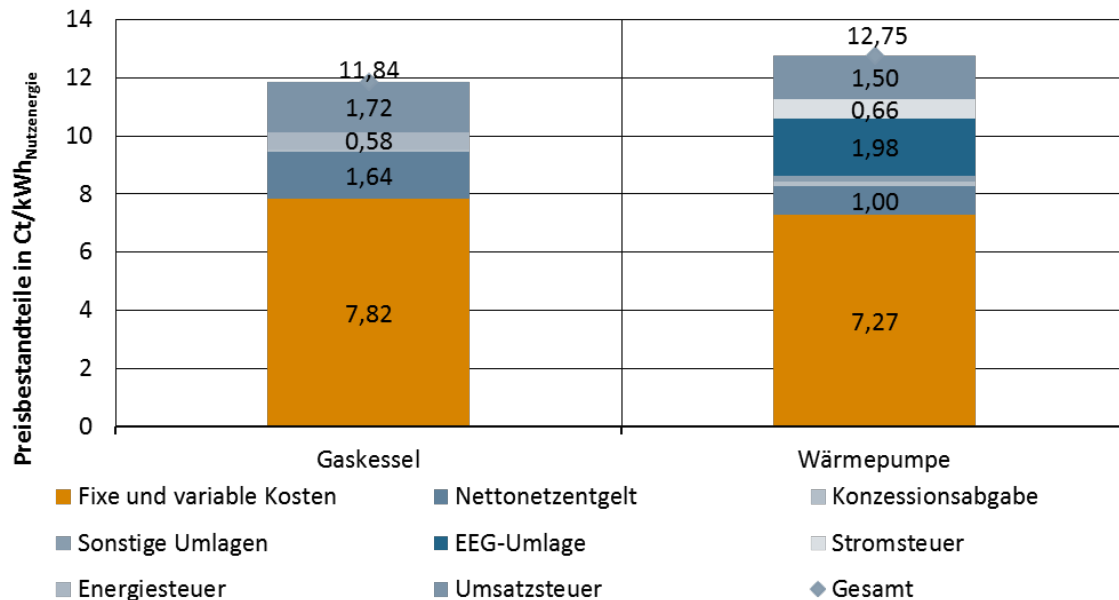


Abbildung 4: Regulatorische und wettbewerbliche Preisbestandteile je bereitgestellter Einheit Nutzenergie für Wärmepumpe und einen Gaskessel.

Bei dem Zinssatz legen kommunale Entscheider den marktüblichen Zinssatz für die Beschaffung von Kapital zugrunde. Weiterhin spielt bei den Entscheidungen oftmals die

Anfangsinvestition eine ausschlaggebende Rolle. Eine umfassende Bewertung der Investitionen unter Berücksichtigung der Total-Costs-of-Ownership, die die gesamten Ein- und Auszahlungen über die gesamte Lebensdauer der Investition berücksichtigt, unterbleibt dabei in der Regel. Gerade für Energieeffizienzmaßnahmen, die oft eine hohe Anfangsinvestition und längere Amortisationszeiten haben, ist dies kontraproduktiv.

Im Folgenden wird ausgeführt, warum diese betriebswirtschaftliche Entscheidungsbasis kritisch zu hinterfragen ist und welche alternativen Ansätze für die Bewertung zur Verfügung stehen.

Volkswirtschaftliche Sichtweise – keine Berücksichtigung von Steuern und Abgaben

In einer volkswirtschaftlichen Bewertung stellt sich die Frage, wie die Volkswirtschaft im Sinne einer optimal funktionierenden Gesamtwirtschaft unter vorgegebenen Zielgrößen wie Wirtschaftswachstum oder die Erreichung von Klima- und Energiezielen aussehen sollte. Dabei erfolgt an dieser Stelle keine Betrachtung des Steuern- und Abgabenregimes, da diese im Prinzip einen Verteilungseffekt abbilden und – effiziente Marktpreise vorausgesetzt – keine Auswirkungen auf die volkswirtschaftlichen Kosten haben bzw. von der kostenoptimalen Lösung aufgrund der verzerrten Preissignale abweichen.

Volkswirtschaftliche Sichtweise – Zinssatz

Ein weiterer Unterschied zur betriebswirtschaftlichen Sichtweise liegt in der Höhe des zugrunde gelegten Zinssatzes. Ein üblicher Ansatz zur Ermittlung des volkswirtschaftlichen Zinssatzes ist, für die Berechnung die Renditen langfristiger deutscher staatlicher Schuldverschreibungen anzusetzen, die jedoch seit längerem sehr niedrig sind und um den Wert Null liegen. Bei der Bewertung von Energie- und Klimaschutzmaßnahmen wird in der Impact-Assessment-Richtlinie der EU ein volkswirtschaftlicher Zinssatz von 4 % empfohlen (European Commission 2015), mit dem auch nachfolgend gerechnet wird. Dieser liegt typischerweise unter dem üblichen Zinssatz einer betriebswirtschaftlichen Bewertung. Dies ist für die Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen durchaus von Relevanz. Grund hierfür sind hohe Anfangsinvestitionen und wirtschaftliche Einsparungen der Energiekosten, die weit in die Zukunft reichen und damit bei Verwendung höherer Zinssätze deutlich schlechter bewertet werden.

Volkswirtschaftliche Bewertung – Einbezug von weiteren Nutzenkategorien („Multiple Benefits“) in die Bewertung

Bei der Umsetzung von Energieeffizienz- oder angebotsseitigen Maßnahmen ergeben sich neben Energiekosteneinsparungen häufig weitere Zusatznutzen (häufig auch bezeichnet als sogenannte „Multiple Benefits“), die bei der Bewertung zusätzlich zur rein ökonomischen Betrachtung in eine betriebs- und volkswirtschaftliche Kosten-Nutzenabwägung mit einbezogen werden sollten.

Aus volkswirtschaftlicher Perspektive umfassen die „Multiple Benefits“ vor allem die möglichen Effekte von Energieeffizienzmaßnahmen auf Gesundheit, ökonomische Effekte wie die Schaffung von Arbeitsplätzen und zusätzlichem Wachstum sowie Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit und Innovationskraft, Bekämpfung der Energiearmut, Erhöhung der Energiesicherheit sowie Beiträge zum Klimaschutz. Im Hinblick auf die ausgewählten Fallbeispiele ist hervorzuheben, dass ein maßgeblicher Teil dieser Effekte im näheren regionalen Umfeld entsteht.

Aber auch für den einzelnen Investor bzw. auf Ebene der Kommune kann ein solcher Zusatznutzen auftreten, beispielsweise in Form von höherem Wohnkomfort, einem höheren Wert der Immobilie, besserer Luftqualität, einem besseren Umfeld am Arbeitsplatz (z. B. durch angenehmeres Raumklima oder Beleuchtung, Stadtteilentwicklung, Mobilität, soziales Umfeld, Generationenwohnen oder Barrierefreiheit.)

Nur wenige dieser Effekte lassen sich allerdings nach heutigem Wissensstand zuverlässig quantifizieren und monetarisieren. Noch schwieriger ist eine sektorale oder geographische Zuordnung dieser Effekte.

Tabelle 9 gibt für eine Auswahl relevanter Zusatznutzen von ausgewählten Fallbeispielen sowie eine erste Übersicht der Art und Bandbreite der Wirkungen, jeweils bezogen auf die erzielten Energieeinsparungen.

Tabelle 9: Beispielhafte Darstellung ausgewählter „Multiple Benefits“ von Energieeffizienzmaßnahmen

Typ	Beschreibung	Anwendungsfall	Bandbreite der Wirkung
Bruttoinlandsprodukt	Wirkung von Energieeffizienz auf die Entwicklung des BIP	Deutschland Für das Jahr 2020	211 €/MWh
Bruttoarbeitsplatzeffekte	Arbeitsplatzeffekte durch die Investitionen zur Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen		0,1–0,9 Vollzeit- äquivalente/MWh
Vermiedene CO₂-Emissionen	CO ₂ -Emissionen, die durch Energieeffizienzmaßnahmen vermieden werden	Deutschland Für das Jahr 2020	340 ktCO ₂ /TWh

Quelle: Abschätzungen Fraunhofer ISI 2018 im Rahmen des Projektes ODYSSEE-MURE (www.odyssee-mure.eu)

Mit dem zukünftigen Ausbau erneuerbarer Energien sind wie bei der Energieeffizienz ebenfalls „Multiple Benefits“ verbunden. Vorwiegend wurden Untersuchungen mit Fokus auf Einzelbereiche dieser Zusatznutzen, die mit dem Ausbau erneuerbarer Energien verbunden sind, durchgeführt. Tabelle 10 gibt dazu einen ersten Überblick.

Tabelle 10: Beispielhafte Darstellung ausgewählter „Multiple Benefits“ des Ausbaus erneuerbarer Energien

Typ	Beschreibung	Anwendungsfall	Bandbreite der Wirkung	Quelle
Bruttowertschöpfung	Produktionswert (Wert der erzeugten Waren und Dienstleistungen) abzüglich Wert der Vorleistungen	Zeitraum: 2010–2030/2050 Länder: EU Neu installierte Kapazitäten	43–54 € ₂₀₁₀ /MWh- _{RES}	(Duscha et al. 2014) ¹⁹
Bruttoarbeitsplatzeffekte	Arbeitsplatzeffekte im Erneuerbaren-Sektor		0,6–0,9 Arbeitsplätze/MWh	
Nettoarbeitsplatzeffekte	Arbeitsplatzeffekte im Erneuerbaren Sektor und in anderen Wirtschaftsbereichen		0,1–0,6 Arbeitsplätze/MWh _{RES}	
Vermiedene Nutzung fossiler Brennstoffe	Fossile Brennstoffe, die durch die Nutzung erneuerbarer Energieträger eingespart werden können.	Länder: EU Zeitraum: 2021–2030 Bestehende und neu installierte Kapazitäten	55 €/MWh _{RES}	(Resch 2015)
Wert vermiedener CO₂-Emissionen	Monetarisierte CO ₂ -Emissionen, die durch den Einsatz erneuerbarer Energien eingespart werden.	Länder: EU Zeitraum: 2021–2030	30–33 €/MWh- _{RES}	

Volkswirtschaftliche Bewertung – Einbezug von Umweltkosten in die Bewertung

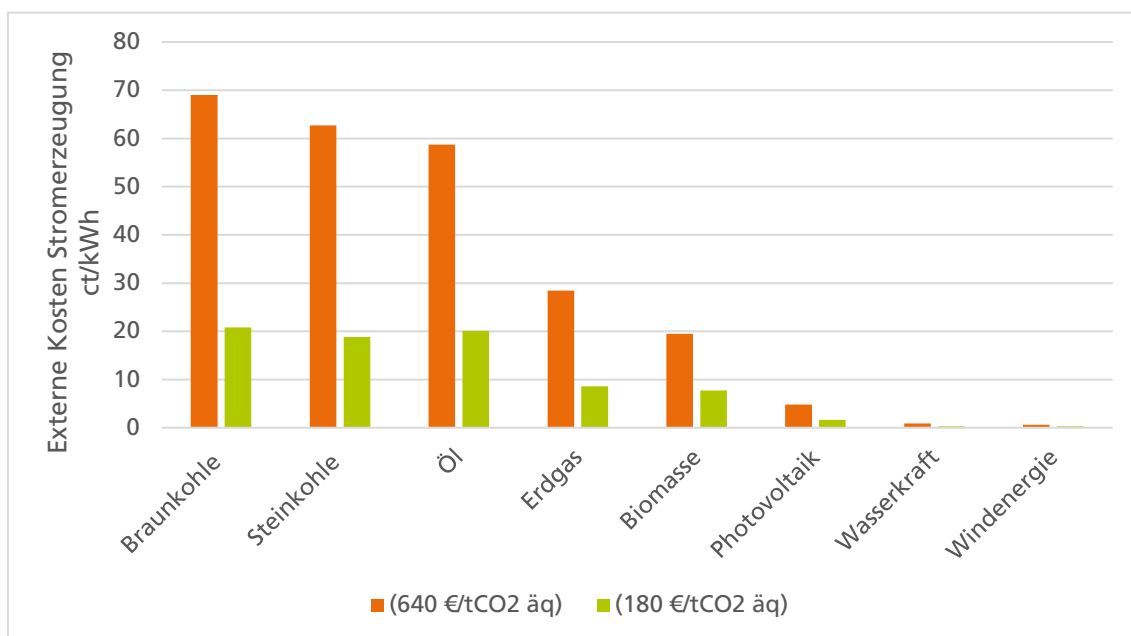
Negative Umweltauswirkungen durch die Energieerzeugung können durch die Nutzung von Energieeffizienztechnologien vermieden werden. Folgende Umweltauswirkungen sind bei der Energieerzeugung insbesondere zu nennen:

- Klimawirkungen aufgrund des Ausstoßes klimaschädlicher Treibhausgase (THG)
- Luftschadstoffe wie Feinstaub und NO_x
- Lärm

¹⁹ Für die Berechnung der spezifischen Werte liegt der Nettozuwachs an Stromerzeugung zugrunde, das heißt, dass die Anlagen, die das Ende ihrer Lebensdauer erreichen und ersetzt werden müssen, nicht berücksichtigt werden und somit der spezifische Wert leicht überschätzt wird.

- Langfristige Risiken der Energieerzeugung wie Unfallrisiken bei Erdölgewinnung und -transport sowie das Endlagerproblem bei Nuklearanlagen

Diese müssen in das ökonomische Entscheidungskalkül einbezogen werden. Konzentriert sich die Bewertung auf Wirkungen auf Klima und Natur, spricht man von Umweltkosten. Bezieht man diese Umweltkosten in die Bewertung von Energiebereitstellungstechnologien in die Investitionsentscheidung mit ein, so haben sie unter Umständen eine große Auswirkung auf die wirtschaftliche Bewertung. Abbildung 5 zeigt beispielhaft die Umweltkosten verschiedener Optionen der Stromerzeugung.

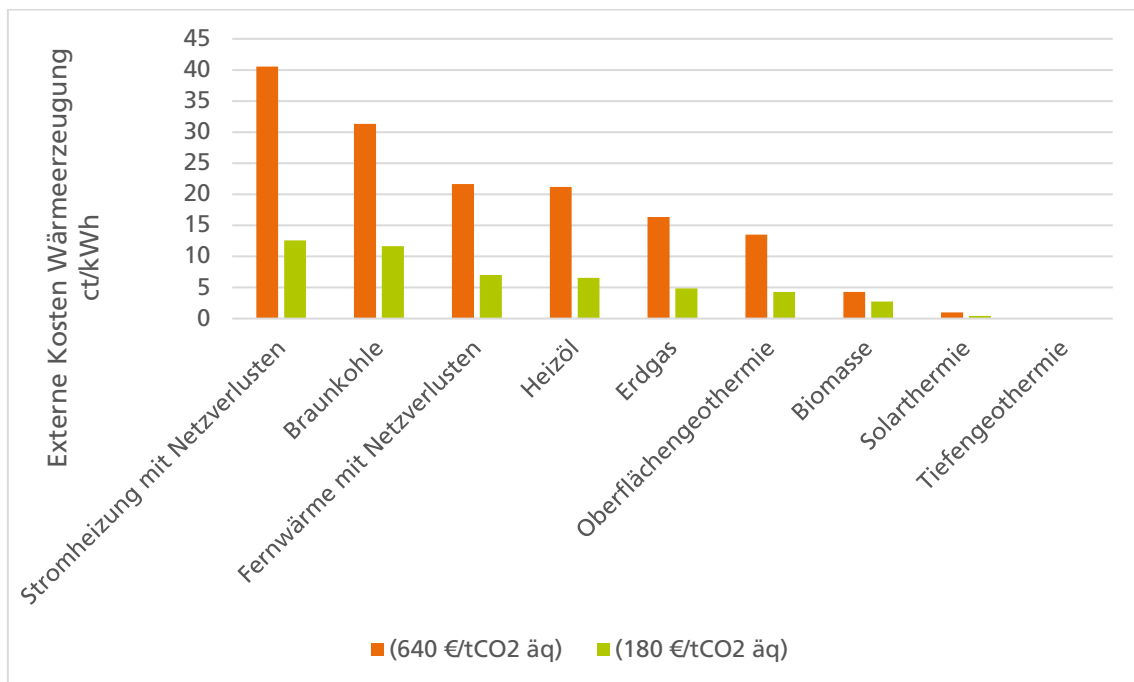


Quelle: Daten aus UBA 2018

Abbildung 5: Umweltkosten von Stromerzeugungstechnologien im Vergleich (mit zwei Kostenansätzen für CO₂-äq. nach Vorschlag UBA 2018)

Um die eingesparten Umweltkosten bei Strom durch die Realisierung von Energieeffizienzmaßnahmen bewerten zu können, kann man mit dem durchschnittlichen Mix der Stromerzeugungstechnologien rechnen. In der UBA-Methodenkonvention findet sich eine ausführliche Darstellung aller Umweltkosten.

Abbildung 6 zeigt beispielhaft die Umweltkosten verschiedener Optionen der Wärmeherzeugung. Die Umweltkosten, die durch ineffiziente Heiztechnologien, welche die Luft verschmutzen, entstehen, bestehen aus Gesundheitsschäden (meist aufgrund von Feinstaub-Emissionen), Biodiversitätsverluste, Ernte- und Materialschäden (hauptsächlich aufgrund von NO_x- und SO₂-Emissionen).



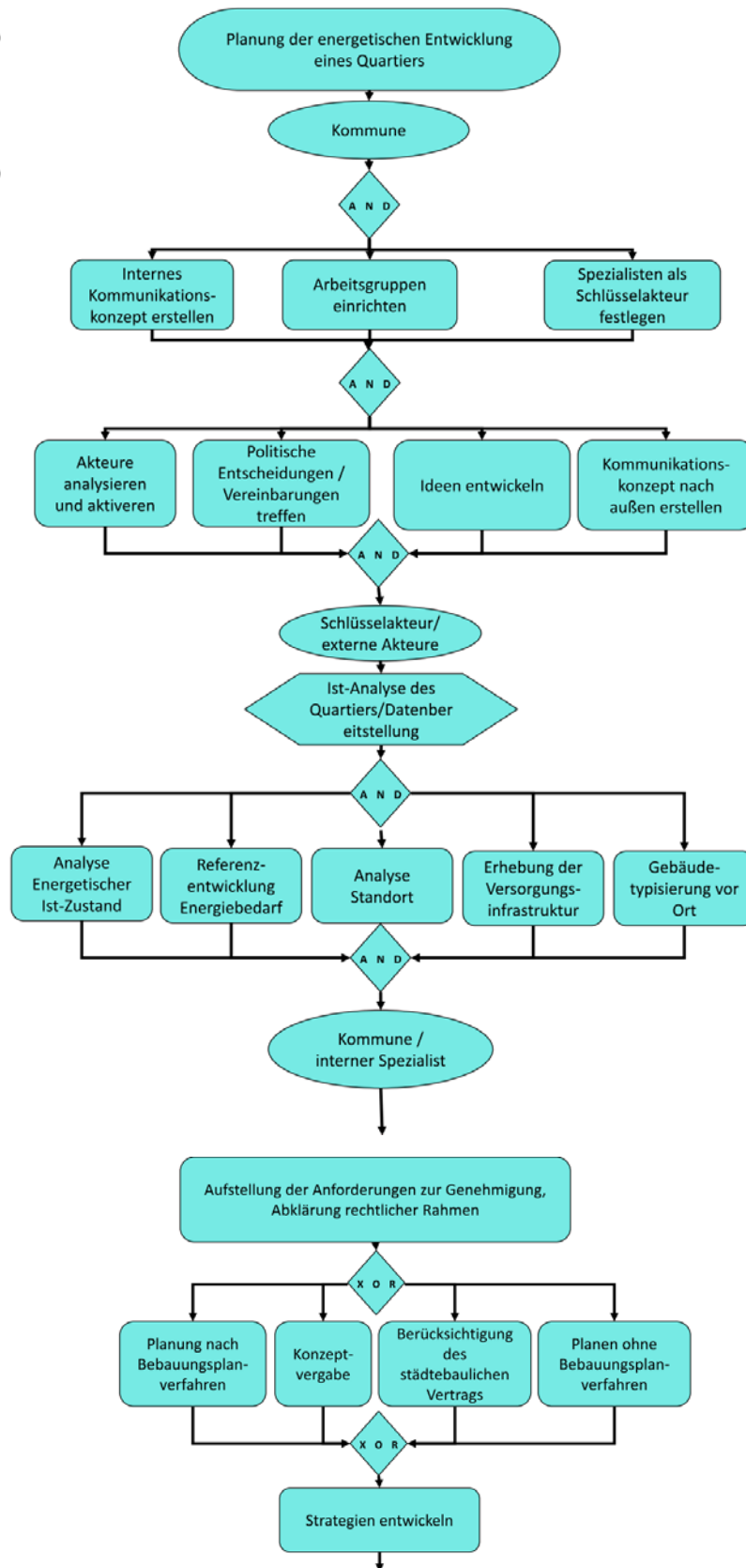
Quelle Daten aus UBA 2018

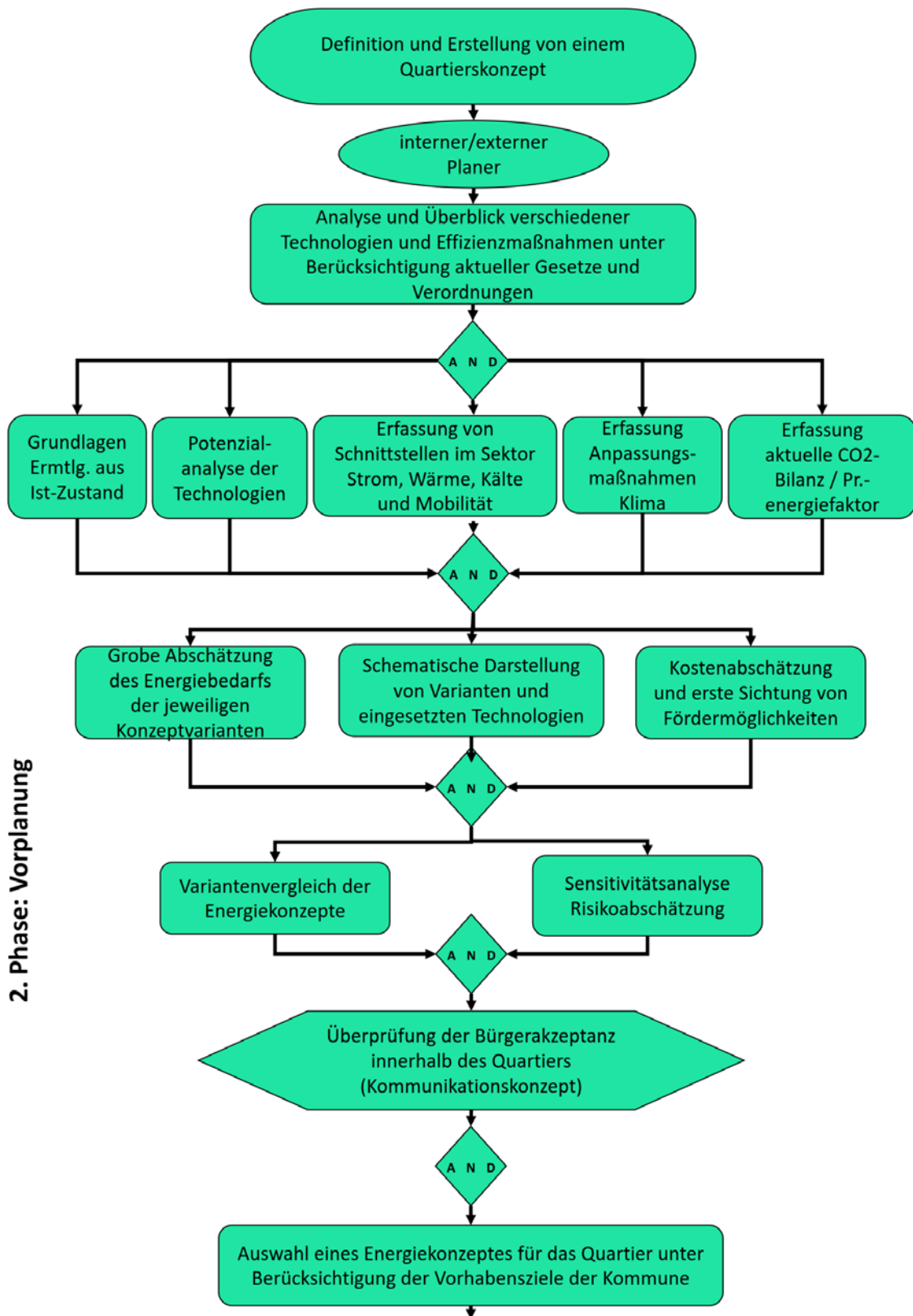
Abbildung 6: Umweltkosten von Wärmeerzeugungstechnologien im Vergleich (mit zwei Kostenansätzen für CO₂-äq. nach Vorschlag UBA 2018)

Wie die dargestellten Umweltkosten bei der Stromerzeugung und der Wärmeerzeugung zeigen, sind die Umweltkosten im Vergleich zu den Kosten von Energieeffizienzmaßnahmen i. d. R. deutlich geringer. Die Differenz ist ein Gewinn für die Allgemeinheit.

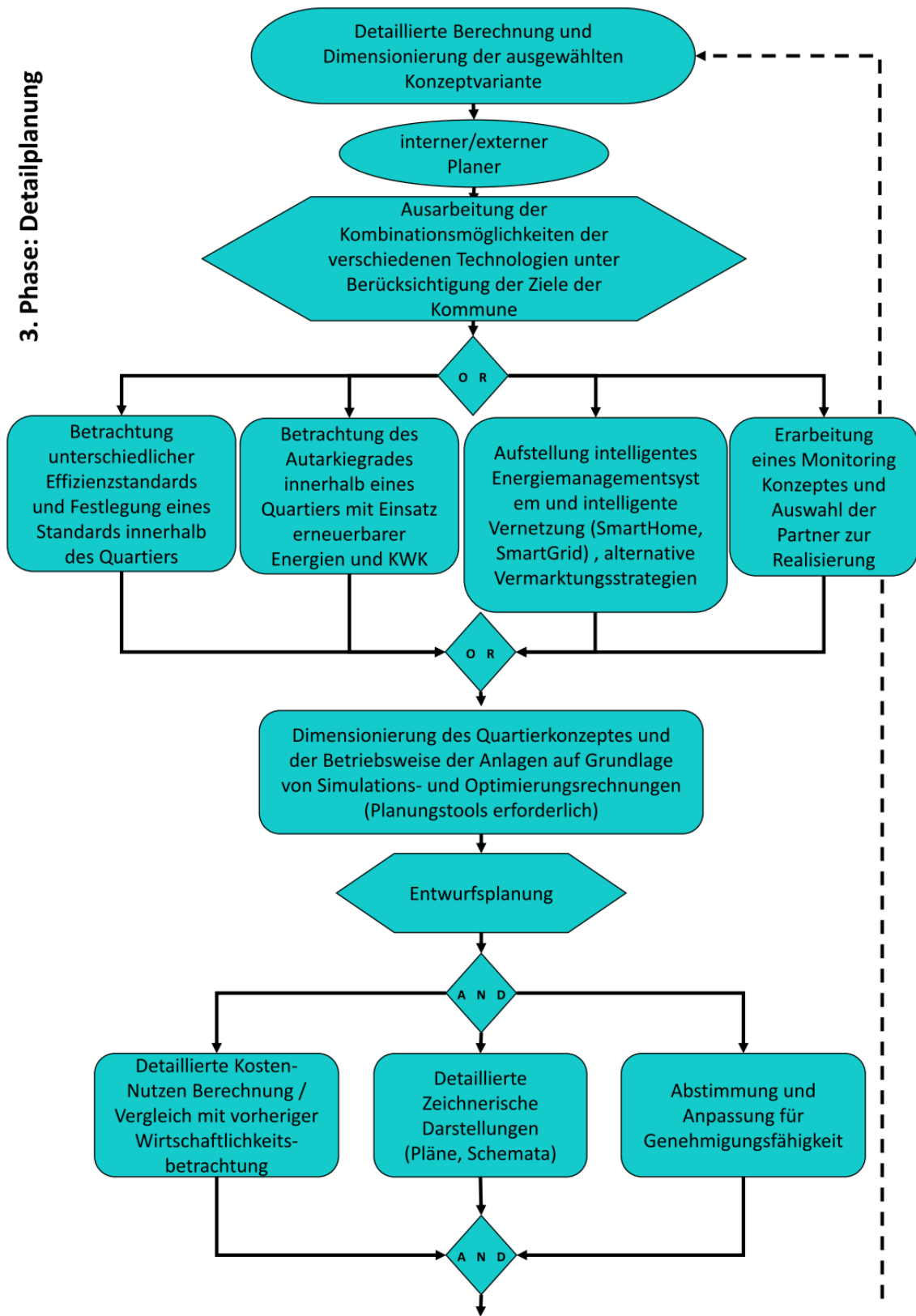
5.2 Detaillierte Darstellung der 5 Phasen des Planungsprozesses für eine Quartiersversorgung

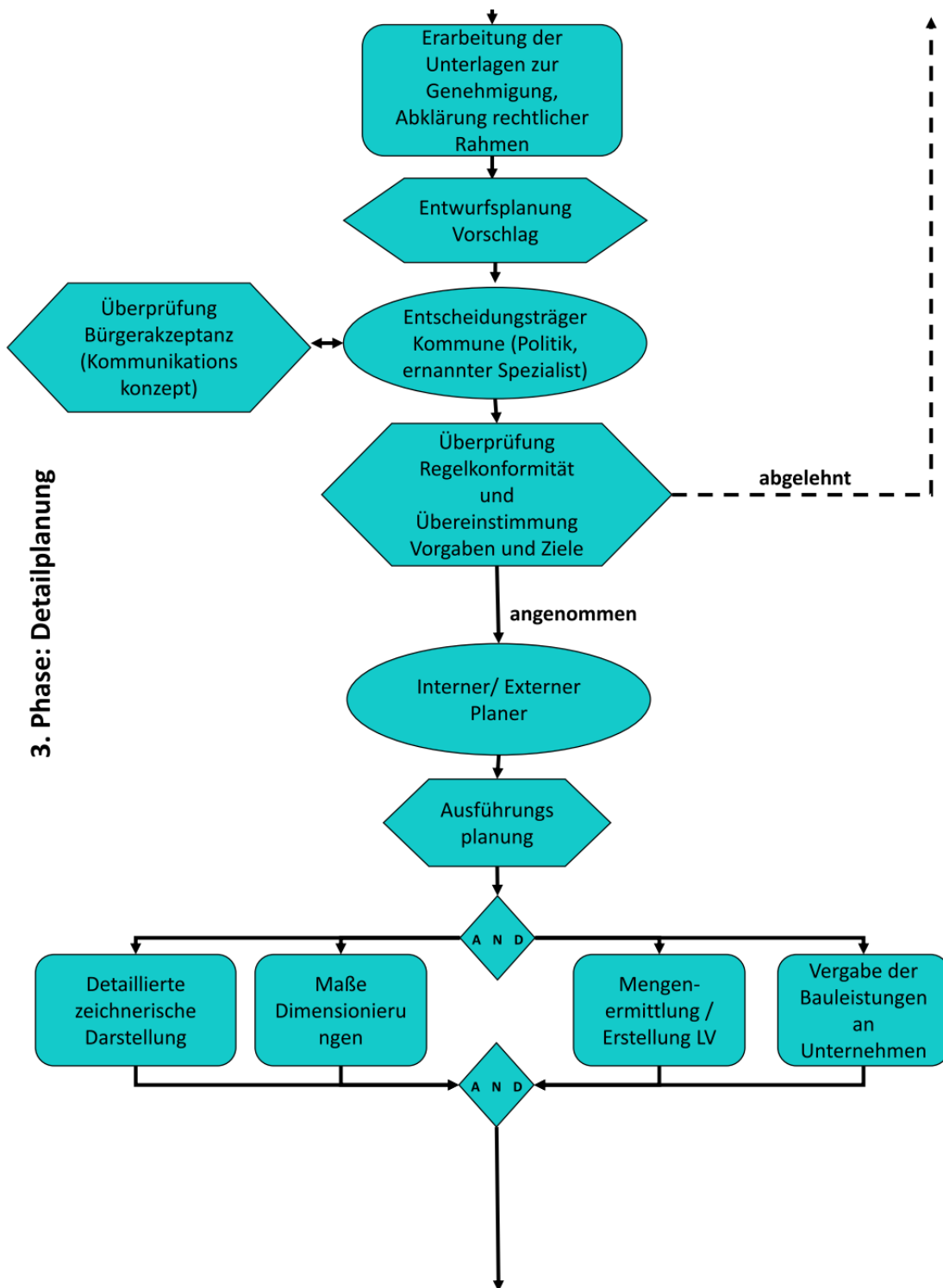
1. Phase: Strategische Planung





3. Phase: Detailplanung





4. & 5. Phase: Umsetzung und Monitoring

