Stadt Wuppertal

Kosten-Nutzen-Analyse



Bearbeitung durch:

Gertec GmbH Ingenieurgesellschaft
Martin-Kremmer-Str. 12
45327 Wuppertal

Auftraggeber:

Stadt Wuppertal
Geschäftsbereich Wirtschaft, Stadtentwicklung, Klimaschutz, Bauen und Recht
300.2 Koordinierungsstelle Klimaschutz
Johannes-Rau-Platz 1
42275 Wuppertal

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis 4

Tabellenverzeichnis 5

1 Einleitung 6

1.1 Zusammenfassung der Annahmen aus dem Trendszenario 6

2 Kosten-Nutzen-Analyse 11

2.1 Investitionskosten einschätzen 13

2.2 Wirtschaftlichkeit: Vollkostenbetrachtung im Vergleich 16

2.3 Kosten der CO_2-Vermeidung einschätzen 17

2.4 Vermiedene Umweltschäden 18

2.5 Regionalnutzen: Regionale Wertschöpfung 19

2.6 Empfehlungen zur Strategieoptimierung und Maßnahmenpriorisierung 22

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Prinzipdarstellung Kosten-Nutzen Bewertung (Quelle: Gertec GmbH)	12
Abbildung 2	Prinzipdarstellung der Kosten-Nutzen-Analyse eines beispielhaften Handlungsschwerpunkts – negative Werte bedeuten hier eine positive Klimarendite (Quelle: Gertec GmbH)	12
Abbildung 3	Differenz Ziel- vs. Trendszenario der absoluten Investitionskosten je Handlungsschwerpunkt (Quelle: Gertec GmbH)	13
Abbildung 4	Vergleich Differenz Ziel- vs. Trendszenario der jährlichen Vollkosten je Handlungsfeld (Quelle: Gertec GmbH)	16
Abbildung 5	Vergleich der spezifischen CO_2-Vermeidungskosten je Handlungsfeld in €/t (Quelle: Gertec GmbH)	18
Abbildung 6	Vergleich zwischen Ziel- und Trendszenario der vermiedenen Umweltschäden (Quelle: Gertec GmbH)	19
Abbildung 7	Prinzipdarstellung regionale Wertschöpfung über die Wertschöpfungsebenen (Quelle: Jung Stadtkonzepte)	20
Abbildung 8	Das Modell der direkten und indirekten Wertschöpfung (Quelle: Jung Stadtkonzepte)	21
Abbildung 9	Differenzen der regionalen Umsätze und Arbeitsplatzäquivalente nach Handlungsfeldern (Quelle: Gertec GmbH)	21
Abbildung 10	Prinzipdarstellung der „Klimaschutzrendite“ eines beispielhaften Handlungsschwerpunkts – negative Werte bedeuten hier eine positive Wirkung (Quelle: Gertec GmbH)	23
Abbildung 11	Spezifische Vermeidungskosten je Handlungsfeld und Handlungsschwerpunkt (Quelle: Gertec GmbH)	24

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Trendszenario für die Stadt Wuppertal: Stromerzeugungspotential in MW nach Energieträgern bis 2035 – tabellarisch (Quelle: Lanuv Potenziale basierend auf den Ausbaupfaden gemäß der Annahmen des Trendszenarios) 6

Tabelle 2 Trendszenario für die Stadt Wuppertal: Wärmebereitstellung im Jahr 2035 – tabellarisch (Quelle: Gertec) 7

Tabelle 3 Trendszenario für die Stadt Wuppertal: Mobilitätsveränderung im Jahr 2035 – tabellarisch (Quelle: Gertec) 8

Tabelle 4 Trendszenario für die Stadt Wuppertal: Verbrauchsänderung zum Jahr 2035 – tabellarisch (Quelle: Gertec) 9

Tabelle 5 Trendszenario: Endenergieverbräuche und THG-Emissionen in Tsd. t CO_2eq/a nach Energieträgern im Jahr 2035 – tabellarisch (Quelle: Gertec) 10

Tabelle 6 Gegenüberstellung der absoluten Investitionskosten im Ziel- und Trendszenario je Handlungsfeld und Handlungsschwerpunkt (Quelle: Gertec GmbH) 14

Tabelle 7 Übersicht Differenz Ziel- vs. Trendszenario der jährlichen Vollkosten je Handlungsfeld (Quelle: Gertec GmbH) 17

Tabelle 8 Übersicht der spezifischen CO_2-Vermeidungskosten je Handlungsfeld in €/t (Quelle: Gertec GmbH) 18

Tabelle 9 Übersicht vermiedene Umweltschäden je Handlungsfeld (Quelle: Gertec GmbH) 19

Tabelle 10 Übersicht Differenzen zwischen Trend- und Zielszenario regionale Wertschöpfung je Handlungsfeld (Quelle: Gertec GmbH) 22

1 Einleitung

Die vorliegende Kosten-Nutzen-Analyse stellt eine Ergänzung zum Stufenplan dar, die die volkswirtschaftlichen Auswirkungen der Klimaneutralitätsstrategie für Wuppertal untersucht. Der bereits erstellte Stufenplan beschreibt ausgehend vom Ziel der Klimaneutralität im Jahr 2035 einen möglichen, in einem Szenario abgebildeten Pfad zur Zielerreichung. Um eine fundierte Entscheidungsgrundlage zu ermitteln und einen Vergleich zwischen dem ambitionierten Ziel der Klimaneutralität und einer Fortschreibung der Trendentwicklungen durchzuführen, wurde ebenfalls ein Trendszenario abgebildet. Das Trendszenario beschreibt eine mögliche Entwicklung der Endenergieverbräuche und Treibhausgasemissionen unter Annahmen, die auf dem Referenzszenario der BDI Klimapfade 2.0. sowie Annahmen aus der DENA Leitstudie fußen.

Die vorliegende Kosten-Nutzen-Analyse vergleicht Ziel- und Trendszenario auf ökologischer, ökonomischer und sozialer Ebene.

1.1 Zusammenfassung der Annahmen aus dem Trendszenario

Um eine Vergleichbarkeit zwischen dem Zielszenario aus dem Stufenplan und dem Trendszenario herzustellen, werden die jeweiligen Entwicklungen im Zieljahr 2035 für beide Szenarien betrachtet und gegenübergestellt. Im Folgenden werden daher die Annahmen des Trendszenarios für das Jahr 2035 aufgeführt. Das Trendszenario wurde für Wuppertal anhand der spezifischen Energiebilanz, der lokalen Entwicklung von Einwohnerzahlen sowie sektorspezifischer Entwicklungen abgeleitet.

EE-Potenzial

Sektor Strom	Annahme Trendszenario	Vergleichsjahr	Quelle/Verweis
Windkraft	0 MW	2035	LANUV
Bioenergie	0 MW	2035	LANUV
Photovoltaik	90 MW	2035	LANUV

Tabelle 1 Trendszenario für die Stadt Wuppertal: Stromerzeugungspotential in MW nach Energieträgern bis 2035 – tabellarisch (Quelle: Lanuv Potenziale basierend auf den Ausbaupfaden gemäß der Annahmen des Trendszenarios)

Annahmen Wärmemix

Sektor Wärme	Annahme Trendszenario	Zieljahr	Quelle/Verweis
Biomasse	1,0%	2035	Trendfortschreibung BDI-Klimapfade
Erdgas	73,2%	2035	Trendfortschreibung BDI-Klimapfade
Fernwärme	13,4%	2035	Trendfortschreibung BDI-Klimapfade
Heizstrom	1,4%	2035	Trendfortschreibung BDI-Klimapfade
Heizöl	9,8%	2035	Trendfortschreibung BDI-Klimapfade
Solarthermie	0,4%	2035	Trendfortschreibung BDI-Klimapfade
Kohle	0,1%	2035	Trendfortschreibung BDI-Klimapfade
Wärmepumpe	0,5%	2035	Trendfortschreibung BDI-Klimapfade

Tabelle 2 Trendszenario für die Stadt Wuppertal: Wärmebereitstellung im Jahr 2035 – tabellarisch (Quelle: Gertec)

Annahmen Mobilität

Sektor Mobilität		Annahme Trendszenario	Zieljahr	Quelle/Verweis
Anteil E-Mobilität	MIV	23,0%	2035	Extrapolation auf Basis der Daten aus der Studie BDI Klimapfade für das Jahr 2045 auf das Zieljahr 2035
	ÖPNV	21,0%	2035	
	Güterverkehr	21,0%	2035	
Anteil Wasserstoff	MIV	2,9%	2035	
	ÖPNV	2,9%	2035	
	Güterverkehr	2,9%	2035	
Effizienzsteigerung	MIV	8,9%	2035	Übersicht zu wissenschaftlichen Analysen technischer Effizienzpotenziale und Kostenwirkungen bei PKW und LKW, Ifeu 2021
	ÖPNV	8,9%	2035	
	Güter	8,9%	2035	
Verlagerung	von MIV zu Anderen	5,2%	2035	Extrapolation auf Basis der Daten aus der Studie BDI Klimapfade für das Jahr 2045 auf das Zieljahr 2035
	von ÖPNV zu Anderen	-5,4%	2035	
	von Güterverkehr zu Anderen	0%	2035	
Vermeidung	MIV	0%	2035	
	ÖPNV	0%	2035	
	Güter	-16,4%	2035	

Tabelle 3 Trendszenario für die Stadt Wuppertal: Mobilitätsveränderung im Jahr 2035 – tabellarisch (Quelle: Gertec)

Annahmen Effezienzentwicklung

Verbrauchsanpassung		Annahme	Zieljahr	Quelle/Verweis
Licht und Kraft	Private Haushalte	2,4%	2035	Extrapolation auf Basis der Daten aus der DENA Leitstudie für das Jahr 2045 auf das Zieljahr 2035
	GHD	7,3%	2035	
	Industrie	7,3%	2035	
	Kommunal	2,4%	2035	
Raumwärme und Warmwasser	Private Haushalte	17,4%	2035	
	GHD	17,4%	2035	
	Industrie	17,4%	2035	
	Kommunal	17,4%	2035	
Prozesswärme	GHD	12,8%	2035	Extrapolation auf Basis der Daten aus der Studie BDI Klimapfade für das Jahr 2045 auf das Zieljahr 2035
	Industrie	12,8%	2035	

Tabelle 4 Trendszenario für die Stadt Wuppertal: Verbrauchsänderung zum Jahr 2035 – tabellarisch (Quelle: Gertec)

Trendszenario: Endenergieverbrauch und THG-Emissionen

Energieträger im Jahr 2035	Endenergie in GWh/a	THG-Emissionen in Tsd. t CO_2eq/a
Licht + Kraft	1.866	338,3
Mobilität gesamt	1.548	466,3
Biomasse	34	0,8
Erdgas	2.560	632,2
Fernwärme	467	45,8
Flüssiggas	11	2,9
Heizstrom	48	8,6
Heizöl	341	106,1
Solarthermie	12	0,3
Kohle	5	2,1
Wärmepumpe	18	0,9
Summe	6.908	1.604,3

Tabelle 5 Trendszenario: Endenergieverbräuche und THG-Emissionen in Tsd. t CO_2eq/a nach Energieträgern im Jahr 2035 – tabellarisch (Quelle: Gertec)

2 Kosten-Nutzen-Analyse

Mit der Transformation zur Klimaneutralität sind erhebliche wirtschaftliche Herausforderungen verbunden. Gleichzeitig stehen diesen Herausforderungen erhebliche Nutzenaspekte gegenüber, die es in einem Abwägungsprozess gleichzeitig zu berücksichtigen gilt.

Die Annahmen zur Berechnung der Kosten-Nutzen-Analyse basieren auf dem Vergleich zwischen Trend- und Zielszenario. Klimaneutralität wird im Zielszenario im Jahr 2035 unter Einhaltung der Paris-konformen CO_2-Budgets für das 1,5 °C Ziel angestrebt.

Neben den Kosten der Transformation ist es als fundierte Entscheidungsgrundlage erforderlich, den Nutzen der Transformation jenseits der reinen CO_2-Reduktion deutlich zu machen. Die Priorisierung und Auswahl von Maßnahmen allein anhand einer einfachen Betrachtung des Kriteriums Euro pro eingesparter Tonne CO_2 wird der Komplexität der Aufgabenstellung jedoch nicht gerecht.

Zur Frage der Kosten gehört auch immer eine Betrachtung des induzierten Nutzens. Mit dem Oberbegriff „Kosten-Nutzen-Analyse" wird hier ein Arbeitsschritt bezeichnet, der der Einschätzung der Investitionskosten eine Einschätzung verschiedener Nutzeneffekte gegenüberstellt. Grundsätzlich stehen hierfür verschiedene methodische Ansätze zur Verfügung.

- Im Stufenplan wird die Kosten-Nutzen-Analyse für die Handlungsfelder und Handlungsschwerpunkte mit ihren jeweiligen Maßnahmen durchgeführt. Dargestellt wird jeweils die Ebene der Handlungsschwerpunkte. Betrachtet werden nur Handlungsschwerpunkte, mit denen eine absolute THG-Reduktion erzielt werden kann. Schwerpunkte mit z. B. überwiegend administrativen oder planerischen Maßnahmen werden daher nicht betrachtet.
- Die Kosten-Nutzen-Effekte werden für die beschriebenen Szenarien und einem Trendszenario ermittelt und miteinander in Beziehung gesetzt. Nur so können sowohl Herausforderungen als auch Nutzenebenen differenziert betrachtet werden. Die Szenarien liefern die Grunddaten für die Berechnung.
- Die eigentliche Kosten-Nutzen-Analyse untersucht den Finanzbedarf, die Wirtschaftlichkeit, die Kosteneffizienz zur CO_2-Reduktion, den Umweltnutzen sowie den regionalen Nutzen und wägt diese ab. Daraus ergibt sich eine Gesamteinschätzung der eingesetzten Finanzmittel im Transformationsprozess.

Das Ergebnis dieser Analyse bietet eine Grundlage, um Hindernisse und Chancen einzuschätzen sowie den Maßnahmeneinsatz zur Zielerreichung abzuwägen.

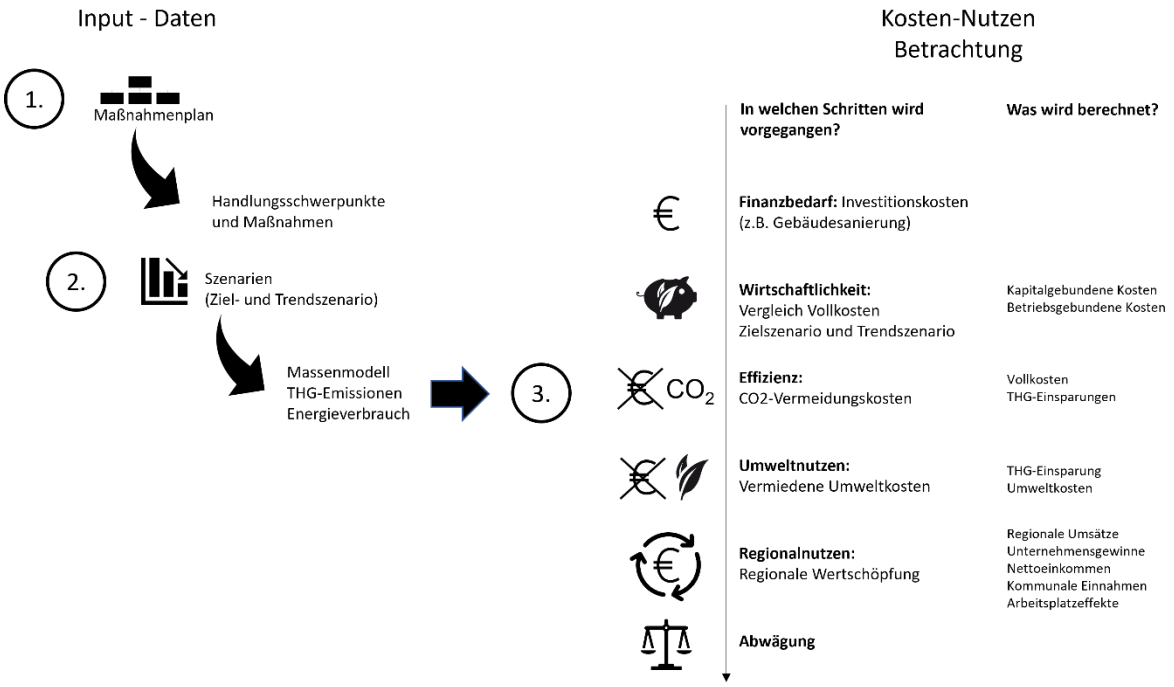


Abbildung 1 Prinzipdarstellung Kosten-Nutzen Bewertung (Quelle: Gertec GmbH)

Auf Grundlage der Kosten-Nutzen-Analyse und der Beurteilung der Zieleinschätzung werden Empfehlungen zur Strategieoptimierung und Maßnahmenpriorisierung formuliert. Ergebnis ist eine inhaltlich und zeitlich beschriebene Strategie zur Klimaneutralität mit Priorisierung bei den verschiedenen Handlungsschwerpunkten. Hierzu werden alle Kennwerte zusammengeführt, um eine ganzheitliche Betrachtung der untersuchten Effekte zu ermöglichen.

Die folgende Abbildung zeigt beispielhaft, wie die Kennwerte zu zusammengeführt werden.

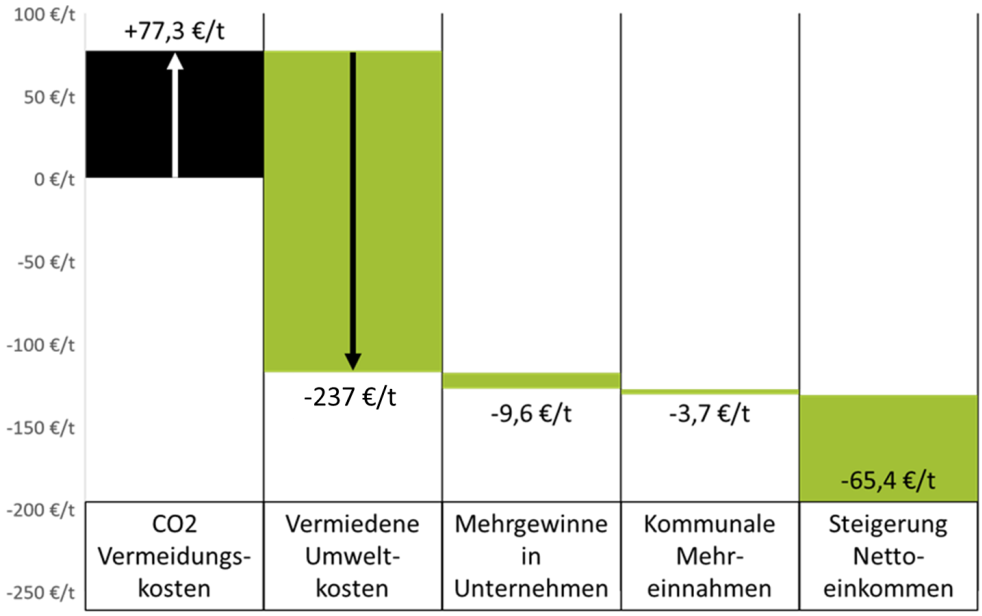


Abbildung 2 Prinzipdarstellung der Kosten-Nutzen-Analyse eines beispielhaften Handlungsschwerpunkts – negative Werte bedeuten hier eine positive Klimarendite (Quelle: Gertec GmbH)

2.1 Investitionskosten einschätzen

Die hier angegebenen Dimensionen der Transformation sind grobe gutachterliche Schätzungen auf Grundlage der berechneten Szenarien und stellen einen Ausschnitt der erforderlichen Investitionen dar. Die Kostenermittlung orientiert sich an den formulierten Zielen zur Treibhausgasneutralität der Stadt Wuppetal. Die Kosten der Transformationen werden anhand überschlägiger Einschätzungen eines Mengengerüstes sowie spezifischer Kostenkennwerte berechnet. Es werden ausschließlich Handlungsschwerpunkte betrachtet, die Investitionen erfordern und zu absoluten Treibhausgasreduktionen führen. Die Investitionen verteilen sich dabei auf die handelnden Akteur:innen EU, Bund, Land, Konzern Stadt Wuppertal sowie Marktakteur:innen.

Die absoluten Investitionen werden für das Zielszenario auf 9,56 Milliarden Euro geschätzt.

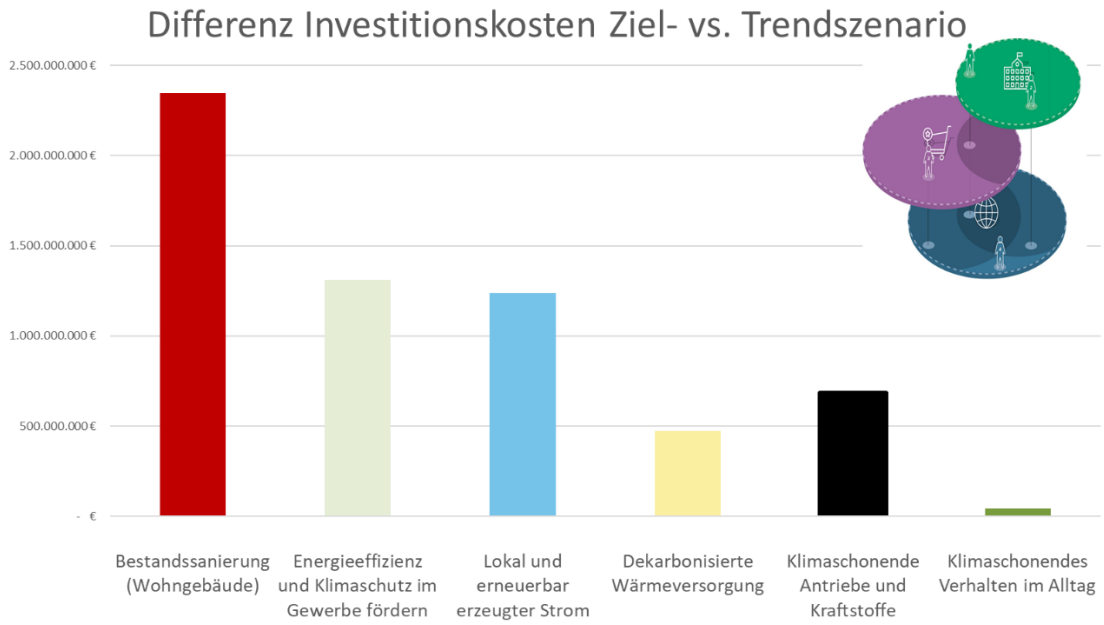


Abbildung 3 Differenz Ziel- vs. Trendszenario der absoluten Investitionskosten je Handlungsschwerpunkt (Quelle: Gertec GmbH)

Tabelle 6 zeigt die Differenzen zwischen Ziel- und Trendszenario der absoluten Investitionskosten je Handlungsfeld, differenziert nach Handlungsschwerpunkten, Tabelle 6 stellt die Kosten der Szenarien gegenüber. Hierdurch wird eine Aussage darüber möglich, welcher zusätzliche investive Aufwand notwendig ist, um das Ziel der Klimaneutralität zu erreichen.

Handlungsschwerpunkte	Investitionskosten Zielszenario	Investitionskosten Trendszenario	Differenz Szenarien
Bestandssanierung (Wohngebäude)	3.611.400.000 €	1.264.000.000 €	2.347.400.000 €
Energieeffizienz und Klimaschutz im Gewerbe fördern	2.081.500.000 €	771.700.000 €	1.309.800.000 €
Lokal und erneuerbar erzeugter Strom	1.346.700.000 €	111.000.000 €	1.235.700.000 €
Dekarbonisierte Wärmeversorgung	1.404.900.000 €	931.700.000 €	473.200.000 €
Klimaschonende Kraftstoffe und Antriebe	1.074.800.000 €	389.400.000 €	685.400.000 €
Klimagerechter Lebensstil - Klimaschutz im Alltag	44.400.000 €	0 €	44.400.000 €
Summe aller Handlungsschwerpunkte	9.563.700.000 €	3.467.800.000 €	6.095.900.000 €

Tabelle 6 Gegenüberstellung der absoluten Investitionskosten im Ziel- und Trendszenario je Handlungsfeld und Handlungsschwerpunkt (Quelle: Gertec GmbH)

Die Schätzung der Investitionskosten für Trend- sowie Zielszenario basieren auf den zugrundeliegenden Annahmen der beiden Szenarien, auf Basis derer für beide Szenarien Mengengerüste abgeleitet werden, um sie mit spezifischen Kostenkennwerten überschlägig zu ermitteln. Die spezifischen Kostenkennwerte gelten für beide Szenarien gleichermaßen, die Mengengerüste unterscheiden sich analog zu den unterschiedlichen Entwicklungspfaden. Im Folgenden werden die Herleitungen der Investitionskosten je Handlungsschwerpunkt für Ziel- und Trendszenario skizziert.

Bestandssanierung (Wohngebäude): Der Schwerpunkt fokussiert die energetische Modernisierung des Wuppertaler Gebäudebestands zur Wohnnutzung. Die Wohnfläche wird mit 15,1 Millionen m² angesetzt.[1] Die spezifischen Kosten der Modernisierung werden mit 428 €/m² angenommen[2]. Bis zum Jahr 2035 sollen 56% der Wohnflächen im Zielszenario und 19,6 % im Trendszenario saniert werden. Insgesamt ergeben sich für das Zielszenario Investitionskosten von rund 3,6 Mrd. € und für das Trendszenario ein Investitionsbedarf von 1,2 Mrd. €. Die Sanierungskosten fallen dabei überwiegend für die Wohnungswirtschaft und private Hauseigentümer*innen an. Die Wirtschaftlichkeit für die Wohnungswirtschaft stellt sich dabei gänzlich anders dar als für selbstnutzende Eigentümer*innen. Vermieter*innen können nach Abzug enthaltener Instandhaltungskosten (Sowieso-Kosten) und Förderungen (z. B. Tilgungszuschuss) 8 % der Kosten jährlich auf die Mieter*innen umlegen. Je nach Rahmenbedingung (Miethöhen) sind Sanierungen unter diesen Gesichtspunkten eher wirtschaftlich. Für selbstnutzende Eigentümer*innen ergibt sich eine betriebswirtschaftliche Amortisation unter Berücksichtigung von Fördermitteln und durch die vermiedenen Energiekosten. Hemmnisse, wie fehlende Fachkräfte oder Akzeptanzprobleme, sind jedoch Risiken für die Umsetzung.

Energieeffizienz und Klimaschutz im Gewerbe fördern: Der Schwerpunkt adressiert eine umfangreiche Sanierung des Gebäudebestands in den Sektoren GHD und Industrie sowie die Umstellung der Prozesswärme und die Hebung von Suffizienzpotenzialen. Auch in den Sektoren Industrie und Gewerbe, Handel, Dienstleistung (GHD) werden im Zielszenario 56% der Gebäude und im Trendszenario 19,6% saniert. Die spezifischen Kosten der Modernisierung werden mit 428 €/m² angesetzt[3]. Im Zielszenario entstehen Investitionskosten i.H.v. 1,9 Mrd. €, im Trendszenario von 673,8 Mio. €.

[1] IT.NRW (2023): Fortschr. Wohngebäude- u. Wohnungsbestand GWZ2011; Wohngebäude, Wohnungen und Wohnfläche nach Anzahl der Wohnungen - Gemeinden - Stichtag. (31231-03d) Online verfügbar unter. www.landesdatenbank.nrw.de
[2] Buildings Performance Institute Europe: Europe's buildings under the microscope. (2011). Verfügbar unter: http://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/HR_EU_B_under_microscope_study.pdf
[3] Ebd.

Die Umstellung der erforderlichen Prozesswärme, analog zum Wärmeversorgungsmix der beiden Szenarien wird mit 29,2 Mio. € im Ziel- und 26,7 Mio. € im Trendszenario angesetzt. Berechnungsgrundlage bilden die 209.808 MWh/a die im Jahr 2035 im Zielszenario anfallen.

Die kapitalgebundenen Kosten für die Qualifizierung von 25% der Wuppertaler Sozialversicherungspflichtig Beschäftigter wird bei einem Kostenansatz von 300€ pro qualifizierter Person mit ca. 8,7 Mio. € jährlich im Zielszenario angesetzt.

In Summe belaufen sich die Investitionskosten im Zielszenario auf 2,1 Mrd. € und im Trendszenario auf 771,7 Mio. €.

Lokal und erneuerbar erzeugter Strom: Der Handlungsschwerpunkt befasst sich mit dem Ausbau der lokalen erneuerbaren Energiepotenziale. Das Zielszenario strebt einen Ausbau der Photovoltaik um 786 MWp an. Das volle Potenzial geeigneter und zur Verfügung stehender Wuppertaler Dach- und Freiflächen soll genutzt werden. Im Trendszenario werden 74 MWp zu den bereits bestehenden 16 MW bis zum Jahr 2035 ausgebaut. Der notwendige Ausbau der Windkraft wird im Zielszenario auf 131 MW geschätzt. Im Trendszenario werden keine Potenziale zur Windkraftnutzung gehoben. Bei durchschnittlichen Investitionskosten von 1.500 €/kWp für Photovoltaik und 1.280 €/kW für Windkraft in beiden Szenarien werden Investitionskosten von 1,1 Mrd. € im Ziel- und 111 Mio. € im Trendszenario für die Realisierung der Wind- und Photovoltaikpotenziale notwendig.

Dekarbonisierte Wärmeversorgung: Spezifisch betragen die Investitionskosten der Wärmeversorgung ungefähr 703 €/(MWh*a) im Zielszenario und 466 €/(MWh*a) im Trendszenario, was zu einer Gesamtinvestition von rund 1,4 Mrd. € im Ziel- und 931,7 Mio. € im Trendszenario führt. Im Zieljahr beträgt der Wärmebedarf gemäß des Zielszenarios 1.997.700 MWh/a. Der Schwerpunkt betrachtet lediglich die Energieträgerumstellung. Deswegen wird berechnet, was die gleiche Energiemenge unabhängig vom Szenario kosten würde. Als Referenz wird der Endenergiebedarf im Zielszenario betrachtet.

Klimaschonende Antriebe und Kraftstoffe: Der Handlungsschwerpunkt schätzt notwendige Investitionskosten zur umfassenden Änderung der Antriebstechnologien. Während im Zielszenario von einem E-Mobilitätsanteil von 86,2 % und einem Wasserstofffahrzeuganteil von 5,3 % im Jahr 2035 ausgegangen wird, werden im Trendszenario lediglich 23 % E-Mobilitätsanteil und 2,9 % Wasserstofffahrzeuganteil angesetzt. Es wird von einer Anzahl von 176.716 PKW ausgegangen[4]. Bei den öffentlichen Ladesäulen wird in Anlehnung an die EU-Richtlinie „Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe“ von einem Verhältnis von zehn öffentlichen Ladepunkten je 100 E-Fahrzeuge ausgegangen. Die private Ladeinfrastruktur wird im Einklang mit der DENA Studie „Privates Ladeinfrastrukturpotenzial für Deutschland“ (2020) mit 85 Ladepunkten je 100 E-Fahrzeuge angesetzt. Bei Mehrinvestitionskosten von 3.000 € für Elektrofahrzeuge und 40.000 € für Wasserstofffahrzeuge, sowie 2.000 € Investitionskosten je Ladepunkt, ergeben sich im Zielszenario Investitionskosten von ca. 1,07 Mrd. €. Die Investitionskosten im Trendszenario betragen rund 389,3 Mio. €.

Klimaschonendes Verhalten im Alltag: Um ein dauerhaft stabiles klimaschonendes Verhalten im Alltag zu erreichen, müssen ca. 25 % der insgesamt rd. 355.088 Wuppertaler Bürger*innen durch konkrete Angebote aktiviert und qualifiziert werden. Erfahrungen zeigen ein konkretes energiebedingtes Reduktionspotenzial zwischen 0,87 Tonnen pro Person und Jahr. Die Kosten für die erforderlichen

[4] Stadt Wuppertal. (2022): Ausführliche Auswertungen auf Quartierseben zu den Themen Einwohner, Haushalte, Soziales und Sonstiges. Verfügbar unter: https://www.wuppertal.de/rbsstatistik/index.phtml?param=alles

transformationsbegleitenden Maßnahmen werden mit rd. 500 Euro pro qualifizierter Person, demnach 44,4 Millionen Euro für Qualifizierungs-, Mitmach- und Kommunikationsmaßnahmen, angesetzt.

2.2 Wirtschaftlichkeit: Vollkostenbetrachtung im Vergleich

Die oben dargestellten Investitionskosten geben einen Hinweis auf den finanziellen Aufwand der Transformation. Als alleiniges Kriterium zur Bewertung der Handlungsschwerpunkte und der damit verbundenen Maßnahmen sind sie jedoch nicht ausreichend. Die vergleichende Vollkostenbetrachtung ermöglicht eine differenziertere Betrachtung:

Die vergleichende Vollkostenbetrachtung berechnet in den Handlungsschwerpunkten die jährlichen Vollkosten für das Zielszenario und vergleicht diese mit den jährlichen Vollkosten im Trendszenario. Zu den Vollkosten gehören die annuitätischen Investitionskosten und die jährlichen bedarfsgebundenen Kosten. Für den Handlungsschwerpunkt „Bestandssanierung" bedeutet das zum Beispiel: Es werden nicht nur die Investitionen in ein Gebäude, sondern auch die damit verbundenen Einsparungen der Energiekosten berücksichtigt. Dieser Vergleich gibt also einen Hinweis auf die Wirtschaftlichkeit der Klimaneutralitätsanstrengungen im Vergleich zur Trendentwicklung. Abbildung 4 illustriert die Vollkostenbetrachtung je Handlungsfeld:

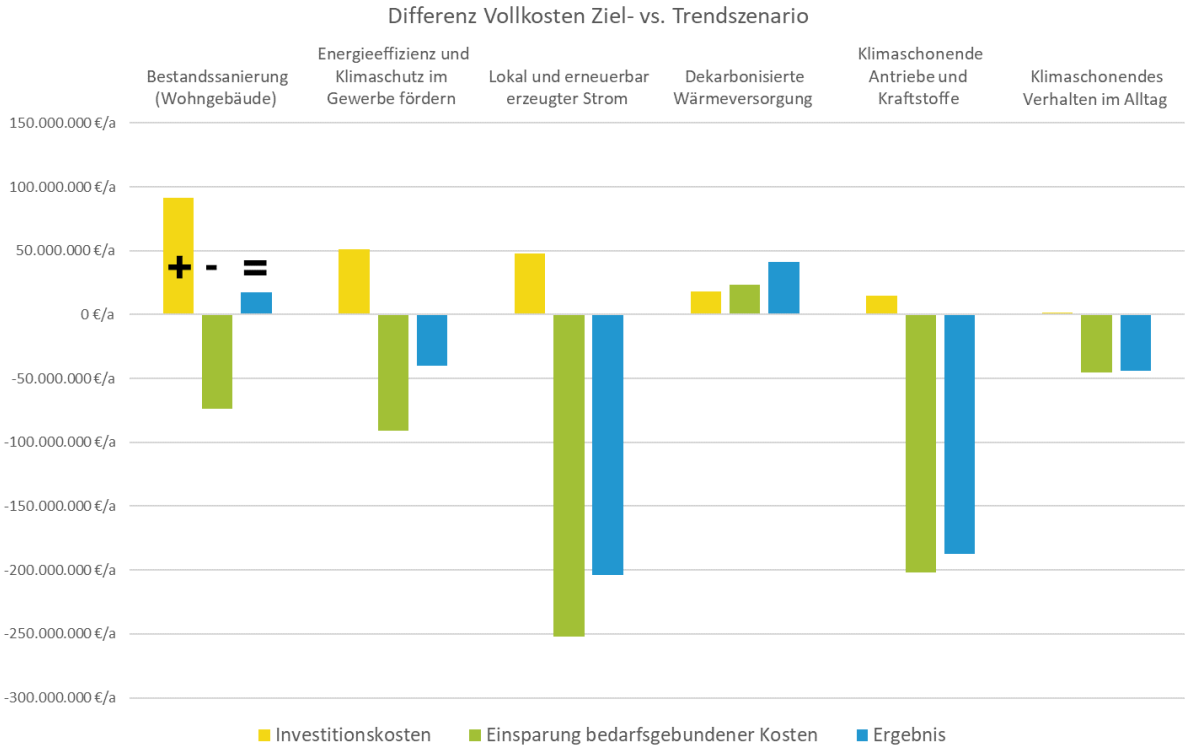


Abbildung 4 Vergleich Differenz Ziel- vs. Trendszenario der jährlichen Vollkosten je Handlungsfeld (Quelle: Gertec GmbH)

Tabelle 7 zeigt die Differenzen zwischen Ziel- und Trendszenario auf Basis der jährlichen Vollkosten, die die annuitätischen Investitions- und bedarfsgebundenen Kosten bilanziert.

Handlungsfeld	Differenz Investitionskosten	Einsparung bedarfsgebundener Kosten	Ergebnis
Bestandssanierung (Wohngebäude)	91.240.000 €/a	-73.600.000 €/a	17.640.000 €/a
Energieeffizienz und Klimaschutz im Gewerbe fördern	50.910.000 €/a	-91.100.000 €/a	-40.190.000 €/a
Lokal und erneuerbar erzeugter Strom	48.030.000 €/a	-251.900.000 €/a	-203.870.000 €/a
Dekarbonisierte Wärmeversorgung	18.390.000 €/a	23.100.000 €/a	41.490.000 €/a
Klimaschonende Kraftstoffe und Antriebe	46.070.000 €/a	-202.100.000 €/a	-156.030.000 €/a
Klimagerechter Lebensstil - Klimaschutz im Alltag	1.730.000 €/a	-45.500.000 €/a	-43.770.000 €/a

Tabelle 7 Übersicht Differenz Ziel- vs. Trendszenario der jährlichen Vollkosten je Handlungsfeld (Quelle: Gertec GmbH)

2.3 Kosten der CO_2-Vermeidung einschätzen

Die Investitionskosten zeigen den Finanzaufwand, die vergleichenden Vollkosten geben einen Hinweis auf die Wirtschaftlichkeit, im folgenden Schritt geht es darum, die Effizienz der Klimaschutzanstrengungen zu bewerten.

Geeignetes Verfahren ist die Berechnung der CO_2-Vermeidungskosten. Die CO_2-Vermeidungskosten beschreiben den Betrag in Euro pro Tonne CO_2, der für die Reduktion einer bestimmten CO_2-Menge gegenüber einer Referenztechnologie anfällt. Die Vermeidungskosten sind also ein Indikator für die Kosteneffizienz einer Klimaschutzmaßnahme pro vermiedener Tonne CO_2.

Das vorliegende Gutachten vergleicht hierzu die Effizienz der Maßnahmen in den Handlungsschwerpunkten des Zielszenarios und des Trendszenarios.

Per Definition ist der Ansatz der CO_2-Vermeidungskosten nur zulässig, wenn eine Maßnahme zu einer CO_2-Reduktion gegenüber der Referenz führt. Negative Vermeidungskosten entstehen, wenn die Durchführung einer Maßnahme mehr Geld einspart, als investiert wird.

Exkurs Methodik: Die Vermeidungskosten sind diejenigen annuitätischen Kosten, die ausgehend von einem Referenzzeitpunkt zur Reduktion einer bestimmten Treibhausgasmenge aufgewendet werden müssen. Zu den annuitätischen Kosten gehören kapitalgebundene Kosten, bedarfsgebundene Kosten sowie sonstige Kosten. Die kapitalgebundenen Kosten werden auf Grundlage der im vorangegangenen Kapitel überschlägig ermittelten Transformationskosten berechnet. Die bedarfsgebundenen Kosten ergeben sich insbesondere durch Energiebezugskosten. Bei der Berechnung der Vermeidungskosten einer energetischen Sanierung werden daher neben den Investitionskosten für Dämmmaßnahmen auch die Energieeinsparungen und die damit verbundenen Energiebezugskosten berücksichtigt.
Die Vermeidungskosten berechnen sich dann als Quotient aus der Kosten- und Emissionsdifferenz zwischen den Maßnahmen zur Treibhausgasreduktion des Zielszenarios und des Trendszenarios.
Die Internalisierung der externen Umweltkosten erfolgt durch einen Vergleich mit den Treibhausgas-Vermeidungskosten und den sich daraus ergebenden vermiedenen Umweltschäden in Euro pro Jahr.

Die CO_2-Vermeidungskosten werden aus dem gewichteten Mittelwert der CO_2-Einsparungen je Handlungsschwerpunkt gebildet und in Abbildung 5 sowie Tabelle 8 dargestellt.

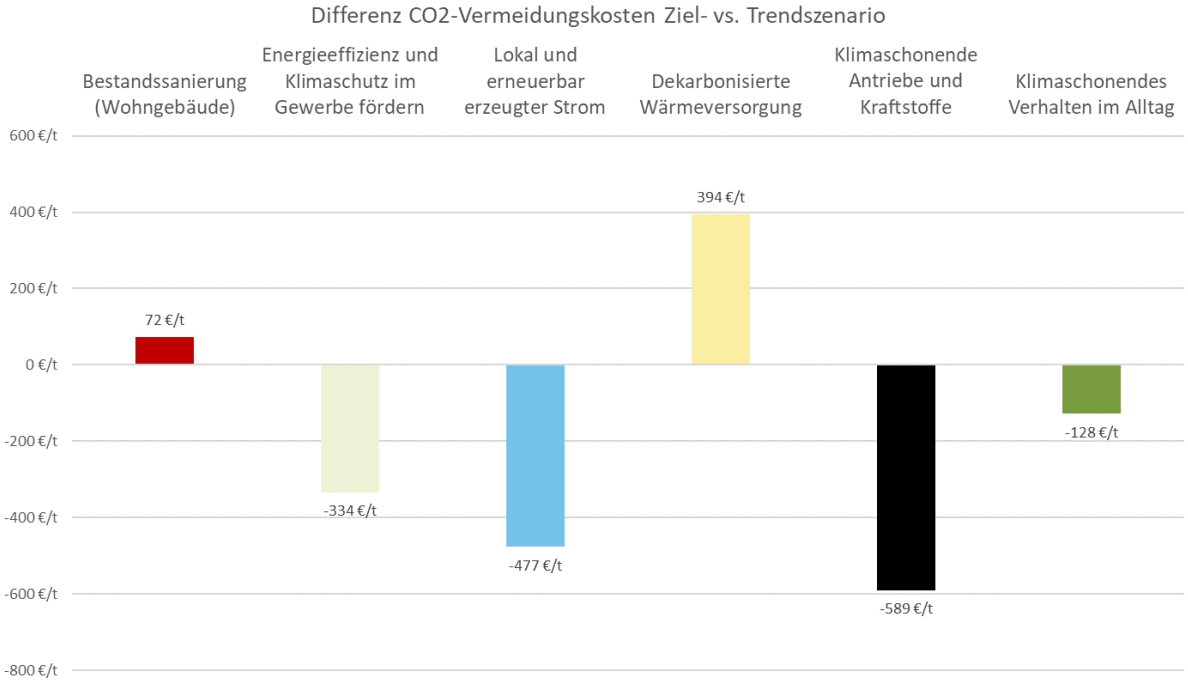


Abbildung 5 Vergleich der spezifischen CO_2-Vermeidungskosten je Handlungsfeld in €/t (Quelle: Gertec GmbH)

Handlungsfeld	Differenz Vermeidungskosten
Bestandssanierung (Wohngebäude)	72 €/t
Energieeffizienz und Klimaschutz im Gewerbe fördern	-334 €/t
Lokal und erneuerbar erzeugter Strom	-477 €/t
Dekarbonisierte Wärmeversorgung	394 €/t
Klimaschonende Kraftstoffe und Antriebe	-589 €/t
Klimagerechter Lebensstil - Klimaschutz im Alltag	-128 €/t

Tabelle 8 Übersicht der spezifischen CO_2-Vermeidungskosten je Handlungsfeld in €/t (Quelle: Gertec GmbH)

Vergleicht man die CO_2-Vermeidungskosten der beiden Szenarien miteinander, so weisen alle Handlungsschwerpunkte mit Ausnahme der Bestandssanierung im Wohngebäudebereich und der Umstellung der Wärmeversorgung ein wirtschaftlich vorteilhaftes Verhältnis der statischen Vermeidungskosten auf. Ursächlich hierfür sind im Handlungsschwerpunkt Bestandssanierung hohe annuitätische Investitionskosten im Vergleich zu der Einsparung auf Seiten der bedarfsgebundenen Kosten. Im Handlungsschwerpunkt Dekarbonisierte Wärmeversorgung erhöhen sich die bedarfsgebundenen Kosten im Vergleich von Ziel- und Trendszenario aufgrund der höheren spezifischen Wärmekosten.

2.4 Vermiedene Umweltschäden

Diesem Ansatz liegt die Methodenkonvention des Umweltbundesamtes zu Grunde[5]. Schadenskosten (Umweltkosten) schätzen die Kosten ein, die der Gesellschaft durch THG-Emissionen und dem daraus

[5] Umweltbundesamt, „Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten – Kostenansätze und eigene Berechnungen“, Umweltbundesamt 2020

resultierenden Klimawandel entstehen. Umweltkosten für das Jahr 2020 liegen laut Umweltbundesamt bei 237 €/tCO_2 bzw. 680 €/tCO_2. Der Unterschied der Bewertung ergibt sich aus einer gewichteten Zurechnung der Schäden auf zukünftige Generationen. Der höhere Wert geht davon aus, dass heutige und zukünftige Schäden gleich gewichtet werden, also im gleichen Maße die Wohlfahrt heutiger und zukünftiger Generationen berücksichtigt wird. Im Folgenden werden 237 €/tCO_2 angesetzt.

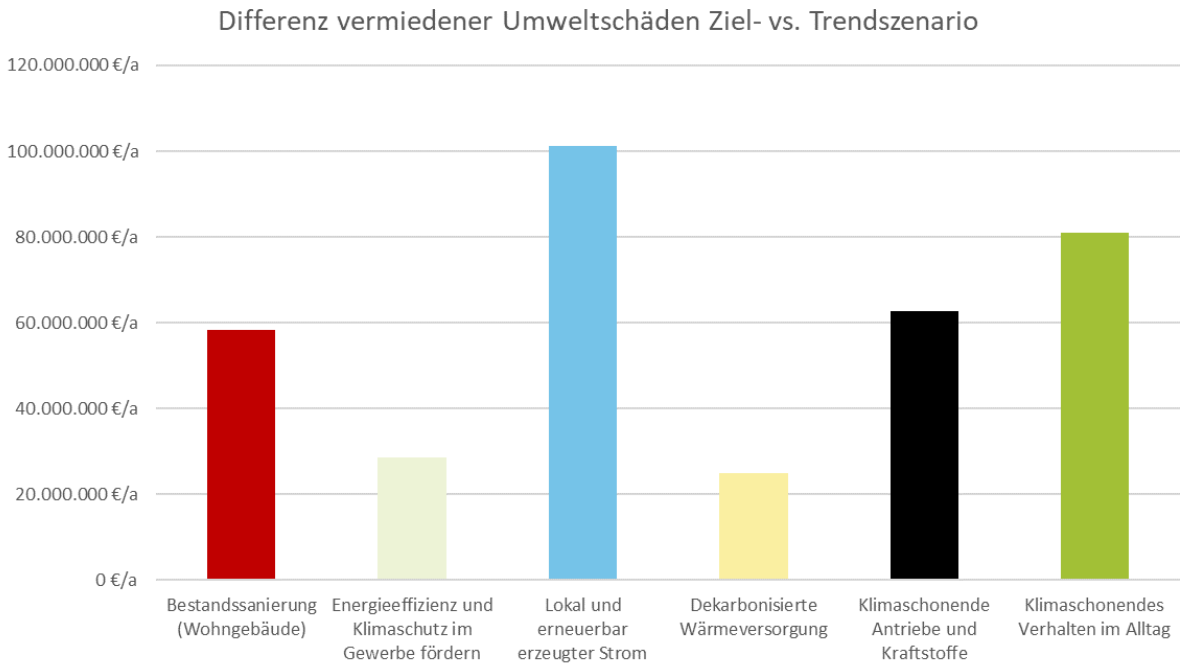


Abbildung 6 Vergleich zwischen Ziel- und Trendszenario der vermiedenen Umweltschäden (Quelle: Gertec GmbH)

Abbildung 6 zeigt, dass alle Handlungsschwerpunkte zur Vermeidung von Umweltschäden führen.

Handlungsfeld	Differenz vermiedener Umweltschäden Ziel- vs. Trendszenario
Bestandssanierung (Wohngebäude)	58.300.000 €/a
Energieeffizienz und Klimaschutz im Gewerbe fördern	28.500.000 €/a
Lokal und erneuerbar erzeugter Strom	101.300.000 €/a
Dekarbonisierte Wärmeversorgung	25.000.000 €/a
Klimaschonende Kraftstoffe und Antriebe	62.700.000 €/a
Klimagerechter Lebensstil - Klimaschutz im Alltag	81.000.000 €/a

Tabelle 9 Übersicht vermiedene Umweltschäden je Handlungsfeld (Quelle: Gertec GmbH)

2.5 Regionalnutzen: Regionale Wertschöpfung

Eine Region oder eine Stadt profitiert von der Nutzung der Ressourcen in ihrem Gebiet – das ist der Grundgedanke der regionalen Wertschöpfung. Eine allgemein gültige Definition des Begriffs gibt es nicht.

Das Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS) definiert regionale Wertschöpfung als „die Summe aller zusätzlichen Werte (...), die in einer Region in einem bestimmten Zeitraum entstehen. Dabei sind neben rein monetären Aspekten wie zum Beispiel Kostensenkung, Kaufkraftsteigerung, neue Arbeitsplätze bzw. Erhalt von Arbeitsplätzen, höheres Steueraufkommen etc. insbesondere soziale, ethische und ökologische Aspekte zu berücksichtigen". Das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) definiert die Wertschöpfung auf kommunaler Ebene als Zusammensetzung aus: Erzielter Gewinn (nach Steuern) der beteiligten Unternehmen, Nettoeinkommen der beteiligten Beschäftigten, die auf Basis der betrachteten Wertschöpfungsschritte gezahlten, kommunalen Steuern.

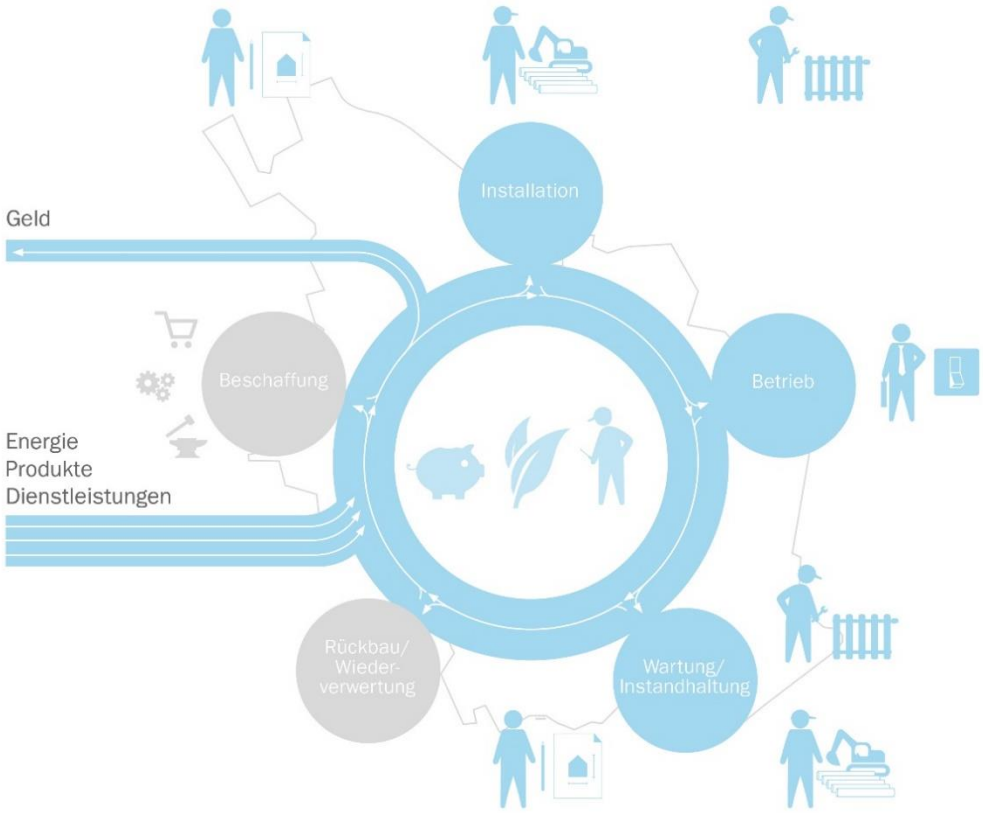


Abbildung 7 Prinzipdarstellung regionale Wertschöpfung über die Wertschöpfungsebenen (Quelle: Jung Stadtkonzepte)

Für kommunale Prozesse hat sich die Berücksichtigung der Wertschöpfung bewährt, die in den Grenzen der Gebietskörperschaft und den dort ansässigen Unternehmen und deren Mitarbeitenden erbracht wird sowie die kommunale Wertschöpfung der Gebietskörperschaft. Beschrieben wird der Effekt durch die Unternehmensgewinne, das Nettoeinkommen der Mitarbeitenden sowie die Einnahmen der Stadt Wuppertal in Form von Steuereinnahmen, Abgaben und Gebühren. Ebenfalls berücksichtigt werden die mit der Wertschöpfung verbundenen Arbeitsplatzeffekte in den wesentlichen beteiligten Branchen. Grundlage für diese Berechnung wären also im Wesentlichen Umsätze im Klimaschutzbereich, die z. B. durch die Sanierung von Gebäuden, den Bau von Solarstromanlagen oder dem Ausbau der Fernwärme-Infrastruktur anfallen.

Auf dieser Grundlage werden die sich daraus ergebenden Unternehmensgewinne, die Netto-Einkommen der Beschäftigten sowie die kommunalen Einnahmen überschlägig berechnet. Abgeleitet werden Arbeitsplatzeffekte in den relevanten Branchen. Das Modell berechnet die kumulierten spezifischen, sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten in Vollzeitäquivalenten. Die Berechnung zeigt, wie viele

Vollzeitäquivalente (VZÄ), bezogen auf die regionalen Umsätze umgesetzt werden können. Eine Quantifizierung der zusätzlich geschaffenen Arbeitsplätze findet nicht explizit statt.

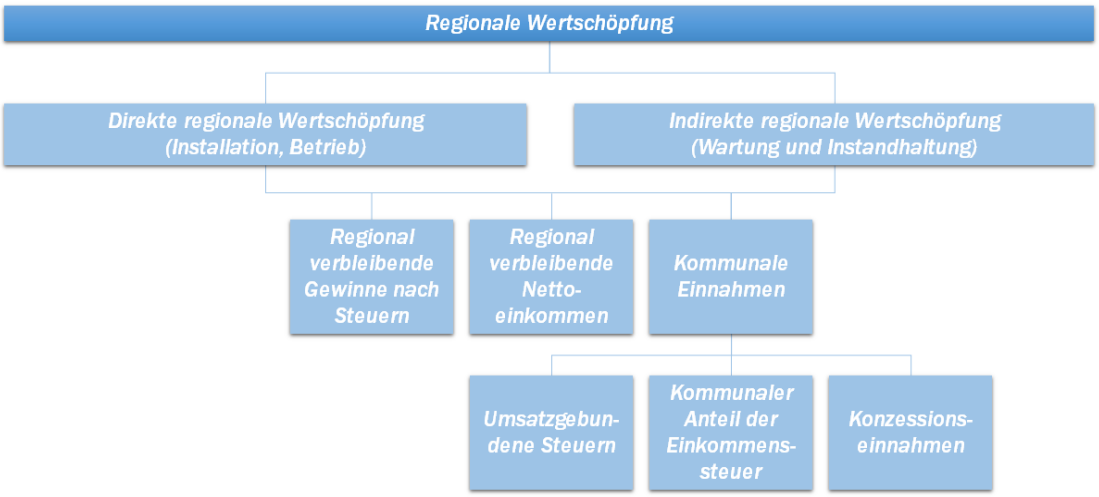


Abbildung 8 Das Modell der direkten und indirekten Wertschöpfung (Quelle: Jung Stadtkonzepte)

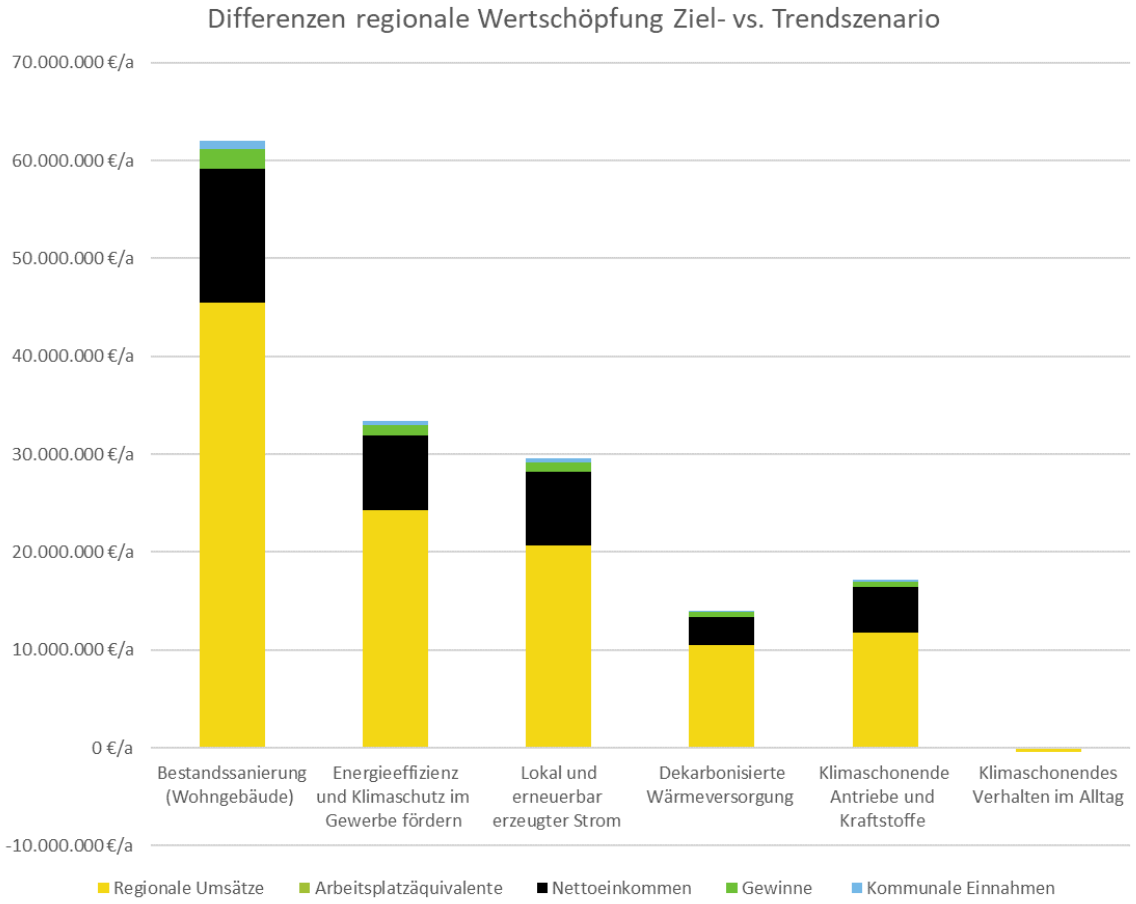


Abbildung 9 Differenzen der regionalen Umsätze und Arbeitsplatzäquivalente nach Handlungsfeldern (Quelle: Gertec GmbH)

Handlungsfeld	Regionale Umsätze	Netto-einkommen	Gewinne (nach Steuern)	Kommunale Einnahmen	Arbeitsplatz-äquivalente
Bestandssanierung (Wohngebäude)	45.500.000 €/a	13.700.000 €/a	1.990.000 €/a	770.000 €/a	407
Energieeffizienz und Klimaschutz im Gewerbe fördern	24.300.000 €/a	7.600.000 €/a	1.070.000 €/a	420.000 €/a	225
Lokal und erneuerbar erzeugter Strom	20.700.000 €/a	7.500.000 €/a	950.000 €/a	390.000 €/a	216
Dekarbonisierte Wärmeversorgung	10.500.000 €/a	2.900.000 €/a	450.000 €/a	170.000 €/a	87
Klimaschonende Kraftstoffe und Antriebe	11.800.000 €/a	4.600.000 €/a	540.000 €/a	240.000 €/a	134
Klimagerechter Lebensstil - Klimaschutz im Alltag	-400.000 €/a	-100.000 €/a	0 €/a	0 €/a	0

Tabelle 10 Übersicht Differenzen zwischen Trend- und Zielszenario regionale Wertschöpfung je Handlungsfeld (Quelle: Gertec GmbH)

Alle Handlungsschwerpunkte mit Ausnahme des Schwerpunkts Klimagerechter Lebensstil – Klimaschutz im Alltag führen zu einer Erhöhung der regionalen Umsätze sowie Arbeitsplatzäquivalente und fördern somit die regionale Wertschöpfung nachhaltig. Ursächlich für die Reduktion der regionalen Umsätze sowie der Nettoeinkommen im Schwerpunkt Klimagerechter Lebensstil ist der verringerte Energiebedarf durch die Hebung der Suffizienzpotenziale.

2.6 Empfehlungen zur Strategieoptimierung und Maßnahmenpriorisierung

Auf Grundlage der Kosten-Nutzen-Analyse und der Beurteilung der Zieleinschätzung werden Empfehlungen zur Strategieoptimierung und Maßnahmenpriorisierung formuliert. Ergebnis ist eine inhaltlich und zeitlich beschriebene Strategie zur Klimaneutralität mit Priorisierung bei den verschiedenen Handlungsschwerpunkten. In diesem Kapitel geht es darum, die entwickelten Kennwerte zusammenzuführen und eine ganzheitliche Betrachtung der untersuchten Effekte zu ermöglichen. Alleine aus der Differenz der Investitions- und Betriebskosten lässt sich keine Priorisierung der Handlungsfelder vornehmen. Vielmehr muss neben den CO_2-Vermeidungskosten auch integriert überprüft werden, wie viel CO_2 eingespart wird, wie hoch die vermiedenen Umweltkosten und wie groß die regionalen Wertschöpfungseffekte sind – also wie groß die „Klimaschutzrendite“ ausfällt.

Möglich wird diese integrierte Betrachtung dadurch, dass die zuvor hergeleiteten Kennwerte spezifisch pro eingesparter Tonne CO_2 berechnet werden. Damit beträgt die Einheit jeder Kategorie €/t. Folgende Abbildung 10 verdeutlicht das Vorgehen.

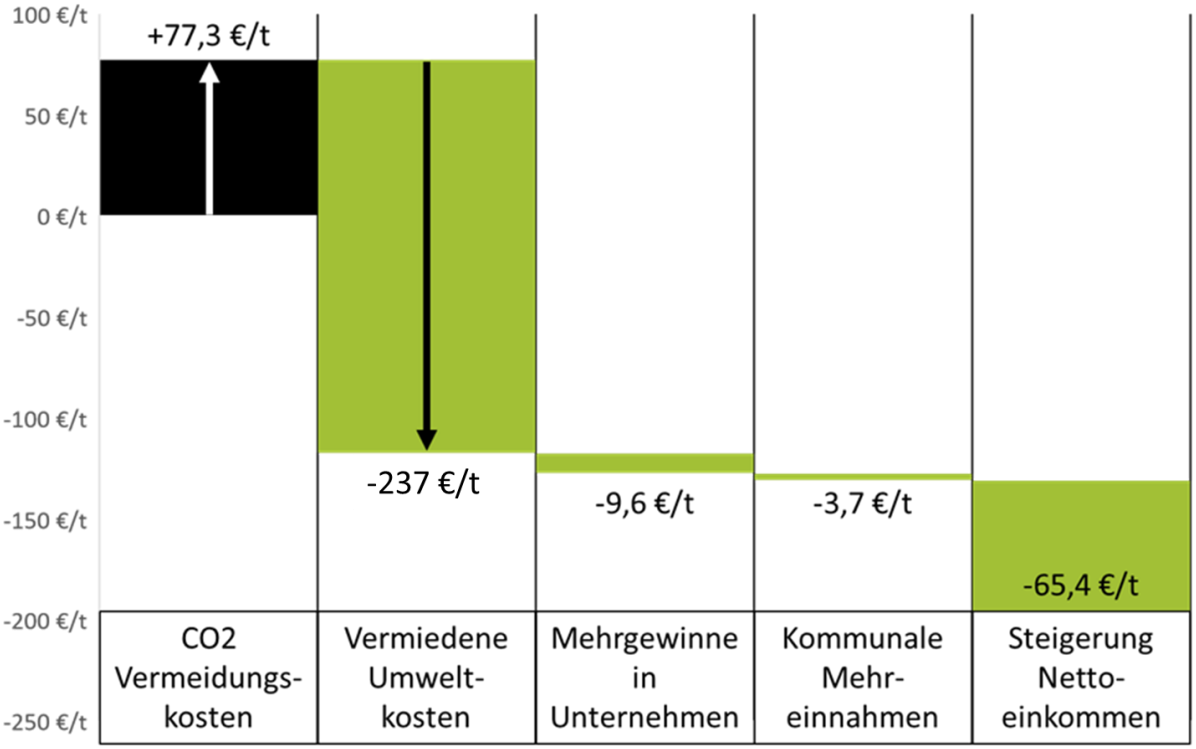


Abbildung 10 Prinzipdarstellung der „Klimaschutzrendite" eines beispielhaften Handlungsschwerpunkts – negative Werte bedeuten hier eine positive Wirkung (Quelle: Gertec GmbH)

Die Abbildung zeigt, dass die CO_2-Vermeidungskosten des untersuchten Handlungsschwerpunkts rund 77 € pro eingesparter Tonne CO_2 betragen. Allein durch die Betrachtung der vermiedenen Umweltkosten in Höhe von 195 €/t CO_2 erreicht der Handlungsschwerpunkt somit negative gesamte Vermeidungskosten. Werden die spezifischen regionalen Wertschöpfungseffekte (Mehrgewinne in Unternehmen, Kommunale Mehreinnahmen sowie die Steigerung der Nettoeinkommen je eingesparter Tonne CO_2) in Höhe von rund 79 €/t subtrahiert, ergeben sich spezifische Vermeidungskosten im Handlungsschwerpunkt von rund -196 €/t. Diese Darstellungsform ist auch in der folgenden Übersichtstabelle gewählt, in welcher die durchschnittlichen spezifischen Vermeidungskosten sowohl je Handlungsfeld (linke Spalte) als auch die spezifischen Kosten je Handlungsschwerpunkt dargestellt sind. Aus den vereinfachten Diagrammen können überschlägig die Verhältnisse der Kostenpositionen je Handlungsschwerpunkt abgelesen werden.

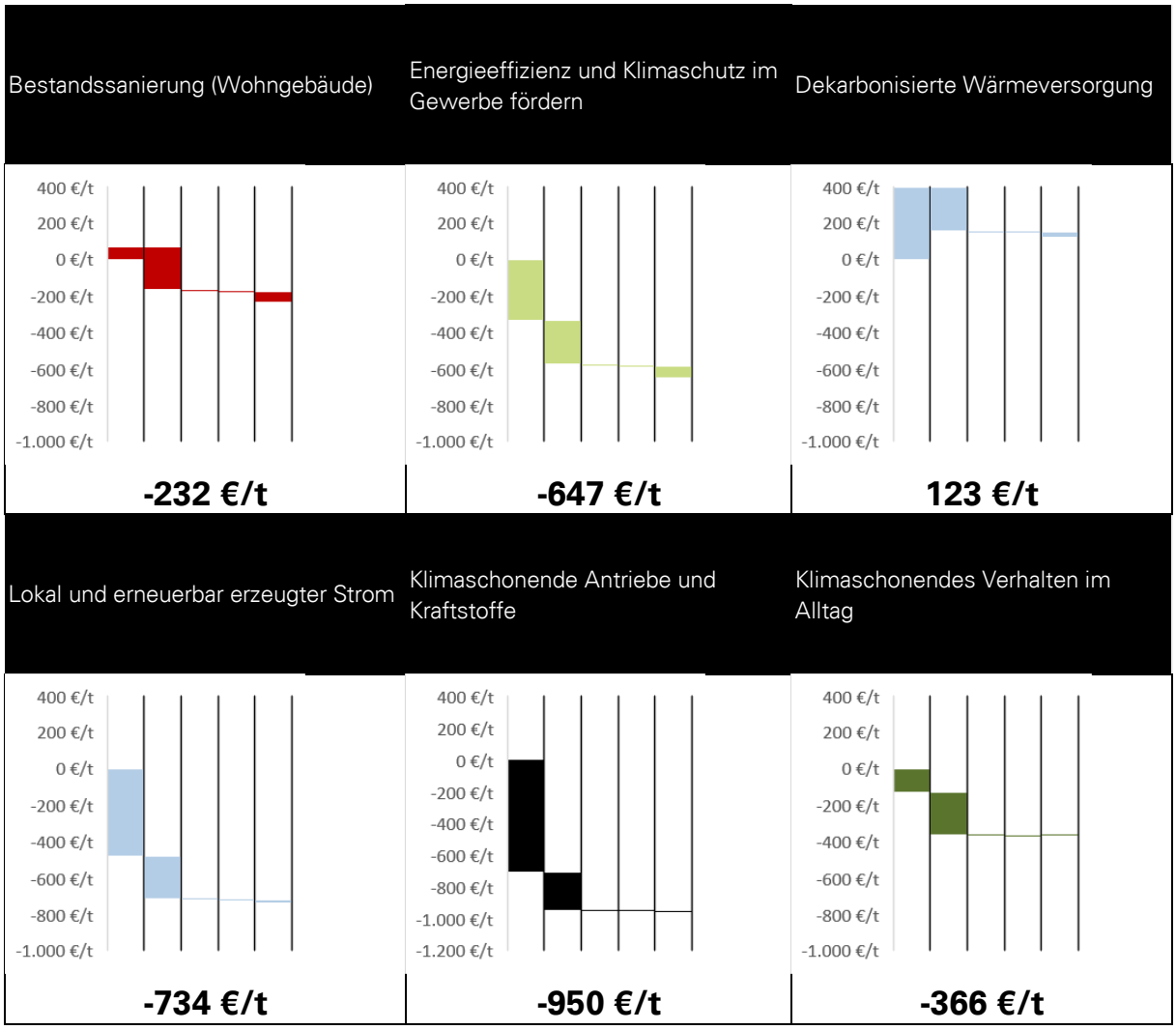


Abbildung 11 Spezifische Vermeidungskosten je Handlungsfeld und Handlungsschwerpunkt (Quelle: Gertec GmbH)

Eine Investition in ambitionierte Klimaschutzmaßnahmen ist unter den gegebenen Rahmenbedingungen in allen Handlungsschwerpunkten mit Ausnahme der Dekarbonisierung der Wärmeversorgung „wirtschaftlich", sobald die gesamtgesellschaftlichen Effekte mit einbezogen werden.

- Die Zielsetzung der Stadt Wuppertal der Klimaneutralität bis 2035 erfordert schnelles und umfassendes Handeln.
- Wichtig ist, dass sich die Rahmenbedingungen immer schneller ändern. Insofern ist eine Abwägung, Neueinschätzung und Nachjustierung während des Umsetzungsprozesses zwingend erforderlich.
- Innerhalb des engen Handlungsrahmens lassen sich folgende Priorisierungen formulieren:
  - Umsetzen: Der Handlungsschwerpunkt „Klimaschonendes Verhalten im Alltag" zeichnet sich durch eine hohe Klimaschutzrendite und Reduktionseffizienz aus. Der Schwerpunkt liegt im mittelbaren kommunalen Einflussbereich und hat eine hohe Umsetzungspriorität. Attraktive und aktivierende Angebote auf unterschiedlichen Ebenen müssen hier die Stadtgesellschaft adressieren.
  - Aktivieren und Ermöglichen: Maßnahmen in den Handlungsschwerpunkten „Lokal und erneuerbar erzeugter Strom" sowie „Dekarbonisierte Wärmeversorgung", „Bestandssanierung" sowie „Energieeffizienz und Klimaschutz im Gewerbe fördern" und „Klimaschonende Antriebe und

Kraftstoffe“ bergen hohe CO_2-Reduktionspotenziale. Finanzielle Anschubfinanzierungen und Förderungen können die Umsetzung beschleunigen. Förderungen müssen zeitnah akquiriert werden und eine Umsetzung erfolgen, um die ambitionierten Ziele zu erreichen und das CO_2-Budget nicht zu überschreiten.