



**Universität
Zürich^{UZH}**

Abschlussarbeit

zur Erlangung des
Master of Advanced Studies in Real Estate

CO₂-Absenkepfad Immobilien-Anlageportfolio: Analyse des zusätzlichen Finanzbedarfs anhand eines Fallbeispiels

Verfasser: Fritschi
Reto
retofritschi@alumni.ethz.ch

Eingereicht bei: Dr. Zea Escamilla, Edwin

Abgabedatum: 21.09.2020

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	VII
Executive Summary.....	VIII
1. Einleitung	1
1.1 Ausgangslage.....	1
1.2 Problemstellung	1
1.3 Wissenschaftliche Einordnung	2
1.4 Aufbau der Arbeit.....	4
2. Forschungsfragen, Untersuchungsgebiet und theoretische Grundlagen	5
2.1 Forschungsfragen.....	5
2.2 Untersuchungsgebiet und Abgrenzung.....	6
2.3 Theoretische Grundlagen.....	10
3. Methoden und Datengrundlagen	17
3.1 Methodenübersicht	17
3.2 Erneuerungsszenarien und -Massnahmen	18
3.3 Energiepreisszenarien	22
3.4 Modellierung des Finanzbedarfs und der CO ₂ -Vermeidungskosten	24
3.5 Datengrundlagen.....	28
4. Resultate	29
4.1 Referenzszenario FEP-REF	29
4.2 Entwicklungsszenario BAU-Base	30
4.3 Entwicklungsszenario BAU-Plus	32
4.4 Entwicklungsszenario MIT-2kW	34
4.5 Numerische Auswertung Kosten und CO ₂ -Emissionen	36
4.6 Szenarienübersicht und -Zusammenfassung	40
5. Diskussion	43
5.1 Diskussionspunkt 1: Kosten versus Wert	43
5.2 Diskussionspunkt 2: Klimapolitik Schweiz.....	45
5.3 Diskussionspunkt 3: Adaption, Mitigation, Kompensation International	48
5.4 Beurteilung Methoden, Datenqualität und Datenunsicherheit	51

6. Fazit und Ausblick.....	54
6.1 Fazit	54
6.2 Ausblick.....	55
Literaturverzeichnis	56
Anhang 1: Stammdaten (Auswahl).....	64
Anhang 2: Strategische, energetische Erneuerungsplanung.....	66
Anhang 3: Abschätzung Finanzbedarf: Kostenkennwerte	68
Anhang 4: Energie- und CO ₂ -Absenkpfad: Koeffizienten und Faktoren.....	70
Anhang 5: Abschätzung Finanzbedarf: Resultate Wirtschaftseinheiten	72
Anhang 6: Energie- und CO ₂ -Absenkpfad: Resultate Wirtschaftseinheiten.....	78

Abkürzungsverzeichnis

BAFU	Bundesamt für Umwelt
BAU	Business-As-Usual
BFS	Bundesamt für Statistik
BKP	Baukostenplan
CAC	Carbon Abatement Cost
CDP	Carbon Disclosure Project
CEN	Europäisches Komitee für Normung
CER	Certified Emission Reductions
CO ₂	Kohlenstoffdioxid, hier Kohlenstoffdioxid-Äquivalente
CRB	Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung
DCF	Discounted Cash Flow
EBF	Energiebezugsfläche
eBKP-H	Baukostenplan Hochbau
EHS	Emissionshandelssystem
EN	Europäische Norm
EnDK	Konferenz Kantonaler Energiedirektoren
EPRA	European Public Real Estate Association
ETS	Emissions Trading System
EU	Europäische Union
FEP	Finanz- und Erneuerungsplanung
GEAK	Gebäudeenergieausweis der Kantone
GHGP	Greenhouse Gas Protocol
GRESB	Global Real Estate Sustainability Benchmark
GRI	Global Reporting Initiative
INSPIRE	Integrated Strategies and Policy Instruments for Retrofitting
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPE	Investment & Pensions Europe, IPE International Publishers Ltd
ISO	International Organization for Standardization
KBOB	Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren
K _I	Investitionskosten
K _M	Unterhaltskosten
K _O	Betriebskosten

MAC	Marginal Abatement Cost
MIT	Mitigation
MuKE n	Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich
NGO	Non Governmental Organization
NPK	Normpositionen-Katalog
OAK	Objektarten-Katalog
OR	Obligationenrecht
REF	Referenz
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
SR	Systematische Rechtssammlung
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
UREK	Kommissionen für Umwelt, Raumplanung und Energie
US EIA	United States Energy Information Administration
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: CO ₂ -Absenkpfad S2-Szenario (vgl. IPCC, 2018a, S. 113)	3
Abbildung 2: Räumliche Verteilung Immobilienportfolio (Grundkarte: swisstopo)	7
Abbildung 3: Schematische Darstellung Systemgrenze aus Sicht Energie und Klima....	9
Abbildung 4: Schematische Darstellung Modell «Front-End»	17
Abbildung 5: Historische Energiepreisszenarien (Daten: US EIA, 2009, S. 60)	22
Abbildung 6: Historische Energiepreisentwicklung (Daten: BFS, 2020, ergänzt).....	23
Abbildung 7: Schematische Darstellung Modell «Back-End».....	24
Abbildung 8: Energie- und CO ₂ -Absenkpfad FEP-REF-Szenario.....	29
Abbildung 9: Finanzbedarf Erneuerungsplanung Eigentümer FEP-REF-Szenario	30
Abbildung 10: Energie- und CO ₂ -Absenkpfad BAU-Base-Szenario.....	31
Abbildung 11: Abschätzung zusätzlicher Finanzbedarf BAU-Base-Szenario	32
Abbildung 12: Energie- und CO ₂ -Absenkpfad BAU-Plus-Szenario.....	33
Abbildung 13: Abschätzung zusätzlicher Finanzbedarf BAU-Plus-Szenario.....	34
Abbildung 14: Energie- und CO ₂ -Absenkpfad MIT-2kW-Szenario.....	34
Abbildung 15: Abschätzung zusätzlicher Finanzbedarf MIT-2kW-Szenario	35
Abbildung 16: Grenzvermeidungskostenkurve MIT-2kW-Szenario	40
Abbildung 17: Übersicht Abschätzung zusätzlicher Finanzbedarf	41
Abbildung 18: Übersicht Abschätzung Finanzbedarf	41
Abbildung 19: Abschätzung Wertänderung DCF	44
Abbildung 20: Abschätzung zusätzlicher Finanzbedarf mit erhöhter CO ₂ -Abgabe.....	45
Abbildung 21: Abschätzung Wertänderung DCF mit erhöhter CO ₂ -Abgabe	46

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Charakterisierung des Immobilienportfolios	6
Tabelle 2: Charakterisierung der energetisch relevanten Bauteile	8
Tabelle 3: Literaturübersicht CO ₂ -Vermeidungskosten mit Charakterisierung	16
Tabelle 4: Definition der modellierten Erneuerungsmassnahmen	20
Tabelle 5: Charakterisierung der Entwicklungsszenarien	21
Tabelle 6: Abschätzung zusätzlicher Finanzbedarf Investitionen	37
Tabelle 7: Abschätzung zusätzlicher Finanzbedarf Unterhalt	37
Tabelle 8: Abschätzung zusätzlicher Finanzbedarf Betrieb	38
Tabelle 9: Abschätzung CO ₂ -Emissionen und -Vermeidungskosten	39
Tabelle 10: Übersicht Abschätzung zusätzlicher Finanzbedarf	42

Executive Summary

Mitigieren, adaptieren oder kompensieren? Diese Frage stellt sich manch ein Immobilienbesitzer und -anleger vor dem Hintergrund der aktuellen Klimadebatte. Um das 1.5 Grad Celsius Ziel zu erreichen, propagiert der Weltklimarat drastische CO₂-Emissionsreduktionen. Dabei bleiben auch die Immobilien nicht verschont.

Mitigieren heisst agieren, jetzt und direkt an der Immobilie. Adaptieren heisst reagieren, später, wenn es der Gesetzgeber verlangt. Kompensieren heisst agieren, aber woanders. Doch wieviel darf die Tonne CO₂ kosten?

Diese Arbeit untersucht anhand eines Fallbeispiels, eines Immobilien-Anlageportfolios mit 157 Wirtschaftseinheiten, die Auswirkungen unterschiedlicher CO₂-Absenkstrategien. Objektscharf werden die Auswirkungen von energetischen Erneuerungsmassnahmen an der Heizung, Gebäudehülle und -technik bis 2050 modelliert. Dabei stehen energeseitig die Auswirkungen der Massnahmen auf den Energieträgermix und auf die CO₂-Emissionen im Vordergrund. Kostenseitig wird der zentralen Forschungsfrage nachgegangen, wie sich diese Massnahmen auf Investitions-, Unterhalts- und Energiekosten auswirken. Die Arbeit soll Entscheidungsgrundlagen für ein optimales CO₂-Emissionsmanagement für institutionelle Anleger liefern.

Rund 150 CHF kostet es den Eigentümer des untersuchten Portfolios, die CO₂-Emissionen um eine Tonne zu reduzieren. In der Literatur werden Werte zwischen 140 CHF und 370 CHF pro vermiedener Tonne ausgewiesen. Im Ausland kriegt man sie für 0.4 US Dollar. Vergleichen lassen sich die Zahlen nicht, zu unterschiedlich sind die Systemgrenzen, Referenzfälle, Kostenkennwerte, Energiepreisszenarien und Zinssätze. Will der Eigentümer direkt im Anlageportfolio und nicht im Ausland reduzieren, hat er rund 10 Prozent zusätzlich pro Jahr zu investieren, um die CO₂-Emissionen durch den Gebäudebetrieb massgebend zu senken. Diesen Kosten stehen Energiekosteneinsparungen gegenüber, welche den Mietparteien durch tiefere Nebenkosten zugutekommen.

In der Diskussion wird aufgezeigt, warum es sich für den nicht philanthropischen Eigentümer trotzdem lohnen kann, die 10 Prozent zusätzliche Kosten pro Jahr aufzuwenden, auch wenn er gesetzlich nicht zur Internalisierung der Externalitäten des Klimawandels verpflichtet ist. Nebst CO₂- und Kosten- sind Energiepreis- und Leerstandscontrolling mit Forecast und Blick auf die Nebenkosten die zentralen Elemente eines professionellen CO₂-Managements und für die Wahl der optimalen CO₂-Absenkstrategie wegweisend.

1. Einleitung

1.1 Ausgangslage

Am 6. Oktober 2017 ratifizierte die Schweiz das Pariser Klimaabkommen, welches den Ausstoss von Treibhausgasen stark reduzieren will (Klimaübereinkommen von Paris vom 12.12.2015, SR 0.814.012, Stand 18.05.2020). Das Abkommen ist nötig, um die globale Erderwärmung auf 1.5 Grad Celsius gegenüber der vorindustriellen Zeit zu begrenzen (IPCC, 2018a, S. 159). Auf der Energie-Nachfrageseite weist, nebst dem Industrie- und dem Transportsektor, der Gebäudebereich die grössten CO₂-Reduktionspotenziale auf (IPCC, 2018b, S. 320; Schweizerischer Bundesrat, 2017, S. 263).

Der Entwurf der Totalrevision des CO₂-Gesetzes sieht im Gebäudebereich eine etappierte CO₂-Absenkung mit CO₂-Grenzwerten und erhöhten CO₂-Abgaben vor (Art. 9 und Art. 31 des Entwurfs des Bundesgesetzes über die Verminderung von Treibhausgasemissionen vom 01.12.2017, 17.071, Stand 10.06.2020).

1.2 Problemstellung

Für den Immobilieneigentümer oder -Investor stellt sich die Frage: «Agieren oder reagieren?» Die öffentliche Hand sowie einige institutionelle Anleger setzen sich vor diesem Hintergrund starke CO₂-Reduktionsziele für ihr Immobilienportfolio. Als Beispiele können die Stadt Zürich (2019, S. 1) oder die Zurich Invest AG (2019, S. 3) genannt werden. Die CO₂-Reduktionssziele werden aber oft ungeachtet einer differenzierten Betrachtung der Mitigationskosten beschlossen (A. Müller, 2019).

«Um eine möglichst wirkungsvolle und kosteneffiziente Klimapolitik zu gewährleisten, sollten die notwendigen Reduktionen nach Möglichkeit dort erbracht werden, wo sie am kosteneffizientesten und zu tiefst möglichen Vermeidungskosten zu erreichen sind. Dabei sind auch langfristige Zeiträume zu betrachten und Investitionszyklen zu nutzen.»

So schreibt es der Bundesrat in seiner Botschaft zur Totalrevision des CO₂-Gesetzes (2017, S. 353). Doch welche Massnahmen sind am kosteneffizientesten und haben die niedrigsten Vermeidungskosten? Der Bund kennt die Effizienz seiner Programme; unter anderem weist das Gebäudeprogramm im Zeitraum von 2010 bis 2014 CO₂-Vermeidungskosten von 152 CHF pro Tonne CO₂ aus (Schweizerischer Bundesrat, 2017, S. 357). Auch einschlägige Literatur weist CO₂-Vermeidungskosten für energetische

Massnahmen im Gebäudebereich aus. Diese liegen zwischen 140 (Jakob et al., 2010, S. 158), 190 (Ott et al., 2011, S. 31) und 372 (A. Müller & Scheuchzer, 2012, S. 77–81) CHF pro Tonne CO₂. Die Werte lassen sich jedoch kaum vergleichen. Unterschiedliche Objekte (variabel in Alter, Geometrie, Standort, Nutzung et cetera) und verschiedenen Annahmen bezüglich der Erneuerungs- und Referenzmassnahmen, dem Erneuerungszeitpunkt, den Zinssätzen, der Lebensdauer der Bauteile, den Energiepreisszenarien und weiteres erschweren ein Benchmarking (A. Müller & Scheuchzer, 2012, S. 23–26).

Für ein einzelnes Objekt kann eine Kosten- und Wirtschaftlichkeitsrechnung betreffend CO₂-Reduktion mit geringem Aufwand durchgeführt werden. Für ein grosses Immobilienportfolio mit über 100 Liegenschaften fehlen die nötigen Modelle, Instrumente und Kennzahlen zu den Kosten und zur Wirtschaftlichkeit eines CO₂-Absenkpfad.

Für den Immobilieneigentümer oder -Investor stellt dies eine grosse Herausforderung bei der Festlegung der CO₂-Reduktionsziele, der Zeitspanne bis zur Zielerreichung sowie bei der Festlegung der Massnahmen zur CO₂-Reduktion dar. Angewandte Forschung in diesem Bereich ist nötig, um institutionellen Anlegern bessere Modelle, Instrumente und Entscheidungsgrundlagen zur Formulierung von CO₂-Reduktionszielen und der Implementierung eines CO₂-Absenkpfad bereitstellen zu können.

1.3 Wissenschaftliche Einordnung

Das «Intergovernmental Panel on Climate Change» (IPCC) präsentiert im Sonderbericht «1.5 °C globale Erwärmung – SR1.5» von 2018 verschiedene Treibhausgasemissionspfade (CO₂-Absenkpfade) (IPCC, 2018a, S. 95–162). Diese sind konsistent mit den globalen Bemühungen, die Erderwärmung auf 1.5 Grad Celsius gegenüber der vorindustriellen Zeit der Jahre 1850 – 1900 zu begrenzen. Sämtliche Szenarien hängen stark von negativen Emissionen ab – also von der Abscheidung und Speicherung von Kohlenstoff aus Abgasen oder der Atmosphäre. Massnahmen und Technologien zur Kohlenstoff-Abscheidung und Speicherung sind unerprobt, umstritten und stellen bezüglich der Zielerreichung ein grosses Risiko dar (IPCC, 2018a, 96, 121).

Das S2- respektive «Middle-of-the-Road»-Szenario (Abbildung 1) geht von einem mittleren Bevölkerungswachstum und mittlerer Wirtschafts- und Energiebedarfsentwicklung aus. Neben der Stromproduktion tragen vor allem die Gebäude, der Transport, die Industrie sowie die Land- und Forstwirtschaft zu den globalen CO₂-Emissionen bei. Die globale Netto-Null-Marke wird gemäss diesem Szenario um das Jahr 2058 erreicht.

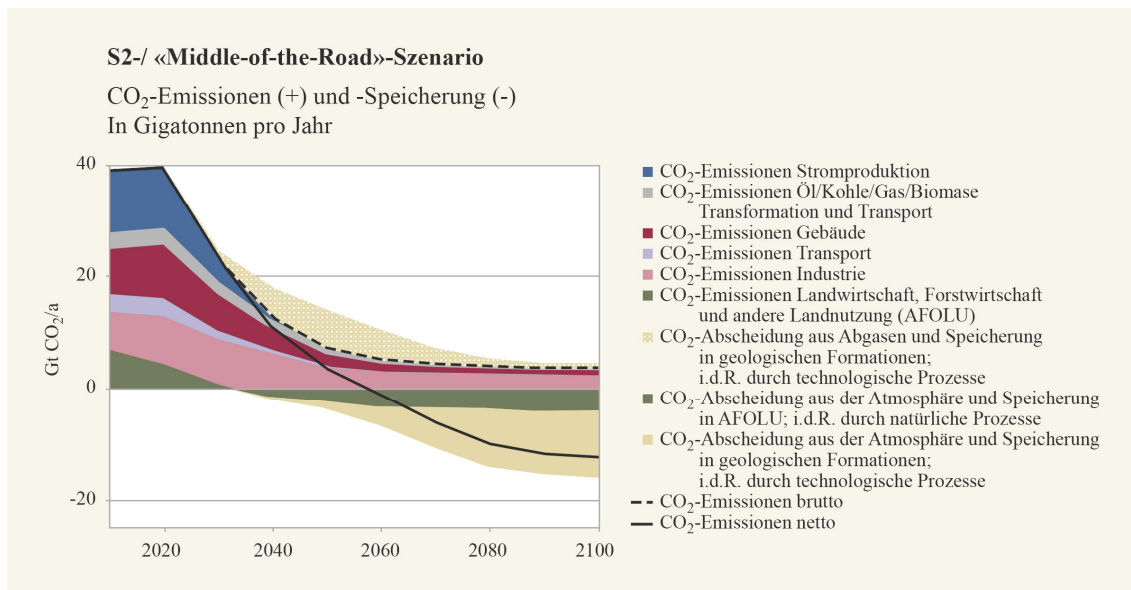


Abbildung 1: CO₂-Absenkpfad S2-Szenario (vgl. IPCC, 2018a, S. 113)

Für den Gebäudebereich bedeutet dieses Szenario – mit Referenzjahr 2020 und CO₂-Emissionen von rund 8 Gt/a – eine CO₂-Reduktion um rund 75% bis 2050 und eine CO₂-Reduktion um rund 87.5% bis 2100 (IPCC, 2018a, S. 117). Eine Netto-Null-Absenkung ist für die Gebäude nicht vorgesehen (Lucon et al., 2014, S. 714). Dazu bedarf es einer inter-sektoralen Betrachtung mit Kohlenstoff-Abscheidung und Speicherung.

Für den Schweizer Gebäudepark formuliert unter anderem der Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein (SIA) im Merkblatt 2040 (2016a, S. 26–28) aktuell gebräuchliche CO₂-Reduktionszielwerte. Die Zielwerte des Merkblatts stützten sich auf das Bilanzierungskonzept 2000-Watt-Gesellschaft (Bandli et al., 2014, S. 1). Diese wiederum stützen sich auf Bébié et al. (2009, S. 10). Die damals formulierte Zielgrösse, 1 Tonne CO₂-Emissionen pro Person und Jahr im Jahr 2100, ist im Vergleich zu der heutigen Zielgrösse, minus 1.5 Tonnen CO₂-Emissionen pro Person und Jahr im Jahr 2100 (S2-Szenario, IPCC, 2018a, 111, 117), noch deutlich höher.

Inwiefern sich die international ambitionierten Zielwerte auf dem klimapolitischen Diskurs in der Schweiz, insbesondere auf die Festlegung der CO₂-Grenzwerte im Gebäudebereich und auf die CO₂-Abgaben auf Brennstoffe auswirken werden, ist noch offen. Auch offen ist, wie der SIA die ambitionierten Zielwerte implementieren wird. Fest steht: Um das 1.5 Grad Celsius Ziel zu erreichen, braucht es drastische CO₂-Emissionsreduktionen in allen Wirtschaftssektoren sowie in den Haushalten.

1.4 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit ist in sechs Kapitel unterteilt. Im einleitenden Kapitel wird Bezug zum aktuellen klimapolitischen Diskurs in der Schweiz genommen und dessen Bedeutung für das Immobilienmanagement aufgezeigt. Ferner wird das Thema im internationalen, wissenschaftlichen Kontext verankert.

Im zweiten Kapitel werden die Forschungsfragen sowie der Untersuchungsgegenstand respektive das Untersuchungsgebiet beschrieben und das Thema anhand theoretischer Grundlagen eingeordnet und abgegrenzt.

In Kapitel drei werden die methodischen Grundlagen erläutert und das verwendete Modell sowie die Modellannahmen dargelegt. Weiter werden die in der Arbeit verwendeten Datengrundlagen beschrieben.

Im vierten Kapitel werden die Resultate einzeln und in aggregierter Form präsentiert und Bezug auf die Forschungsfragen genommen. Dabei werden die Resultate sachlich und unkommentiert dargestellt.

Das Kapitel fünf stellt anhand von drei Diskussionspunkten die Resultate den zentralen Fragestellungen des Immobilienmanagements, dem klimapolitischen Diskurs in der Schweiz und den internationalen, wissenschaftlichen Studien gegenüber. Weiter werden das Modell, die Modellannahmen sowie die Datengrundlagen kritisch hinterfragt und Sensitivitäten aufgezeigt.

Im abschliessenden Kapitel wird die aus den Resultaten und den Diskussionspunkten gewonnene Erkenntnis in aggregierter Form aufbereitet und es werden Hinweise für Forschungsschwerpunkte gegeben.

2. Forschungsfragen, Untersuchungsgebiet und theoretische Grundlagen

2.1 Forschungsfragen

Das übergeordnete Ziel der Arbeit besteht darin, anhand eines Fallbeispiels, eines institutionellen Immobilienportfolios, konkret aufzuzeigen, was die Umsetzung einer klimapolitischen Zielsetzung hinsichtlich einer CO₂-Emissionsreduktion kostet und wie diese Kosten im volkswirtschaftlichen und internationalen Kontext zu beurteilen sind.

Dazu wird folgender, übergeordneter Fragestellung nachgegangen: Wie hoch ist der zusätzliche Finanzbedarf für die Umsetzung eines CO₂-Absenkpades bis 2050 für ein institutionelles Immobilienportfolio und wie ist der Absenkpfad volkswirtschaftlich und klimapolitisch einzuordnen?

Die übergeordnete Fragestellung wird anhand von vier konkreten Forschungsfragen adressiert und beantwortet:

Q1: Wie hoch ist der Finanzbedarf für die Erneuerung (Instandsetzungskosten, Investitionen), den Unterhalt (Instandhaltungskosten) und den Betrieb (Energiekosten) des Immobilienportfolios im Referenzszenario bis 2050?

Q2: Wie hoch ist der Finanzbedarf für die Erneuerung (Instandsetzungskosten, Investitionen), den Unterhalt (Instandhaltungskosten) und den Betrieb (Energiekosten) des Immobilienportfolios in drei verschiedenen Entwicklungsszenarien bis 2050?

Q3: Wie hoch sind die vermiedenen CO₂-Emissionen und die spezifischen CO₂-Vermeidungskosten des Immobilienportfolios durch die verschiedenen Entwicklungsszenarien im Vergleich zum Referenzszenario bis 2050?

Q4: Wie sind die CO₂-Vermeidungskosten des institutionellen Immobilienportfolios im volkswirtschaftlichen Kontext und internationalen Vergleich einzuordnen und wo liegen die Hürden der Umsetzung einer klimapolitischen Zielsetzung?

2.2 Untersuchungsgebiet und Abgrenzung

2.2.1 Örtlich: Untersuchungsgegenstand

Zur Beantwortung der Forschungsfragen stützt sich die Arbeit auf Daten eines Immobilien-Anlageportfolios eines institutionellen Anlegers in der Schweiz. In Tabelle 1 werden die wichtigsten Portfolioeigenschaften und -Kennzahlen hinsichtlich Anlage, Portfolio, Bewertung, Wirtschaftlichkeit, Rendite, Energie und Klima zusammengefasst. Mit knapp 160 Wirtschaftseinheiten und einer Portfoliobewertung von knapp 1.5 Mrd. CHF reiht sich der Eigentümer bei den grösseren Schweizer Immobiliendirektinvestoren ein (IPE Real Assets, 2020, S. 46–51). Der Schweizer Immobilien-Bestandmarkt wird im Vergleich mit über 4'000 Mrd. CHF bewertet und weist ein Transaktionsvolumen von rund 85 Mrd. CHF/a aus (Hasenmaile, 2019, S. 13).

Tabelle 1: Charakterisierung des Immobilienportfolios

Charakteristika	Ausprägung
Anlage Anlagekategorie Immobilienmanagement Investmentstil	Direkte Immobilienanlagen CH Intern durch 100-prozentige Tochtergesellschaft Core/Core+ open-end
Portfolio Anzahl Wirtschaftseinheiten ^{A)} Gebäudeversicherungswert Nutzung ^{B)} Flächen Gebäudealter ^{C)}	157 (161) in 3 Teilportfolios 944 Mio. CHF 80.5% Wohnen; 19.5% Büro/Gewerbe 248'950 m ² _{HNF} ; 314'929 m ² _{EBF} 1965 (1939; 1980)
Bewertung, Wirtschaftlichkeit, Rendite Portfoliobewertung ^{D)} Diskontierungszinssatz ^{C)} Marktmiete ^{E)} Sollmiete Jahr ^{E)} Ausfälle Leerstand ^{E)} Istmiete ^{E)} Betriebskosten ^{E)} IHK (Unterhalt) ^{E)} ISK (Capex) ^{E)} Netto-Cash-Flow ^{E)} Bruttorendite ^{E)} Nettorendite ^{E)}	1.46 Mrd. CHF 4.30% (4.10%; 4.40%) 70.5 Mio. CHF/a (104.7%) 67.3 Mio. CHF/a (100%) 2.31 Mio. CHF/a (3.35%) 65.0 Mio. CHF/a (96.6%) 6.56 Mio. CHF/a (9.74%) 4.38 Mio. CHF/a (6.51%) 13.0 Mio. CHF/a (19.2%) ^{F)} 41.1 Mio. CHF/a (61.1%) 4.62% 2.83%
Energie und Klima Endenergieverbrauch ^{G)} Energieträger Wärme ^{G)} CO ₂ -Emissionen ^{G)}	106 kWh/m ² _{EBF} *a 46.5% Erdöl, 44.9% Erdgas; 8.6% Fernwärme/andere 25.8 kgCO ₂ /m ² _{EBF} *a

Hinweis: Abkürzungen: IHK: Instandhaltungskosten, ISK: Instandsetzungskosten; ^{A)}per 01.05.2020, nicht berücksichtigt werden drei Akquisitionen und ein Verkauf; eine Wirtschaftseinheit besteht aus einem oder mehreren Objekten; ^{B)}Flächengewichtet mit Hauptnutzungsfläche; ^{C)}Median, in Klammer 25. und 75. Perzentil; ^{D)}DCF-Bewertung per 31.12.2019, zweiphasig, erste Phase zehn Jahre, nominale Diskontierungszinssätze in der ersten Phase, realer Exit Cap Rate; ^{E)}Cash-Flow im Jahr eins, in Klammer prozentualer Anteil an der Sollmiete; ^{F)}15.2 Mio. CHF im Mittelwert gemäss Auswertung Erneuerungsplanung; ^{G)}Mittelwerte Energieverbrauchserhebung 2015 – 2017

Die Wirtschaftseinheiten sind in folgenden regionalen Immobilienmärkte der Schweiz vertreten (Abbildung 2): Kanton Zürich (30.7%), Region Mitte (28.0%, Kantone Aargau, Appenzell Ausserrhoden, Basel-Landschaft, Basel-Stadt, Bern, Luzern, Solothurn und Uri), Region Ost (15.3%, Kantone St. Gallen und Thurgau), Region West (14.3%, Kantone Freiburg, Genf, Neuenburg und Waadt), Stadt Zürich (10.4%) und Region Süd (1.2%, Kanton Graubünden) (Einteilung gemäss Eigentümer, A. Anonymus, 2020a).

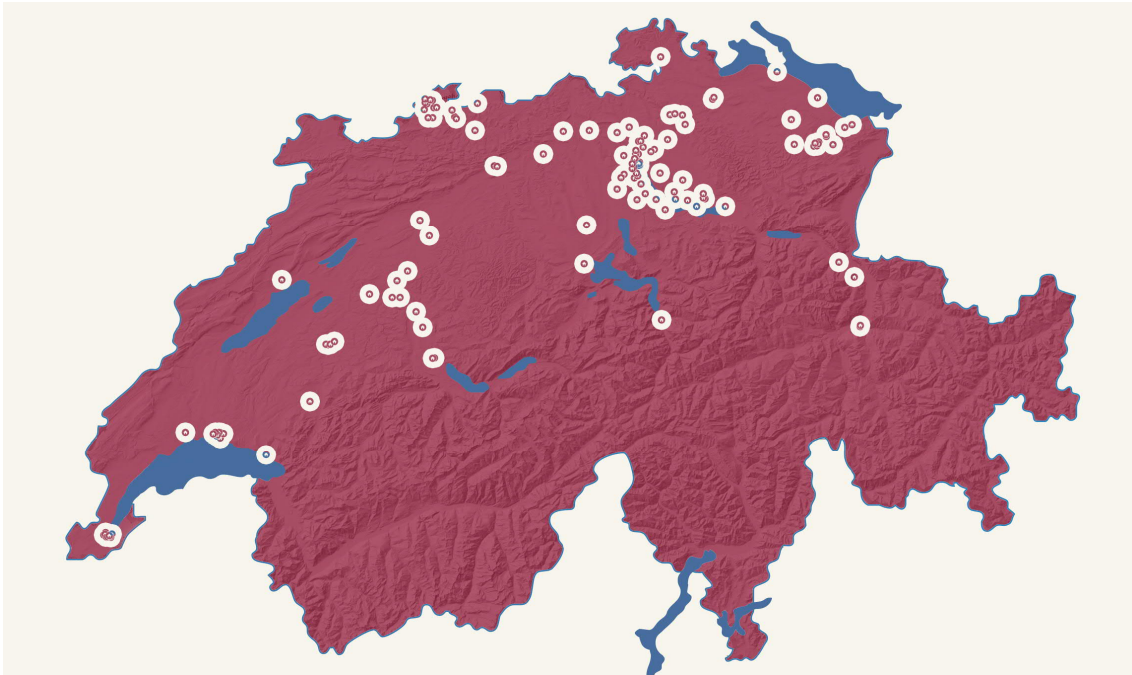


Abbildung 2: Räumliche Verteilung Immobilienportfolio (Grundkarte: swisstopo)

2.2.2 Zeitlich: Untersuchungszeitraum

Die zeitliche Einordnung der Arbeit liegt zwischen 2015 und 2050. Die Portfoliobewertungsdaten stammen aus dem Jahr 2019, die Erneuerungsplanung aus 2020. Die Energie- und Klimadaten stammen aus den Jahren 2015 bis 2017. Als Basisjahr wird 2015 definiert. Die langfristigen CO₂-Reduktionsziele liegen im Jahr 2050. Kosten-, Energie- und Klimakennwerte werden für die Jahre 2020, 2025, 2030, 2035, 2040, 2045 und 2050 modelliert.

2.2.3 Systemisch: Kosten

Modelliert werden Investitionskosten (Instandsetzungskosten, Erneuerungskosten), Unterhaltskosten (Instandhaltungskosten) und Betriebskosten (Energiekosten) von energetisch relevanten Bauteilen (Tabelle 2). Als Basis für die Bauteilgliederung dient die Finanz- und Erneuerungsplanung (FEP) des Eigentümers (B. Anonymus, 2020c). Die Elementnummern der Schweizerischen Zentralstelle für Baurationalisierung (CRB, 2012a) präzisieren die Bauteile aus Sicht der Bauplanung.

Tabelle 2: Charakterisierung der energetisch relevanten Bauteile

Bauteil FEP	Präzisierung	CRB (2012a) Element-Nr.
Wärmeerzeugung	Heizung, Warmwasserboiler, solare Wassererw.	D 5.1, D 5.2
Gebäudehülle		
Fenster/Aussentüren/Tore	Türen, Fenster vertikal und horizontal	E 3.1, E 3.2
Steildach	Dach gegen aussen	F 1.3
Flachdach	Dach gegen aussen	F 1.2
Fassade	Wand gegen aussen/unbeheizt	E 1.2, E 2.2
Ausbau Substanz	Kellerdecke, Estrichboden, Wand gegen Erdreich	G 2.2, G 4, G 3.2
Gebäudetechnik		
Übrige Gebäudetechnik	Gebäudeautomation Managementebene	D 2.1
Lüftung/Klima/Kälte	Lüftungsanlage	D 7

Hinweis: Abkürzungen: FEP: Finanz- und Erneuerungsplanung, Wassererw.: Wassererwärmung

Nicht modelliert werden Kosten bezüglich den FEP-Bauteilen Wärmeverteilung, Elektro, Sanitär, Innenausbau Küche, Innenausbau Bad/WC, Läden/Sonnenschutz und Lifte/Hebebühnen. Diese können zwar eine energetische Komponente aufweisen, jedoch ist deren Energie- und CO₂-Reduktionspotenzial im Vergleich zu den gelisteten FEP-Bauteilen (Tabelle 2) wesentlich kleiner (Pichler, 2010, S. 64–66). Auch nicht modelliert werden Kosten von Erweiterungen oder Ersatzneubauten. Die nicht modellierten Kosten werden als statisch angenommen und für vergleichende Analysen ausgewiesen.

Innerhalb der Betriebskosten werden ausschliesslich die Energiekosten berücksichtigt. Nicht modelliert werden weitere Betriebskosten für Hauswartung, Verwaltung, Versicherung und weitere. Für vergleichende Analysen werden die nicht modellierten Betriebskosten als statisch angenommen und ausgewiesen. Eine detaillierte, systemische Abgrenzung mit Begriffsdefinitionen wird in Kapitel 2.3.3 vorgenommen.

2.2.4 Systemisch: Energie/Klima

Die Bilanzierung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen erfolgt nach den Normen, Merkblättern und Regeln des SIA (SIA Norm 380, 2015a; SIA Merkblatt 2031, 2016a; SIA Merkblatt 2032, 2010; SIA Merkblatt 2040, 2017), des Europäischen Komitees für Normung CEN (Norm EN ISO 52000, 2017) sowie der Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB (2016). Zur Information werden Angaben zur «Scope 1»- bis «Scope 3»-Einteilung nach dem «Greenhouse Gas Protocol» (GHGP gemäss WBCSD, 2004) gemacht. Dieses Protokoll bildet die Grundlage für internationale Reporting-Standards wie dem «Global Real Estate Sustainability Benchmark» (GRESB), der «Global Reporting Initiative» (GRI), dem «Carbon Disclosure Project» (CDP) oder dem «European Public Real Estate Association Sustainability Reporting» (EPRA).

Abbildung 3 zeigt eine abstrahierte, grafische Übersicht über die bilanzierten Energiegrößen und die daraus resultierenden CO₂-Emissionen. Erfasst werden Endenergien für Raumheizung (SIA: E_H, CEN: M3), Warmwasser (SIA: E_W, CEN: M8), Raumkühlung/Entfeuchtung/Befeuchtung (SIA: E_C, E_{hu}, CEN: M4, M6, M7), Lüftung/Klimatisierung (SIA: E_{VCH}, CEN: M5) und Gebäudetechnik (SIA: E_T, E_{Tr}, E_{oT}, CEN: M10). Nicht erfasst werden nutzer- respektive mieterseitige Endenergie für Geräte (SIA E_A, CEN: E_{nE-Pus,el,t}), Beleuchtung (SIA: E_L, CEN: M9) und Betriebseinrichtungen/Prozessanlagen (SIA: E_{Pr}, CEN: E_{nEPus,el,t}). Da der gebäude- beziehungsweise eigentümerseitige Stromverbrauch im Verhältnis zum mieterseitigen Stromverbrauch wesentlich geringer ausfällt (SIA Merkblatt 2024, 2015b, S. 31, 41), wird in der vorliegenden Arbeit der Stromverbrauch nur pro memoria (p.m.), das heisst mit Hinweischarakter geführt. Die erfassten Endenergiegrößen werden unter der Abkürzung E_O, «Operation» zusammengefasst.

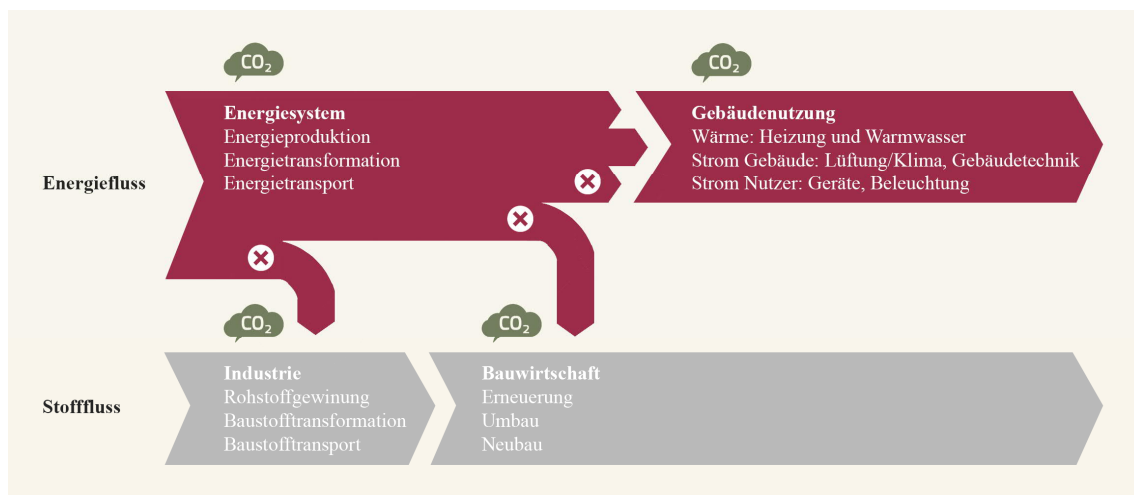


Abbildung 3: Schematische Darstellung Systemgrenze aus Sicht Energie und Klima

Die Berechnung der CO₂-Emissionen erfolgt durch die Multiplikation der Endenergie mit den entsprechenden, spezifischen Treibhausgasemissionskoeffizienten (THGK) gemäss SIA Norm 380 (2015a, Anhang C, S. 39-40). Dabei können folgende CO₂-Emissionen unterschieden werden:

- Direkt bei der Liegenschaft entstandene Emissionen («GHGP Scope 1»), zum Beispiel durch die Verbrennung von Erdöl oder Erdgas;
- Emissionen, die durch die Bereitstellung der Endenergie nicht bei der Liegenschaft entstanden sind («GHGB Scope 2»), zum Beispiel von Strom und Fernwärme;
- Emissionen, die durch den «Energie Supply Chain» entstanden sind, zum Beispiel durch Exploration, Extraktion, Raffination und Transport von Erdöl und Erdgas («GHPG Scope 3.3», «Graue CO₂-Emissionen» des Energiesektors).

In dieser Arbeit werden die sogenannten «Grauen CO₂-Emissionen» der Industrie und der Bauwirtschaft für die Baustoffbereitstellung sowie für Bau- und Rückbauprozesse nicht berücksichtigt (SIA Merkblatt 2032, 2010). Auch nicht berücksichtigt werden die durch ein Gebäude induzierte Mobilität und deren CO₂-Emissionen (SIA Merkblatt 2039, 2016b).

2.3 Theoretische Grundlagen

2.3.1 Unterschiedliche Sichtweisen

Technologische und gesamtwirtschaftliche Sichtweisen

Müller & Scheuchzer (2012, S. 18–22) unterscheiden zwei Sichtweisen zur Quantifizierung der Kosten eines CO₂-Absenkpades beziehungsweise zur Erhebung der CO₂-Vermeidungskosten. Zum einen die gesamtwirtschaftliche Sichtweise: Hier werden mit sektoralen, respektive gesamtwirtschaftlichen Modellen die Vermeidungskosten eines Sektors oder einer gesamten Volkswirtschaft modelliert. Dabei können das Marktverhalten, Externalitäten und Marktversagen berücksichtigt und ein gesamtwirtschaftliches Optimum abgebildet werden. Zum anderen die technologische Sichtweise: Hier werden (aggregierte) Einzelmassnahmen zur CO₂-Reduktion bewertet und unter Berücksichtigung der Investitionskosten sowie der Unterhalts- und Energiekostenreduktionen die CO₂-Vermeidungskosten berechnet. Die technologischen CO₂-Vermeidungskosten berücksichtigen in der Regel folgende Aspekte nur ungenügend:

- Präferenzen der Investoren: In der Regel wird mit einem einheitlichen, generischen anstelle eines spezifischen, variablen Diskontsatzes gerechnet;
- Annahmen bezüglich Nutzungsdauer der Investition: In der Regel wird mit Standardwerten anstelle effektiver Werte gerechnet;
- Annahmen bezüglich Energiepreisentwicklung: In der Regel wird nur ein Szenario anstelle verschiedener Szenarien betrachtet;
- Annahmen bezüglich Referenzentwicklung und Investitionskosten: In der Regel wird mit Standard-Massnahmen und generischen Kosten-Kennwerten anstelle der effektiven Erneuerungs- und Investitionsplanung gerechnet;
- Keine Berücksichtigung der volkswirtschaftlichen Grenzkosten und -nutzen;
- Keine Berücksichtigung der Rebound-Effekte;
- Keine Berücksichtigung des Optionswerts des Wartens;
- Keine Berücksichtigung der Externalitäten.

Wissenschaftliche Einordnung dieser Arbeit

Diese Arbeit beschäftigt sich mit den technologischen CO₂-Vermeidungskosten. Sie soll darüber hinaus einen Beitrag leisten, einige der genannten Aspekte zu berücksichtigen: Das heisst, dass in dieser Arbeit die Berechnung von CO₂-Vermeidungskosten unter Berücksichtigung von objektspezifischen Diskontierungszinssätzen, von der effektiven Nutzungsdauer der Bauteile, von mehreren Energiepreisszenarien und von einer spezifischen Erneuerungs- und Investitionsplanung eines Immobilienportfolios durchgeführt wird. Nicht berücksichtigt werden volkswirtschaftliche Grenzkosten und -nutzen, Rebound-Effekte, Optionswerte und Externalitäten. So können aus technologischer, nicht aber aus volkswirtschaftlicher Sicht, kosteneffiziente CO₂-Reduktionspotenziale aufgezeigt werden. Diese Sichtweise soll ein Beitrag zum klimapolitischen Diskurs leisten.

2.3.2 Unterschiedliche Massnahmen

Energetische, strukturelle und konzeptionelle Massnahmen

Pichler (2010, S. 10–11) unterscheidet drei Kategorien von Erneuerungsmassnahmen: Energetische Erneuerungsmassnahmen, strukturelle Erneuerungsmassnahmen und konzeptionelle Erneuerungsmassnahmen. Konzeptionelle Erneuerungsmassnahmen dienen der ertrags- und wertoptimierten Positionierung der Immobilie am Markt. Dabei geht es um die nutzungsabhängige Optimierung des Flächenangebotes. Strukturelle Erneuerungsmassnahmen dienen dem Ersatz von Bauteilen am Ende der Nutzungsdauer. Energetische Erneuerungsmassnahmen dienen der Steigerung der Energieeffizienz und Erhöhung des Anteils an erneuerbaren Energieträgern. Darunter fallen der Ersatz des Wärmeerzeugers, Dämmung der Gebäudehülle sowie energetische Massnahmen an der Gebäudetechnik. Ein Erneuerungsprojekt ist dann ökonomisch sinnvoll, wenn die Erneuerungsmassnahme(n) allen drei Kategorien zugeordnet werden können. Sie erhöhen die Energieeffizienz, erhöhen den Anteil an erneuerbaren Energieträgern, ersetzen «end-of-life»-Bauteile und erhalten oder erhöhen die Netto-Cash-Flow- sowie die Wertänderungsrendite.

Wissenschaftliche Einordnung dieser Arbeit

Der Fokus bei der Modellierung eines CO₂-Absenkpades sowie bei der Berechnung von CO₂-Vermeidungskosten liegt auf den energetischen Erneuerungsmassnahmen (A. Müller & Scheuchzer, 2012, S. 104–142). Nur diese leisten einen direkten Beitrag, CO₂-Emissionen im Betrieb zu senken. Dennoch ist es aus ökonomischer Sicht essenziell, bei der Festlegung energetischer Erneuerungsmassnahmen auch die strukturelle und konzeptionelle Erneuerungsplanung zu berücksichtigen.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit den Kosten von energetischen Erneuerungsmassnahmen und den daraus resultierenden Unterhalts- und Energiekosteneinsparungen. Dabei wird die strukturelle Erneuerungsplanung berücksichtigt. Hingegen nicht berücksichtigt bei der Festlegung der energetischen Erneuerungsmassnahmen wird die konzeptionelle Erneuerungsplanung zur Ertrags- und Wertoptimierung der Immobilie. So werden auch Ersatzneubauten nicht als mögliche Massnahmen berücksichtigt. Zur Illustration: Aus energetischer Sicht wird die Dämmung des Dachstuhls als optimale Erneuerungsmassnahme festgelegt, modelliert und entsprechend die mutmasslichen Kosten und CO₂-Reduktionen berechnet. Aus konzeptioneller, ökonomischer Sicht hätte sich aber gegebenenfalls ein Ausbau zu einem Attika-Geschoss als optimale Erneuerungs-, respektive Erweiterungsmassnahme herausgestellt. So resultieren, je nach Definition des Referenzfalles, unterschiedliche CO₂-Vermeidungskosten.

2.3.3 Unterschiedliche Kosten

Kostenplanung in der Bauplanung

In der Bauplanung erfolgt die Kostenplanung beziehungsweise Kostenermittlung in der Schweizer Bauwirtschaft nach den Normen und Standards der Schweizerischen Zentralstelle für Baurationalisierung (Proyer, 2015, S. 20–25). Als Basis dienen unterschiedliche Kostengliederungsstrukturen: «Baukostenplan BKP» (CRB, 2017), «Baukostenplan Hochbau eBKP-H» (CRB, 2012a), «Normpositionen-Kataloge NPK» (CRB, 2020) oder «Elementkostengliederung EKG» (CRB, 1995). Über funktionale Einheiten wie Flächen und Volumen gemäss SIA Norm 416 (2003) und Baukostenkennwerten, unter anderem aus dem «Objektarten-Katalog OAK» (CRB, 2012b), werden die Kosten gemäss der Kostengliederungsstruktur ausgewiesen. Dies geschieht phasengerecht mit unterschiedlicher Genauigkeit. In der strategischen Planung nach SIA Norm 112 (2014) kann der Finanzbedarf anhand von eBKP-H-Hauptgruppen und den dazugehörigen Kostenkennwerten geschätzt werden.

Kostenplanung in der strategischen Erneuerungsplanung

In der strategischen Erneuerungsplanung weicht die Kostenermittlung von der Kostenplanung nach CRB ab (Pichler, 2010, S. 105–107). Die Kostenschätzungen für Erneuerungsmassnahmen basieren in der Regel auf einer definierten Kostengliederung nach Bauteilen und entsprechend hinterlegten Alterungskurven. Ausgehend vom Bauteil-Neuwert, in der Regel abgeleitet vom Gebäudeversicherungswert, dem Bauteilalter und der entsprechenden Alterungskurve kann der Wertverlust und somit die notwendigen Instandsetzungskosten eruiert werden.

Kostenplanung im Betrieb

Auch für die Betriebsphase einer Liegenschaft existieren unterschiedliche Kostengliederungsstrukturen (IFMA Schweiz, 2016, S. 6–9). Dabei werden Betriebs-, Unterhalts-, Instandhaltungs-, Bewirtschaftungs- und Nutzungskosten unterschiedlich definiert. Der Gesetzgeber definiert in Art. 256 Abs. 1, Art 257a Abs 1 und Art. 259 OR die Unterhalts- und Nebenkosten. Aus Eigentümer-, respektive Investorensicht ist dabei die Abgrenzung von Eigentümerkosten und Nebenkosten zentral (SIA, 2000, S. 26). Aus Bewirtschaftungssicht stehen die Leistungen des Facility Managements bei der Kostengliederung im Vordergrund (IFMA Schweiz, 2016, S. 7).

Begriffsdefinitionen dieser Arbeit: Investitions-, Unterhalts- und Betriebskosten

In der vorliegenden Arbeit wird die Sicht des Eigentümers eingenommen und in Anlehnung an CRB (2011, S. 20) folgende drei Kostenarten unterschieden und definiert:

Investitionskosten K_I , «Investment», Investition: Kosten zur Wiederherstellung des Soll-Zustandes der Liegenschaft. Es handelt sich um grössere, aperiodische Kosten für die Erneuerung der Tragkonstruktion, den Ersatz der Gebäudehülle und der technischen Anlagen. Diese Kosten entsprechen den «Baukosten» nach CRB (SIA, 2000, S. 19), den «Instandsetzungskosten» und «Erneuerungskosten» nach der SIA Norm 469 (1997, S. 14–15), den «Instandsetzungskosten» gemäss Finanz- und Erneuerungsplanung (B. Anonymus, 2020b, S. 4), und den «Capex» gemäss Immobilienbewertung (C. Anonymus, 2019, S. 8).

Unterhaltskosten K_M , «Maintenance», Unterhalt: Kosten zur Bewahrung der Gebrauchstauglichkeit der Liegenschaft. Dabei werden Unterhaltskosten, welche die Mietpartei zu tragen hat, nicht berücksichtigt. Es handelt sich um kleinere, periodische Kosten für Reparaturen an Tragkonstruktion und Gebäudehülle sowie Wartung und Optimierung der technischen Anlagen. Diese Kosten entsprechen den «Instandhaltungskosten» nach SIA Norm 469 (1997, S. 14–15), den «Instandhaltungskosten» gemäss Erneuerungsplanung (B. Anonymus, 2020c, S. 2) und dem «Unterhalt Allgemein» und dem «Unterhalt Mietobjekt» gemäss Immobilienbewertung (C. Anonymus, 2019, S. 8).

Betriebskosten K_O , «Operation», Betrieb: Kosten, die durch den bestimmungsgemässen Gebrauch einer Liegenschaft entstehen. Dabei werden Nebenkosten, die auf die Mietpartei umgelegt werden können, separat ausgewiesen. Es handelt sich unter anderem um periodische Kosten für Hauswartung, Reinigung, Heizung und Verwaltung. Diese Kosten entsprechen den «Betriebskosten» nach SIA Norm 469 (1997, S. 21–26), den «Betriebskosten ohne Instandhaltungskosten» nach CRB (2011, S. 28) und den «Betriebskosten» gemäss Immobilienbewertung (C. Anonymus, 2019, S. 8).

2.3.4 CO₂-Vermeidungskosten: eine Literaturübersicht

Studien aus der Schweiz

Vor dem Hintergrund der globalen Herausforderungen rund um den anthropogen verursachten Klimawandel sind in den letzten Jahren und Jahrzehnten zahlreiche Studien zu CO₂-Vermeidungskosten im Gebäudebereich publiziert worden.

In der Schweiz umfassen diese Jakob et al. (2002), Jakob et al. (2010), Ott et al. (2011), A. Müller und Scheuchzer (2012) oder Jorio (2019). Sie verfolgen einen technologischen Ansatz zur Berechnung der CO₂-Vermeidungskosten mit Fokus auf energetische Erneuerungsmassnahmen. Investitions-, Unterhalts- und Betriebskosten werden unterschiedlich definiert. Die CO₂-Vermeidungskosten liegen zwischen CHF 140 und CHF 372 pro Tonne CO₂ (Jakob et al., 2010, S. 158; A. Müller & Scheuchzer, 2012, S. 77–81; Ott et al., 2011, S. 31). Auch privatwirtschaftliche Initiativen setzen sich stark mit der Thematik auseinander, unter anderem die McKinsey&Company (2007, 2009, 2010). Diese Studien haben in der Regel einen gesamtwirtschaftlichen und intersektoralen Fokus. Aus Sicht der strategischen Erneuerungsplanung unter Berücksichtigung der energetischen Erneuerungsmassnahmen haben Pichler (2010) und Proyer (2015) wertvolle Modelle erarbeitet.

Europäische und internationale Studien

Tabelle 3 gibt eine Übersicht über weitere, europäische und internationale Studien in diesem Bereich. Die Studien fokussieren auf einen oder mehrere Sektoren und bilden Einzelmassnahmen, ein Bündel von Massnahmen oder gesamtwirtschaftliche Zusammenhänge ab. Kostenseitig werden grösstenteils Investitions-, Unterhalts- und Betriebskosten unterschieden. Aufgrund der unterschiedlichen Modelle mit unterschiedlichen Systemgrenzen, Definitionen und Annahmen betreffend Referenz-, Zins-, und Energiepreisentwicklung sind CO₂-Vermeidungskosten nicht vergleichbar. Sie sind daher immer in einem spezifischen Kontext zu betrachten und zu beurteilen.

Fresco-Contreras (2016, Spanien), Jung und Park (2017, Korea), Promjiraprawat et al. (2014, Thailand), Subramanyam et al. (2017, Kanada), White und Niemeier (2019, Kalifornien) und Xiao et al. (2014, China) fokussieren sich dabei ausschliesslich auf den Gebäudesektor und modellieren Investitions-, Unterhalts- und Betriebskosten sowie CO₂-Vermeidungskosten einzelner, energetisch relevanter Erneuerungsmassnahmen (technologische Sichtweise). Darunter fallen Massnahmen bezüglich der Wärmeerzeugung, Gebäudehülle und -Technik. Die einzelnen Massnahmen sind dabei unterschiedlich definiert und aggregiert. Während White und Niemeier (2019, S. 19) 8 unterschiedliche Gebäudetypen modellieren, untersuchten Xiao et al. (2014, S. 101) die Auswirkungen von 34

energetischen Erneuerungsmassnahmen über LED-Leuchtmittel bis hin zu solarthermischer Unterstützung für die Warmwassererzeugung. Die CO₂-Vermeidungskosten variieren zum Beispiel beim Fensterersatz zwischen 1'613 Euro/tCO₂ (Fresco-Contreras, 2016, S. 1643), 576 US Dollar/tCO₂ (Subramanyam et al., 2017, S. 803) und 35.1 US Dollar/tCO₂ (Xiao et al., 2014, S. 101). Die Werte sind auch hier nicht vergleichbar, weil die Referenzmassnahmen unterschiedlich definiert sind und zum Teil nicht ausgewiesen werden.

Chiodi et al. (2013, Irland), IIASA (2009a, Annex I und Asien), Sotiriou et al. (2019, Zypern) und Wetzelaer et al. (2007, Non-Annex I) bilden in sektoralen Modellen CO₂-Vermeidungskosten ab (gesamtwirtschaftliche Sichtweise). Dabei sind die Sektoren unterschiedlich definiert, können aber grundsätzlich in Energieversorgungs- und Energienachfrageseite unterteilt werden. Der Gebäudesektor weist in allen Studien ein hohes CO₂-Reduktionspotenzial aus (Chiodi et al., 2013, S. 1444; Sotiriou et al., 2019, S. 524; Wetzelaer et al., 2007, S. 56). Die entsprechenden CO₂-Vermeidungskosten liegen zwischen 213 Euro/tCO₂ (Chiodi et al., 2013, S. 1438) und 4 US Dollar/tCO₂ (Wetzelaer et al., 2007, S. 56). Unter Berücksichtigung der externen Kosten von CO₂-Emissionen weist Sotiriou et al. (2019, S. 526) stark negative CO₂-Vermeidungskosten aus. Auch hier sind die Werte nicht vergleichbar.

Tabelle 3: Literaturübersicht CO₂-Vermeidungskosten mit Charakterisierung

Studie (Auswahl)	Gebiet	Sektor(en)	Modell	K _I Investition	K _M Unterhalt	K _O Betrieb
Chiodi et al. (2013)	Irland	Energie ¹⁾ , Gebäude, Transport, weitere	Gesamtwirt- schaftlich	X	X	X
Fresco-Contreras (2016)	Spanien	Gebäude	Technolo- gisch	X	X	X
IIASA (2009a, 2009b)	Annex I Asien	Energie ¹⁾ , Gebäude, Transport, weitere	Gesamtwirt- schaftlich	X		
Jung und Park (2017)	Korea	Gebäude	Technolo- gisch	X	X	X
Promjiraprawat et al. (2014)	Thailand	Gebäude	Technolo- gisch	X	X	X
Sotiriou et al. (2019)	Zypern	Gebäude, Industrie, Transport, weitere	Technolo- gisch und gesamtwirt- schaftlich	X	X	X
Subramanyam et al. (2017)	Kanada	Gebäude	Technolo- gisch und gesamtwirt- schaftlich	X	X	X
Wetzelaer et al. (2007)	Non-Annex I	Gebäude, Landwirt- schaft, Transport, weitere	Gesamtwirt- schaftlich	X		X
White und Niemeier (2019)	Kalifornien	Gebäude	Technolo- gisch und gesamtwirt- schaftlich	X		X
Xiao et al. (2014)	China	Gebäude	Technolo- gisch	X	X	X

Hinweis: Abkürzungen; K_I: Investitionskosten, K_M: Unterhaltskosten, K_O: Betriebskosten; ¹⁾Angebotsseitig, Energieproduktion, -transformation und -transport

3. Methoden und Datengrundlagen

3.1 Methodenübersicht

Zur Ermittlung des Finanzbedarfs der unterschiedlichen CO₂-Entwicklungsszenarien des institutionellen Immobilienportfolios wird ein Modell eingesetzt. Dieses basiert auf Microsoft Excel und hat unterschiedliche Funktionalitäten.

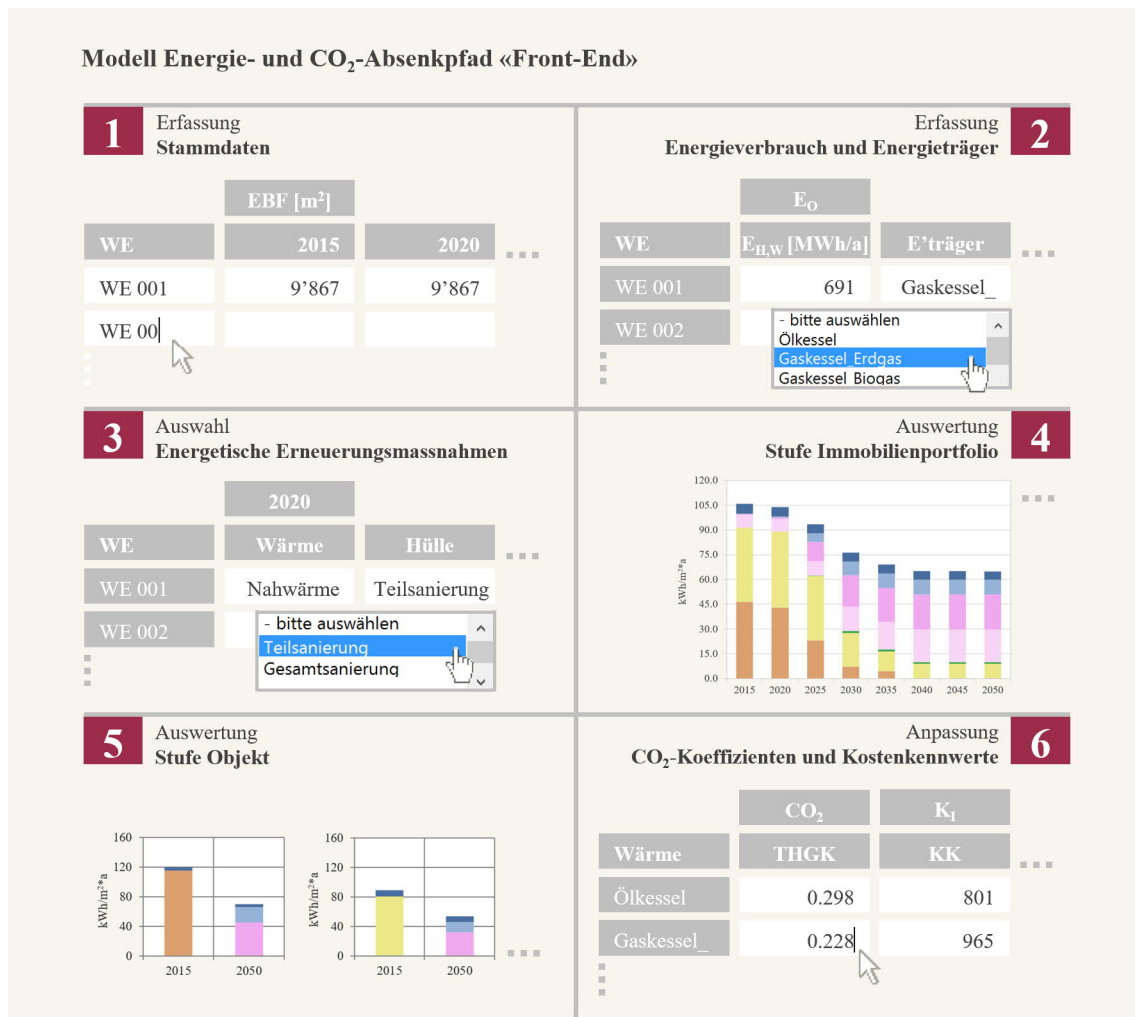


Abbildung 4: Schematische Darstellung Modell «Front-End» (vgl. Fritschi, 2017, S. 10)

Als Grundlage werden die Stammdaten des Immobilienportfolios objektscharf erfasst, darunter Flächen- und Verbrauchskennzahlen sowie die spezifischen Diskontierungszinssätze (1 und 2, Abbildung 4 und Anhang 1, Tabelle 11). Weiter werden die energetischen Erneuerungsmassnahmen für sämtliche Objekte definiert. Diese beziehen sich auf die Wärmeerzeugung, Gebäudehülle und -Technik und werden in Fünf-Jahres-Schritten bis 2050 erfasst (3, Abbildung 4 und Anhang 2, Tabelle 12). Den Erneuerungsmassnahmen liegen spezifische Treibhausgasemissionskoeffiziente (Wärmeerzeugung), Reduktionsfaktoren (Gebäudehülle und -Technik) und Kostenkennwerte zu Grunde (6, Abbildung 4,

Anhang 3 und Anhang 4, Tabelle 13 und Tabelle 14). Auf Grundlage des Ist-Zustandes sowie den definierten Erneuerungsmassnahmen ergibt sich der CO₂-Absenkpfad mit dem entsprechenden Finanzbedarf (4 und 5, Abbildung 4 und Kapitel 4). Der CO₂-Absenkpfad wird einem klimapolitisch gesetzten Ziel gegenübergestellt und die CO₂-Vermeidungskosten werden mit CO₂-Vermeidungskosten möglicher Handlungsalternativen verglichen (Kapitel 5).

Die Grundfunktionalitäten dieses Modells bezüglich Energie und CO₂ wurden vom Autor bereits in einer früheren Arbeit entwickelt (Fritschi, 2017) und in dieser Arbeit um den Kostenaspekt ergänzt.

Als ergänzende Methode wird Literaturrecherche und -Studium betrieben. Dies vor allem für die Beschreibung der Ausgangslage, der Problemstellung, der wissenschaftlichen Einordnung, der thematischen Abgrenzung sowie der theoretischen Grundlagen der Arbeit.

Im Folgenden werden die grundlegenden Modellannahmen beschrieben: Die Erneuerungsszenarien und -Massnahmen mit dem Referenzszenario, die Energiepreisszenarien, die Modellierung des Finanzbedarfs im spezifischen mit den mathematischen Grundlagen, Kostenkennzahlen und CO₂-Vermeidungskosten sowie die Modellierung der CO₂-Emissionen.

3.2 Erneuerungsszenarien und -Massnahmen

3.2.1 Referenzszenario «FEP-REF»

Um Unsicherheiten künftiger Entwicklungen besser zu erfassen, werden in dieser Arbeit unterschiedliche Entwicklungsszenarien abgebildet und modelliert. Mit Bezug auf die Erneuerung des Immobilienportfolios bis 2050 werden drei unterschiedliche Entwicklungsszenarien und ein Referenzszenario abgebildet.

Das Referenzszenario dient als Grundlage für die Berechnung der CO₂-Vermeidungskosten. Das Szenario bildet die Erneuerungsplanung ab, wie sie das Instrument des Eigentümers zur Finanz- und Erneuerungsplanung vorsieht. Dabei handelt es sich um eine generische Erneuerungsplanung, welche am Ende der Nutzungsdauer eines Bauteils einen Eins-zu-eins-Ersatz vorsieht. Diese Erneuerungsplanung und der daraus resultierende Finanzbedarf ist lediglich indikativ, da objekt- und marktspezifische Potenziale noch nicht abgebildet werden (siehe auch konzeptionelle Erneuerungsmassnahmen, Kapitel 2.3). Dennoch hat die Erneuerungsplanung eine hohe Relevanz, da sie aus strategischer Sicht die langfristige Finanzplanung abdeckt. Diese fliesst auch in die Bewertung der Objekte

und somit des Portfolios ein (C. Anonymus, 2019). Als energetischer Standard für die Erneuerung der Gebäudehülle wird das gesetzliche Minimum, MuKE 2014 (EnDK, 2015) angenommen. Diese Annahme weicht vom Grundsatz des Eins-zu-eins-Ersatzes der Gebäudehülle ab.

3.2.2 Entwicklungsszenario «BAU-Base»

Das «Business-as-Usual-Baseline»-Szenario lehnt sich stark an das Referenzszenario an. Die Erneuerungsplanung wird grundsätzlich vom FEP-REF-Szenario übernommen. Im Unterschied zum Referenzszenario werden aber Elektro-Heizungen ab sofort und Ölheizungen ab 2030 nicht mehr eins zu eins, sondern mit den empfohlenen Massnahmen aus den Evaluationsberichten ersetzt (Amstein + Walthert AG, 2018e). Gasheizungen werden, wo nötig, mit 10% Solarthermie ergänzt. Wenn der Wärmeerzeuger durch eine Wärmepumpe ersetzt wird, wird auch eine Erneuerung der Gebäudehülle modelliert, um den tieferen Vorlauftemperaturen gerecht zu werden. Der Zeitpunkt der Erneuerung entspricht dem Zeitpunkt der Referenz-Erneuerungsplanung, das heisst, dass Bauteile nicht vor Ende der Nutzungsdauer ersetzt werden. Dieses Szenario verfolgt einen «nur so viel wie nötig»-Ansatz unter Berücksichtigung von möglichen, künftigen, gesetzlichen Einschränkungen (Art. 9 und Art. 31 des Entwurfs des Bundesgesetzes über die Verminderung von Treibhausgasemissionen vom 01.12.2017, 17.071, Stand 10.06.2020).

3.2.3 Entwicklungsszenario «BAU-Plus»

Das «Business-as-Usual-Plus»-Szenario richtet sich grundsätzlich auch nach der Referenz-Erneuerungsplanung. Im Unterschied zum Referenzszenario stellt dieses Szenario erhöhte Anforderungen an den Ersatz von Öl- und Gasheizungen, sowie den energetischen Standard der Erneuerung der Gebäudehülle. So werden Elektro-Heizungen und Ölheizungen ab sofort und Gasheizungen ab 2035 mit den empfohlenen Massnahmen aus den Evaluationsberichten erneuert (Amstein + Walthert AG, 2018e). Bei Ersatz durch eine Wärmepumpe werden Erneuerungsmassnahmen an der Gebäudehülle modelliert. Der Zeitpunkt der Erneuerung richtet sich auch hier nach der Referenz-Erneuerungsplanung. Dieses Szenario soll einen möglichen Mittelweg abbilden, der über die gesetzlichen Anforderungen hinaus fossile Energieträger ersetzt, jedoch nicht im Umfang des Entwicklungs- respektive Mitigationsszenarios «MIT-2kW».

3.2.4 Entwicklungsszenario «MIT-2kW»

Das CO₂-Mitigationsszenario mit Zielerreichung der CO₂-Reduktionsziele der 2000-Watt-Gesellschaft (SIA, 2017, S. 26) bildet das ambitionierteste CO₂-Reduktionsszenario

ab. Dem Szenario liegt die Prämisse zugrunde, dass sämtliche Empfehlungen der objekt-spezifischen GEAK-Plus Beratungsberichten (Amstein + Walthert AG, 2018c) und der Evaluationsberichter der Wärmeerzeuger (Amstein + Walthert AG, 2018e) hinsichtlich der energetischen Erneuerungsmassnahmen umgesetzt werden. Dies betrifft nebst der empfohlenen Massnahme auch den empfohlenen Erneuerungszeitpunkt.

3.2.5 Energetische Erneuerungsmassnahmen

Tabelle 4 gibt eine Übersicht über die modellierten, energetischen Erneuerungsmassnahmen. Bezüglich der Wärmeerzeugung mit Heizung und Warmwasser wird der spezifische Ersatz der Anlage modelliert. Energetische Massnahmen an der Gebäudehülle werden in aggregierter Form modelliert: Entweder in Form einer Teilerneuerung (FEP-Bauteile Fenster/Aussentüren/Tore, Steildach oder Flachdach) oder in Form einer Gesamterneuerung (sämtliche Gebäudehüll-Bauteile). Hinsichtlich der Gebäudetechnik wird unter Teilerneuerung eine Betriebsoptimierung und ein Energiecontrolling modelliert (EC/BO) und unter Gesamterneuerung zusätzlich zu EC/BO eine Wärmerückgewinnung (WRG) der Lüftungsanlage. Sämtliche Massnahmen werden objektspezifisch modelliert.

Tabelle 4: Definition der modellierten Erneuerungsmassnahmen

Bauteil FEP	Erneuerungsmassnahme	RF ^{A)}	Aggregiert
Wärmeerzeugung	Ersatz Wärmeerzeuger: Erdöl, Erdgas Gas und Solarthermie bivalent WP und Gas bivalent WP Luft, Erdsonde, Grundwasser Holz (Pellets), Fernwärme	Via SNG	Nicht erneuerbar Teilw. erneuerbar Teilw. erneuerbar Erneuerbar Erneuerbar
Gebäudehülle			
Fenster/Aussentüren/Tore	Erneuerung MuKE n 2014 / Minergie-P	0.11 / 0.13	Teilerneuerung
Steildach	Erneuerung MuKE n 2014 / Minergie-P	0.06 / 0.08	Teilerneuerung
Flachdach	Erneuerung MuKE n 2014 / Minergie-P	0.06 / 0.08	Teilerneuerung
Fassade	Erneuerung MuKE n 2014 / Minergie-P	0.24 / 0.27	Gesamtern.
Ausbau Substanz	Erneuerung MuKE n 2014 / Minergie-P	0.09 / 0.10	Gesamtern.
Gebäudetechnik			
Übrige Gebäudetechnik	EC/BO	0.08	Teilerneuerung
Lüftung/Klima/Kälte	WRG Lüftungsanlage	0.08	Gesamtern.

Hinweis: Abkürzungen: FEP: Finanz- und Erneuerungsplanung, WP: Wärmepumpe, SNG: Standard-Systemnutzungsgrade, Teilw.: Teilweise, Gesamtern.: Gesamterneuerung, EC/BO: Energiecontrolling und Betriebsoptimierung, WRG: Wärmerückgewinnung; ^{A)}Reduktionsfaktor (RF) Energieeffizienz Endenergie aus Amstein + Walthert AG (2018c), Jakob et al. (2016) und Uetz (2014)

Ergänzend listet Tabelle 4 die Reduktionsfaktoren (RF) Energieeffizienz Endenergie auf. Sie sind das Mass für die Energieverbrauchsreduktion durch die Massnahme. Der Reduktionsfaktor für die Wärmeerzeugung ergibt sich aus den Standard-Systemnutzungsgraden der Wärmeerzeugung vor und nach der Erneuerung, siehe Anhang 4, Tabelle 15. Die Reduktionsfaktoren bezüglich der Gebäudehülle werden mit einem portfoliospezifischen

Gebäudemodell hergeleitet und durch die GEAK-Plus Beratungsberichte (Amstein + Walthert AG, 2018c), sowie dem Inspire-Datensatz (Jakob et al., 2016) validiert, siehe Anhang 4, Tabelle 17 und Tabelle 18. Die angegebenen Reduktionsfaktoren bezüglich Gebäudetechnik mit EC/BO und WRG beziehen sich auf die Wärmeeinsparung für Heizung und Warmwasser. Die Massnahmen wirken sich aber auch auf den Stromverbrauch aus. Diesbezüglich wird eine Effizienzsteigerung der Lüftung/Klimatisierung und allgemeinen Gebäudetechnik von 0.5%/a angenommen (vgl. Uetz, 2014, S. 4–5).

Die CO₂-Emissionen werden folglich direkt durch den Ersatz des Wärmeerzeuger-Energieträgers mit erneuerbaren Energien sowie indirekt durch Energieeffizienz-Massnahmen an Gebäudehülle und -Technik gesenkt. Die entsprechenden CO₂-Emissionskoeffizienten sind Anhang 4, Tabelle 15, zu entnehmen.

3.2.6 Übersicht Erneuerungsszenarien und -Massnahmen

Tabelle 5 führt die modellierten Erneuerungsmassnahmen in aggregierter Form in den unterschiedlichen Entwicklungsszenarien zusammen. So werden die Ausprägungen der unterschiedlichen Szenarien ersichtlich. Abgebildet werden jeweils die flächengewichteten Anteile in Prozent am Gesamtportfolio.

Tabelle 5: Charakterisierung der Entwicklungsszenarien

Erneuerungsmassnahmen aggregiert	Szenario			
	FEP-REF	BAU-Base	BAU-Plus	MIT-2kW
Wärmeerzeuger				
Erneuerung erneuerbar [%] ^{A)}	10	30	73	85
Erneuerung teilweise erneuerbar [%] ^{B)}	0	13	13	14
Erneuerung nicht erneuerbar [%] ^{C)}	89	56	13	0
keine Erneuerung [%]	1	1	1	1
Gebäudehülle				
Gesamterneuerung (Minergie-P) [%] ^{D)}	0	3	3	15
Teilerneuerung (Minergie-P) [%] ^{E)}	0	17	44	72
keine Erneuerung (Minergie-P) [%]	100	80	53	13
Gebäudetechnik				
Gesamterneuerung [%] ^{F)}	0	0	0	15
Teilerneuerung [%] ^{G)}	0	0	0	63
keine Erneuerung [%]	100	100	100	22

Hinweis: ^{A)}Wärmepumpe (Luft, Erdsonde, Grundwasser), Fernwärme, Holz (Pellets); ^{B)}WP bivalent Gas, Gas bivalent Solarthermie; ^{C)}Öl, Erdgas; ^{D)}Dach und Fenster; ^{E)}Dach, Aussenwand, Fenster und Boden; ^{F)}EC/BO und WRG-Anlagen; ^{G)}EC/BO

Das MIT-2kW-Szenario hat einen hohen Anteil an erneuerbaren Energien sowie einen hohen Anteil an Minergie-P Teilerneuerungen. Es ist das einzige Szenario mit EC/BO und WRG Massnahmen. Die zwei BAU-Szenarien haben entsprechend tiefere Anteile an erneuerbaren Energien sowie Minergie-P Erneuerungen. Das Referenzszenario hat einen geringen Anteil an erneuerbaren Energien und keine Minergie-P Erneuerung. Die detaillierte, objektspezifische Massnahmenplanung ist Anhang 2, Tabelle 12 zu entnehmen.

3.3 Energiepreisszenarien

Die Entwicklung der Energiepreise ist eine der wesentlichen Einflussgrössen auf die Berechnung der CO₂-Vermeidungskosten (A. Müller & Scheuchzer, 2012, S. 47). Noch vor 10 Jahren gingen die grossen Energieagenturen von steigenden Erdölpreisen im Referenzszenario aus (US EIA, 2009, S. 60, Abbildung 5).

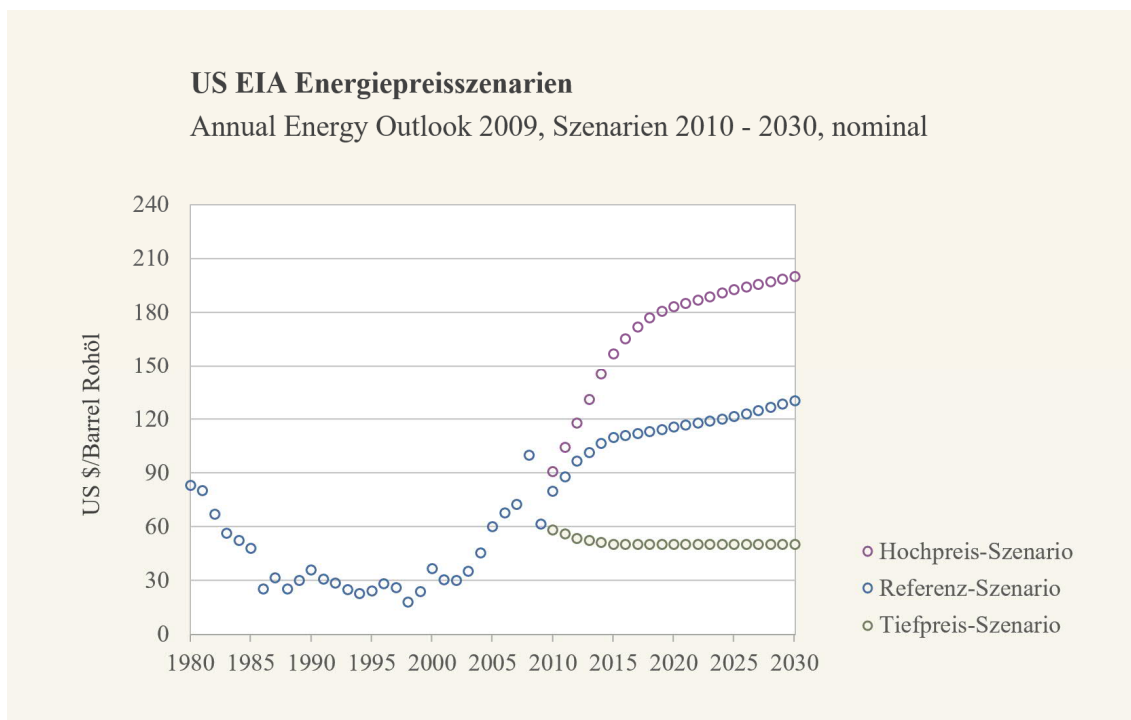


Abbildung 5: Historische Energiepreisszenarien (Daten: US EIA, 2009, S. 60)

Auf diesen Szenarien beruhen etliche Studien der letzten Jahre (Chiodi et al., 2013, S. 1442; Sotiriou et al., 2019, S. 520; Subramanyam et al., 2017, S. 802; Xiao et al., 2014, S. 96). Die Ölpreisentwicklung des letzten Jahrzehnts verlief jedoch unterhalb des damals projizierten Referenzszenarios, zeitweise auch unterhalb des Tiefpreisszenarios. Daraus lässt sich schliessen, dass Modellrechnungen bezüglich der Energiepreisentwicklung anspruchsvoll sind.

Analysiert man die reale Energiepreisentwicklung der Konsumenten in der Schweiz der letzten knapp 40 Jahren (Abbildung 6) kann festgestellt werden, dass die Preisentwicklung relativ flach verläuft. Dies trifft für sämtliche, analysierten Energieträger zu. Unterschiede in der Volatilität sind auszumachen, werden hier aber nicht weiter untersucht.

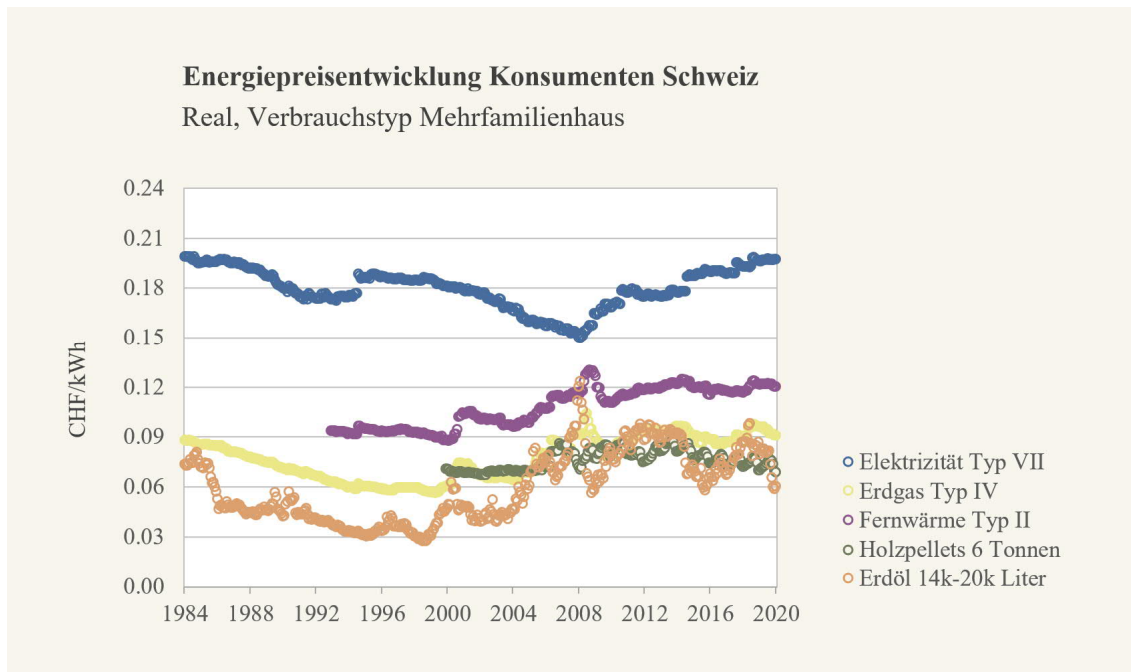


Abbildung 6: Historische Energiepreisentwicklung (Daten: BFS, 2020, ergänzt)

Diese Arbeit verfolgt bezüglich der Annahmen zur Energiepreisentwicklung einen konservativen Ansatz. Die künftigen Energiepreise werden im Referenzszenario – mit Basisjahr 2019/2020 (Mittelwert Juli 2019 – Juni 2020) – für sämtliche Energieträger konstant gehalten. So wird weder auf steigende noch auf sinkende Energiepreise spekuliert. Ergänzend zum Referenzszenario wird ein klimapolitisches Energiepreisszenario abgebildet. Dieses berücksichtigt die potenzielle Erhöhung der CO₂-Abgaben von aktuell CHF 96 pro Tonne CO₂ auf CHF 210 pro Tonne CO₂ (Schweizerischer Bundesrat, 2017, S. 361). Die CO₂-Abgabe wird auf alle fossilen Brennstoffe erhoben und betrifft sowohl die Wirtschaft als auch die Haushalte (BAFU, 2018a, S. 2).

Die entsprechenden Energiepreise sind Anhang 3, Tabelle 14 zu entnehmen. Die abgebildeten Verbrauchstypologien entsprechen dem Verbrauchsmuster eines Mehrfamilienhauses gemäss Einteilung des BFS (2020). Der Fernwärmepreis setzt sich aus einem Wärmepreis respektive Arbeitspreis (Kemmler et al., 2018, S. 13) und einer jährlichen Grundgebühr beziehungsweise einem Leistungspreis (Thalmann et al., 2013, Anhang 3) zusammen.

3.4 Modellierung des Finanzbedarfs und der CO₂-Vermeidungskosten

3.4.1 Übersicht Modell

Zur Ermittlung des Finanzbedarfs und der CO₂-Vermeidungskosten der drei CO₂-Entwicklungsszenarien wird ein Modell eingesetzt (Kapitel 3.1). An dieser Stelle folgt eine Umschreibung des Modells aus technischer Sicht («Back-End», Abbildung 7).

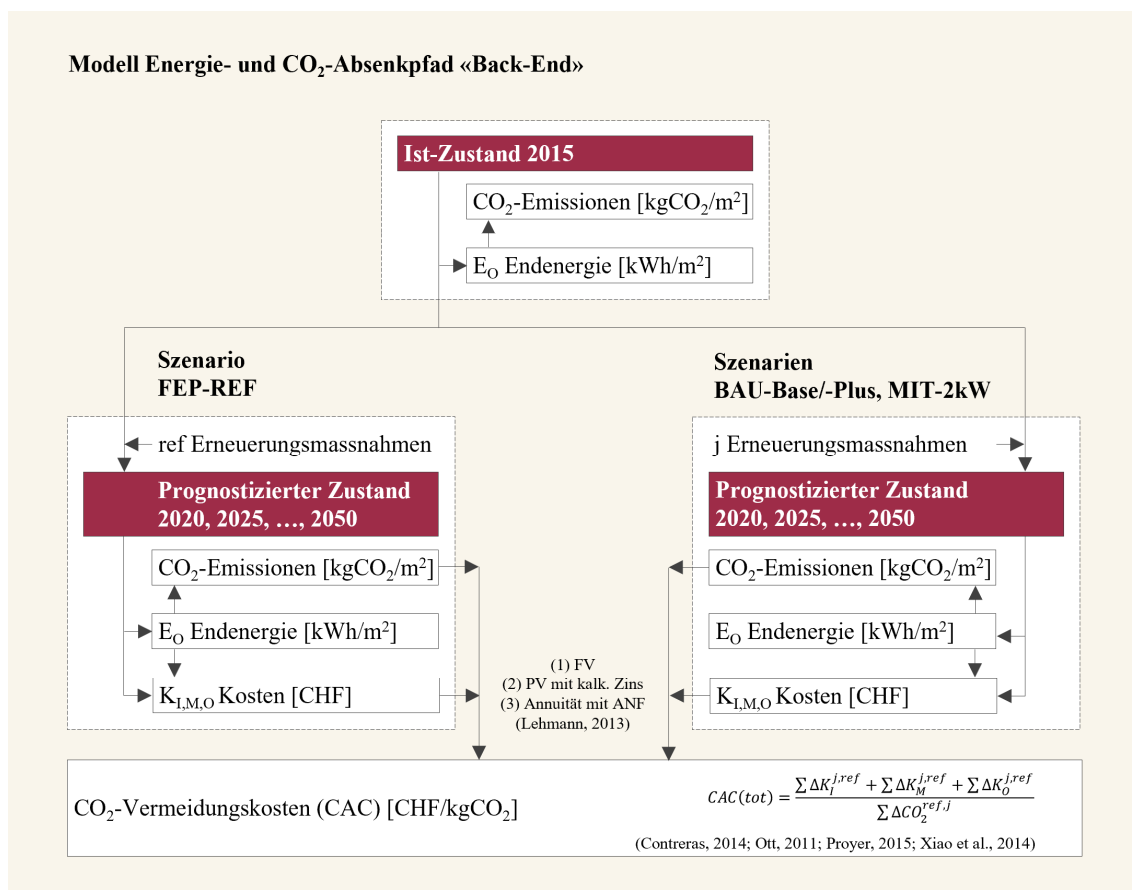


Abbildung 7: Schematische Darstellung Modell «Back-End»

Zentrales Element des Modells ist die strategische Erneuerungsplanung des Immobilienportfolios mit den Erneuerungsmassnahmen bis 2050. Im Referenzszenario FEP-REF entsprechen die Erneuerungsmassnahmen (ref) den Instandsetzungsmassnahmen der energetisch relevanten Bauteile der Finanz- und Erneuerungsplanung. In den Entwicklungsszenarien BAU-Base/-Plus und MIT-2kW werden die Erneuerungsmassnahmen (j) definiert (Tabelle 4 und Tabelle 5). Die Umsetzung der Massnahmen hat Kostenfolgen auf zwei Ebenen. Einerseits fallen direkte, initiale und einmalige Investitionskosten K_I an (FEP: Instandsetzungskosten, Kapitel 2.3). Andererseits verändern sich durch die Massnahme die indirekten, periodische Unterhalts- (K_M) und Energiekosten (K_O). Aus energetischer Sicht beeinflussen die Erneuerungsmassnahmen den Energieverbrauch (Endenergie) und so – je nach CO₂-Intensität des Energieträgers – auch die CO₂-Emissionen.

3.4.2 Ermittlung des Finanzbedarfs

Die Basis der Kostenermittlung bildet die Multiplikation des Kostenkennwertes (KK) mit der Bezugsgrösse, hier funktionale Einheit (FE) (Stoy, 2013, S. 6, Formel [1]).

$$[1] \quad K = KK * FE$$

mit K : Investitions-, Unterhalts- und Betriebskosten [CHF]

FE : Funktionale Einheit [kW], [m²_{Bauteil}], [WE], [kWh]

KK : Kostenkennwert $\left[\frac{\text{CHF}}{\text{FE}} \right]$

Die funktionalen Einheiten werden im Modell aus den erfassten Stammdaten hergeleitet.

Als funktionale Einheiten dienen:

- Die Leistung des Wärmeerzeugers [kW] für Massnahmen, die die Heizungs- und Warmwasseranlage betreffen (hergeleitet aus Energieverbrauch [kWh] und den Betriebsstunden [kW/kWh], siehe Anhang 4, Tabelle 16);
- die Bauteilfläche [m²] für Massnahmen an der Gebäudehülle (hergeleitet aus Energiebezugsfläche [m²_{EBF}] und Gebäudehüllzahl [m²_{Bauteil}/m²_{EBF}], siehe Anhang 4, Tabelle 16);
- die benötigte Luftmenge [m³/h] für Massnahmen an der Lüftungsanlage (hergeleitet aus Energiebezugsfläche [m²_{EBF}] und Aussenluft-Volumenstrom [m³/m²_{EBF}*h], siehe Anhang 4, Tabelle 16);
- die Wirtschaftseinheiten [WE] für Massnahmen betreffend Betriebsoptimierung und Energiecontrolling;
- und der Energieverbrauch Endenergie [kWh] für sämtliche energetische Erneuerungsmassnahmen (hergeleitet aus Energieverbrauch Endenergie 2015 [kWh] und Energiereduktionsfaktoren [-], siehe Anhang 4, Tabelle 11, Tabelle 15, Tabelle 17 und Tabelle 18).

Als Basis für die Berechnung der Kostenkennwerte (KK) dient die Finanz- und Erneuerungsplanung FEP des Eigentümers (B. Anonymus, 2020a), spezifisch für alle Wirtschaftseinheiten. Diese Werte werden plausibilisiert, kalibriert und ergänzt mit den Kostenkennwerten der GEAK-Plus Beratungsberichte (spezifische Werte, Amstein + Walthert AG, 2018c), Kostenkennwerten des Inspire-Tools (generische Werte, Jakob et al., 2016) und mit Kostenkennwerten von Amstein + Walthert AG (generische Werte). Bezüglich den Energiekosten entsprechen die Energiepreise den Kostenkennzahlen (Kapitel 3.3). Eine Übersicht über die Kostenkennwerte ist Anhang 3, Tabelle 14 zu entnehmen.

3.4.3 CO₂-Grenzvermeidungskosten: «Marginal Abatement Cost (MAC)»

Die CO₂-Grenzvermeidungskosten von einer zusätzlichen Einzelmassnahme werden aus dem Verhältnis zwischen Kosten (Investition, Unterhalt, Betrieb) der zusätzlichen Massnahme (alternative Erneuerungsmassnahme minus Referenzmassnahme) und CO₂-Reduktion der zusätzlichen Massnahme (CO₂-Emissionen nach der Referenzmassnahme minus CO₂-Emissionen nach der alternativen Erneuerungsmassnahme) gebildet (Fernández et al., 2017, S. 272; Levihn et al., 2014, S. 339; Tomaschek, 2015, S. 377, Formel [2]). Die Referenzmassnahme hat dabei einen grossen Einfluss auf die CO₂-Grenzvermeidungskosten (A. Müller & Scheuchzer, 2012, S. 47).

$$[2] \quad MAC(j) = \frac{(K_I^j - K_I^{ref}) + (K_M^j - K_M^{ref}) + (K_O^j - K_O^{ref})}{CO_2^{ref} - CO_2^j}$$

mit MAC : «Marginal Abatement Cost» $\left[\frac{CHF}{kg_{CO_2}} \right]$

j : Alternative Erneuerungsmassnahme

ref : Referenz – Erneuerungsmassnahme

K : Kosten Erneuerungsmassnahme mit $K_{I,Investition}$, $K_{M,Unterhalt}$ und $K_{O,Betrieb}$ [CHF]

CO_2 : CO₂ – Emissionen [kg_{CO₂}]

Betrachtet man mehrere, zusätzliche Einzelmassnahmen und reiht diese nach der Höhe der Grenzkosten ein, erhält man eine CO₂-Grenzvermeidungskostenkurve (Kesicki & Strachan, 2011, S. 1197). Aus dieser kann man ablesen, was eine zusätzliche Massnahme kostet, um eine zusätzliche Menge, zum Beispiel eine Tonne CO₂-Emissionen, einzusparen (Almihoub et al., 2013, S. 41).

3.4.4 CO₂-Vermeidungskosten aggregiert: «Carbon Abatement Cost (CAC)»

In dieser Arbeit stehen aber nicht die Einzelmassnahmen mit CO₂-Grenzvermeidungskostenkurve im Vordergrund, sondern vielmehr deren Integral, die gesamten CO₂-Vermeidungskosten sämtlicher Erneuerungsmassnahmen. Aus Sicht der strategischen Erneuerungsplanung des Immobilienportfolios sollen die Gesamtkosten verschiedener Erneuerungsstrategien verglichen werden können. Dazu werden die Investitions-, Unterhalts- und Betriebskosten sämtlicher Erneuerungs- und Referenzmassnahmen berücksichtigt und ins Verhältnis zu den potenziellen CO₂-Reduktionem gestellt (Fresco-Contreras, 2016, S. 1636; Proyer, 2015, S. 199; Xiao et al., 2014, S. 95, Formel [3]).

$$[3] \quad CAC(tot) = \frac{\sum \Delta K_I^{j,ref} + \sum \Delta K_M^{j,ref} + \sum \Delta K_O^{j,ref}}{\sum \Delta CO_2^{ref,j}}$$

mit CAC : «Carbon Abatement Cost» $\left[\frac{CHF}{kg_{CO_2}} \right]$
j: Alternative Erneuerungsmassnahme
ref: Referenz – Erneuerungsmassnahme
K: Annuisierte Kosten Erneuerungsmassnahme mit
 $K_{I,Investition}, K_{M,Unterhalt}$ und $K_{O,Betrieb}$ $\left[\frac{CHF}{a} \right]$
 CO_2 : CO_2 – Emissionen $\left[\frac{kg_{CO_2}}{a} \right]$

3.4.5 Annuisierter Barwert

Die Erneuerungsmassnahmen unterscheiden sich nicht nur in der Art und im Umfang, sondern auch im Investitionszeitpunkt, der Nutzungsdauer sowie bezogen auf den Ort der Massnahme. Für die Vergleichbarkeit und Aggregation der unterschiedlichen Massnahmen müssen die Investitionskosten diskontiert und annuisiert werden (Lehmann, 2013, S. 4, Formeln [4a], [4b], [4c]).

$$[4a] \quad K_{I,PV,Annuität}^{j,ref} = K_{I,FV}^{j,ref} * DF * ANF$$

$$[4b] \quad DF = \frac{1}{(1+i)^m}$$

$$[4c] \quad ANF = \frac{(1+i)^{n*i}}{(1+i)^n - 1}$$

mit $K_{I,PV,Annuität}^{j,ref}$: Annuität der Kosten Investition [CHF]

$K_{I,FV}^{j,ref}$: Kosten Investition in der Zukunft [CHF]

DF: Diskontierungsfaktor

ANF: Annuitätsfaktor

i: Diskontierungszinssatz [%]

n: Nutzungsdauer [a]

m: Investitionszeitpunkt, in *m* Jahren ab Bewertungsstichtag[a]

Für Unterhalts- und Betriebskosten wird unterschiedlich verfahren, da diese periodisch anfallen. Die Kosten werden mit dem Rentenbarwertfaktor multipliziert und durch die Nutzungsdauer der Massnahme dividiert, um die Annuität zu erhalten (Fresco-Contreras, 2016, S. 1637, Formeln [5a], [5b], [5c]).

$$[5a] \quad K_{M,O,PV,Annuität}^{j,ref} = K_{M,O,PV}^{j,ref} * RBF * AM$$

$$[5b] \quad AM = \frac{1}{n}$$

$$[5c] \quad RBF = \frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^{n*i}}$$

mit $K_{M,O,PV,Annuität}^{j,ref}$: Annuität der Kosten Unterhalt, Betrieb $\left[\frac{CHF}{a}\right]$
 $K_{M,O,PV}^{j,ref}$: Kosten Unterhalt, Betrieb $\left[\frac{CHF}{a}\right]$
 RBF : Rentenbarwertfaktor
 AM : Faktor arithmetischer Mittelwert $\left[\frac{1}{a}\right]$
 i : Diskontierungszinssatz [%]
 n : Nutzungsdauer [a]

Für sämtliche Berechnungen der Annuitäten werden massnahmenspezifische Investitionszeitpunkte und Nutzungsdauern (B. Anonymus, 2020a) sowie objektspezifische Diskontierungszinssätze verwendet (C. Anonymus, 2019).

3.5 Datengrundlagen

Für die Modellierung des CO₂-Absenkpfeils mit den unterschiedlichen Entwicklungsszenarien werden aktuelle Datensätze eines Immobilien-Anlageportfolios verwendet (Kapitel 2.2). Dabei handelt es sich um folgende Datengrundlagen, aggregiert nach Verwendungszweck:

- Stammdaten und Energie: «Adressverwaltung Liegenschaften, gültig ab 01.05.2020» (A. Anonymus, 2020a), «Erhebung Energieverbrauchsdaten 2015 bis 2017 vom 02.07.2018» (Amstein + Walthert AG, 2018b), «Erhebung Energiebezugsflächen Liegenschaften vom 02.07.2018» (Amstein + Walthert AG, 2018a)
- Erneuerungs- und Massnahmenplanung: «GEAK und GEAK-Plus Beratungsberichte vom 02.07.2018» (Amstein + Walthert AG, 2018c), «Evaluationsberichte der Wärmeerzeuger vom 02.07.2018» (Amstein + Walthert AG, 2018e), «Bauqualitätsberichte vom 09.06.2020» (B. Anonymus, 2020a), «Energetische Erneuerungsmassnahmen 2018 bis 2020, E-Mail vom 31.03.2020» (A. Anonymus, 2020b)
- Kosten -und Finanzplanung, Bewertung: «Bauqualitätsberichte vom 09.06.2020» (B. Anonymus, 2020a), «Datensatz Inspire-Tool V1.48» (Jakob et al., 2016), «GEAK und GEAK-Plus Beratungsberichte vom 02.07.2018» (Amstein + Walthert AG, 2018c), «Kostenschätzung Varianten Wärmeerzeuger V3.5 vom 16.08.2017» (Amstein + Walthert AG, 2018d), «Objektspezifische DCF-Bewertungsberichte vom 31.12.2019» (C. Anonymus, 2019)

4. Resultate

4.1 Referenzszenario FEP-REF

4.1.1 Energie und CO₂-Emissionen

In den folgenden Kapiteln 4.1, 4.2, 4.3 und 4.4 werden die Resultate der Modellierung mit zeitlicher Auflösung in Fünf-Jahres-Schritten und aus Sicht der einzelnen Szenarien präsentiert. Dies gibt – nebst der Indikation zur Höhe des Finanzbedarfs und des CO₂-Reduktionspotenzials – auch Aufschluss über den Zeitpunkt der Realisierung der Massnahmen respektive über die Investitionszeitpunkte. Da im Modell jeweils in Fünf-Jahres-Schritten modelliert wird, handelt es sich bei den abgebildeten Jahreswerten, zum Beispiel das Jahr 2030, um einen gleitenden Mittelwert der Jahre 2026 bis 2030.

Eine detaillierte Kostenanalyse mit den numerischen Werten wird in den Kapitel 4.5.1, 4.5.2 und 4.5.3 vorgenommen. Die Resultate der einzelnen Wirtschaftseinheiten sind im Anhang 5 und Anhang 6, Tabelle 19 bis Tabelle 23 zu entnehmen.

Das FEP-REF-Szenario (Abbildung 8) folgt der Finanz- und Erneuerungsplanung des Eigentümers. Bauteile werden eins zu eins ersetzt, bezüglich der Gebäudehülle werden die gesetzlichen Anforderungen eingehalten.

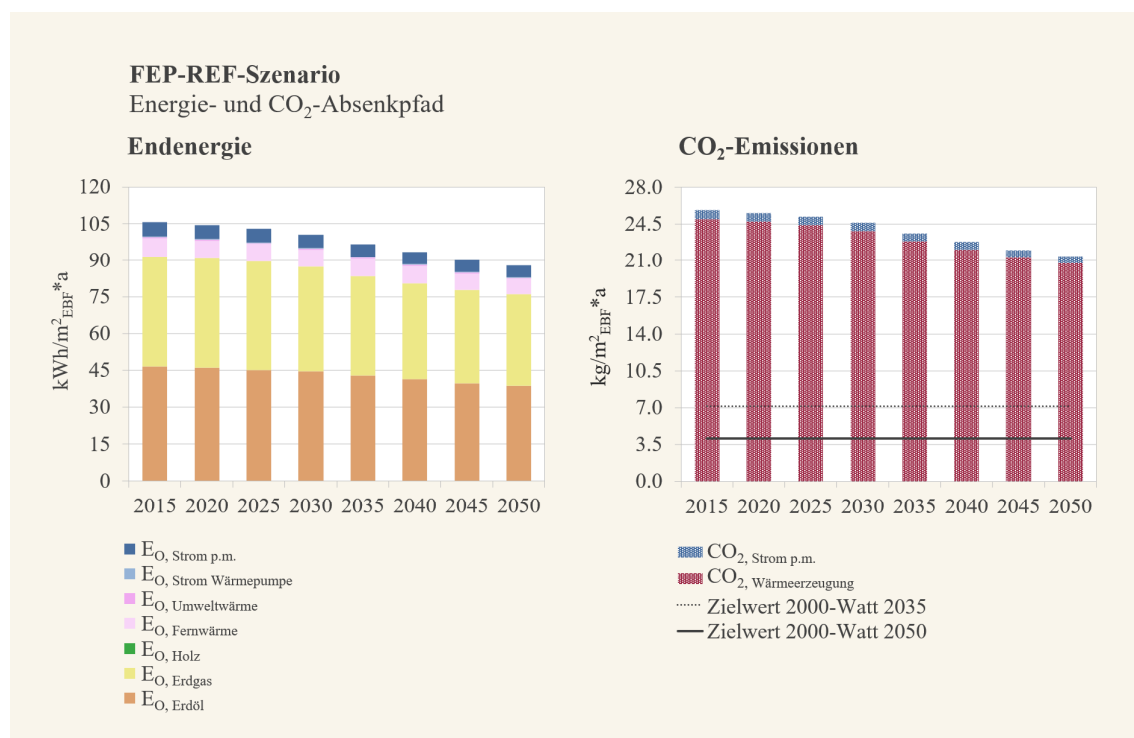


Abbildung 8: Energie- und CO₂-Absenkepfad FEP-REF-Szenario

Die CO₂-Emissionen können – ohne die Berücksichtigung des Stromverbrauchs – von 25 kg/m²_{EBF}*a im Jahr 2015 auf 20.8 kg/m²_{EBF}*a im Jahr 2050 um 17% gesenkt werden. Analog kann der Energieverbrauch gesenkt werden, jedoch findet keine Substitution von fossilen Energieträgern statt.

4.1.2 Abschätzung Finanzbedarf

Die abgebildeten Kosten (Abbildung 9) stellen die aktuelle Finanz- und Erneuerungsplanung des Eigentümers dar. Es werden nur die energetisch relevanten Bauteile dargestellt. Die Gebäudehülle hat mit 4.2 Mio. CHF/a («Present Value», annuisiert) den höchsten Finanzbedarf, gefolgt von der Gebäudetechnik (Lüftung, Klima, Kälte und übrige Gebäudetechnik, 0.7 Mio. CHF/a) und der Wärmeerzeugung (Heizung und Warmwasser, 0.5 Mio. CHF/a). Die Unterhaltskosten für Technik und Wärmeerzeugung fallen mit 0.3 Mio. CHF/a weniger ins Gewicht. Mit 1.9 Mio. CHF/a sind die Energiekosten für Heizung und Warmwasser nicht zu vernachlässigen. Die gebäudeseitigen Stromkosten belaufen sich auf 0.3 Mio. CHF/a.

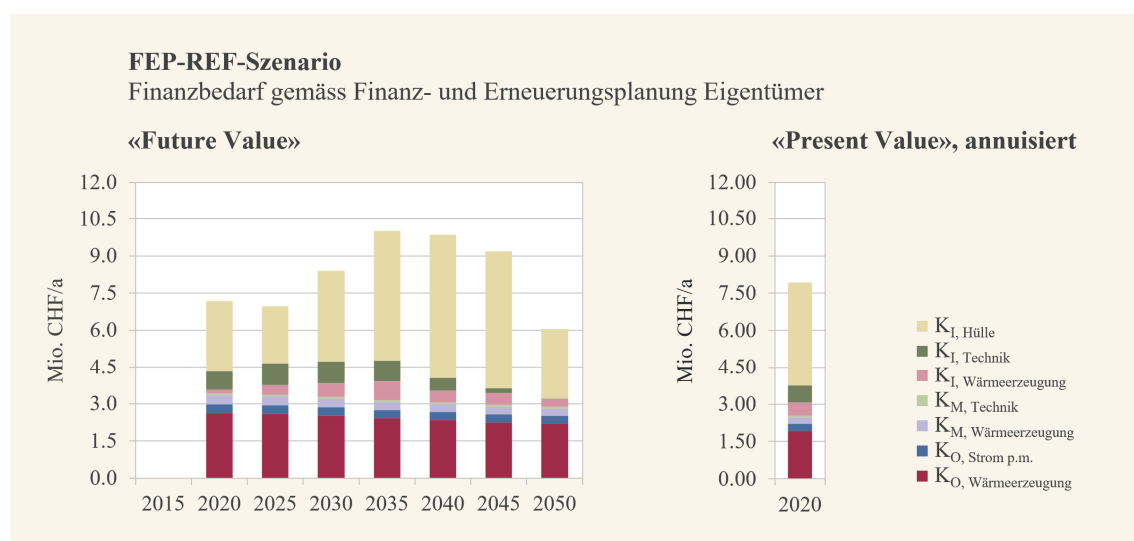


Abbildung 9: Finanzbedarf Erneuerungsplanung Eigentümer FEP-REF-Szenario

4.2 Entwicklungsszenario BAU-Base

4.2.1 Energie und CO₂-Emissionen

Das BAU-Base-Szenario verfolgt einen «nur so viel wie nötig»-Erneuerungsansatz, unter Berücksichtigung von möglichen, künftigen gesetzlichen Einschränkungen. So werden Elektroheizungen per sofort und Ölheizungen ab 2030 durch erneuerbare Alternativen ersetzt. Bei Gasheizungen wird, wo nötig, mit 10% Solarthermie ergänzt. Beim Ersatz durch erneuerbare Energieträger wird die Gebäudehülle teilerneuert. Der Erneuerungszeitpunkt richtet sich nach der FEP-Erneuerungsplanung des Eigentümers.

Die Auswirkungen dieser Strategie verdeutlichen sich ab 2035 in der Abnahme des Erdöl-Anteils an der gesamten Endenergie (Abbildung 10, linke Abbildung). Bezüglich CO₂-Emissionen, ohne Berücksichtigung des eigentümerseitigen Stroms, kann eine Reduktion von 25 kg/m²_{EBF}*a auf 16.3 kg/m²_{EBF}*a erreicht werden. Die Emissionen bleiben aber 12.2 kg/m²_{EBF}*a über dem angestrebten Zielwert von 4.1 kg/m²_{EBF}*a im Jahr 2050 (Kapitel 1.3 und Kapitel 3.2.4). Die klimapolitische Zielsetzung wird so deutlich verfehlt. Dieses Szenario verdeutlicht folgendes: Werden Wärmeerzeuger mit fossilen Energieträgern bis 2030 noch eins zu eins ersetzt, was mit der heutigen und möglicherweise mit der künftigen nationalen Gesetzgebung zu vereinbaren ist (Art. 9 und Art. 31 des Entwurfs des Bundesgesetzes über die Verminderung von Treibhausgasemissionen vom 01.12.2017, 17.071, Stand 10.06.2020), bleiben die CO₂-Emissionen im Portfoliodurchschnitt auf einem hohen Niveau noch bis Mitte diesen Jahrhunderts erhalten.

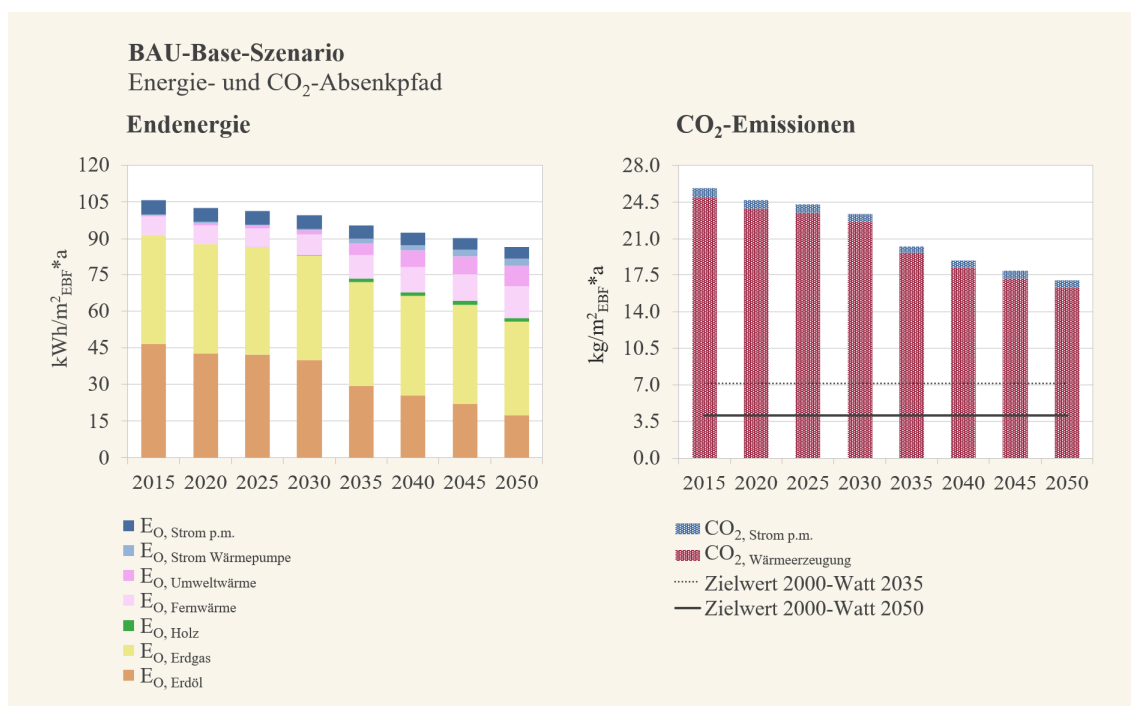


Abbildung 10: Energie- und CO₂-Absenkepfad BAU-Base-Szenario

4.2.2 Abschätzung Finanzbedarf

Für das Jahr 2020 werden bereits Kosten modelliert. Da die Energiedaten aus den Jahren 2015 bis 2017 stammen (Referenzjahr 2015), werden realisierte, energetische Massnahmen nach 2017 rückwirkend modelliert. Auch hier handelt es sich bei den abgebildeten Jahreswerten um einen gleitenden Fünf-Jahres-Mittelwert.

In Abbildung 11 sind zum einen die zusätzlichen, künftigen, nicht diskontierten und nicht annuisierten Kosten («Future Value») im zeitlichen Verlauf, zum anderen die zusätzlichen diskontierten und annuisierten Kosten abgebildet. Dabei handelt es sich um eine

vergleichende Analyse. Es werden nur die Differenzwerte vom BAU-Base- zum FEP-REF-Szenario abgebildet. Wiederum werden Investitions-, Unterhalts- und Betriebskosten nach den unterschiedlichen Bauteilen unterschieden.

Der zusätzliche Finanzbedarf dieses Szenarios fällt im Vergleich zum FEP-REF-Szenario moderat aus, da die Eins-zu-eins-Erneuerungen im Referenzszenario bereits bepreist sind (Abbildung 11).

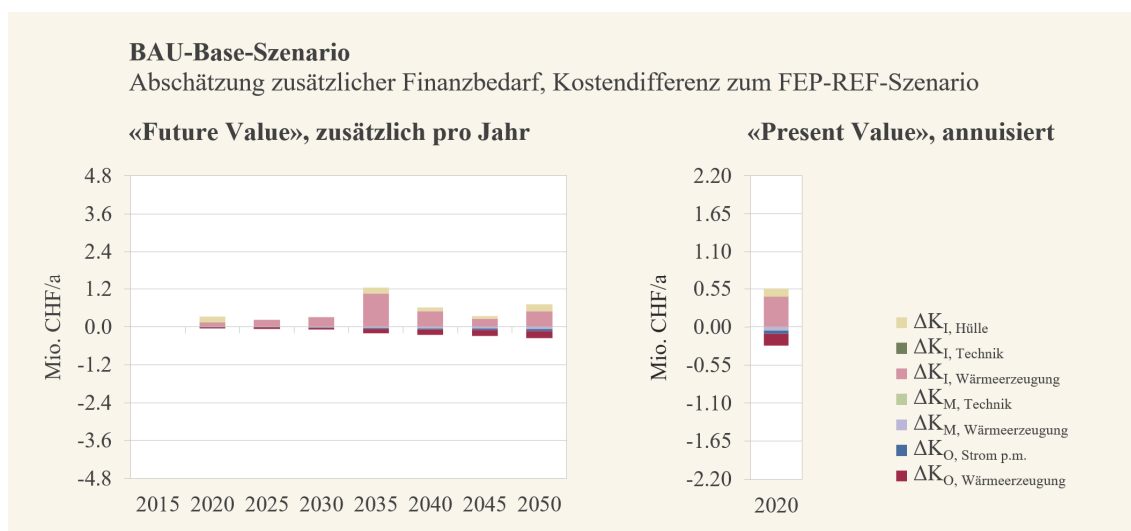


Abbildung 11: Abschätzung zusätzlicher Finanzbedarf BAU-Base-Szenario

Ein grösseres Investitionsaufkommen für den Ersatz von Wärmeerzeugungsanlagen mit erneuerbaren Energieträgern ist im Jahr 2035 mit zusätzlichen 1.0 Mio. CHF/a auszumachen. Zusätzliche Investitionen in die Gebäudehülle sind gering. Analog zu den tiefen Investitionen sind auch die Kosteneinsparungen für Unterhalt und Betrieb gering. Im Vergleich zum MIT-2kW-Szenario sind die annuisierten, zusätzlichen Kosten um knapp drei Viertel geringer.

4.3 Entwicklungsszenario BAU-Plus

4.3.1 Energie- und CO₂-Absenkepfad

Das BAU-Plus-Szenario (Abbildung 12) soll ein realistisches, aber dennoch klimapolitisch ambitioniertes Szenario abbilden. Der Zeitpunkt der Erneuerungsmassnahmen wird aus der FEP-Erneuerungsplanung übernommen. Ölheizungen werden per sofort und Gasheizungen ab 2035 durch erneuerbare Alternativen ersetzt. Wärmedämmmassnahmen richten sich nach dem Ersatz des Energieträgers. Kommen erneuerbare Energieträger zum Einsatz, verlangt dies in der Regel tiefere Heiz-Vorlauftemperaturen. Diese können durch Effizienzmassnahmen an der Gebäudehülle erreicht werden.

Im Vergleich zum MIT-2kW-Szenario erfolgt die Absenkung weniger konzentriert auf die Jahre 2025 und 2030 und verteilt sich gleichmässiger über den Betrachtungszeitraum. Der Anteil an fossilen Energieträgern bleibt im Jahr 2050 höher als im MIT-2kW-Szenario, auch das Endenergieniveau bleibt, infolge geringerer Anzahl an Effizienzmassnahmen, höher. Die CO₂-Emissionen können von 25 kg/m²_{EBF}*a auf 8.7 kg/m²_{EBF}*a gesenkt werden und bleiben 4.6 kg/m²_{EBF}*a über dem angestrebten Zielwert von 4.1 kg/m²_{EBF}*a im Jahr 2050.

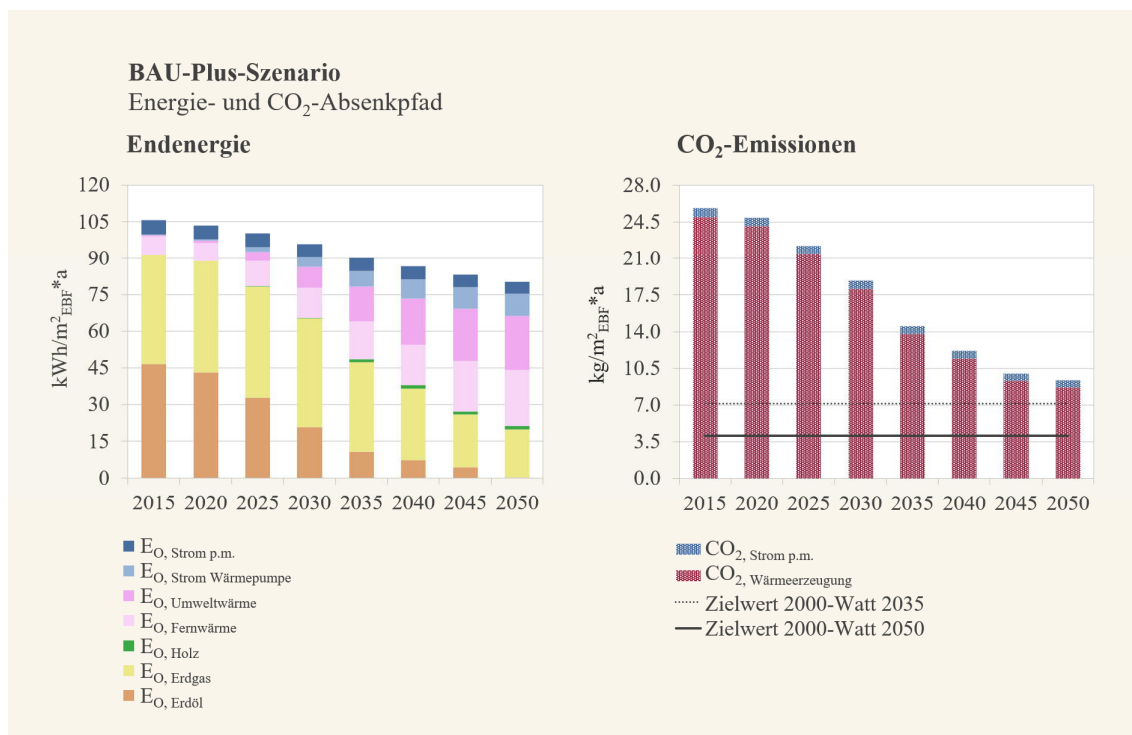


Abbildung 12: Energie- und CO₂-Absenkpfad BAU-Plus-Szenario

4.3.2 Abschätzung Finanzbedarf

Die zusätzlichen Kosten für den Ersatz der fossilen Energieträger erreichen im Jahr 2035 mit zusätzlichen 1.6 Mio. CHF/a den Höhepunkt (Abbildung 13). Die Kostenverteilung über die Jahre ist relativ flach. Bezogen auf die Gebäudehülle wird im Vergleich zum MIT-2kW-Szenario mit 0.4 Mio. CHF/a im Jahr 2035 weniger zusätzlich investiert. Kosteneinsparungen können in Höhe von 0.8 Mio. CHF/a im Jahr 2050 realisiert werden. Es werden keine Massnahmen bezüglich Gebäudetechnik modelliert. Die diskontierten und annuisierten Kosteneinsparungen können die Investitionskosten nicht wettmachen.

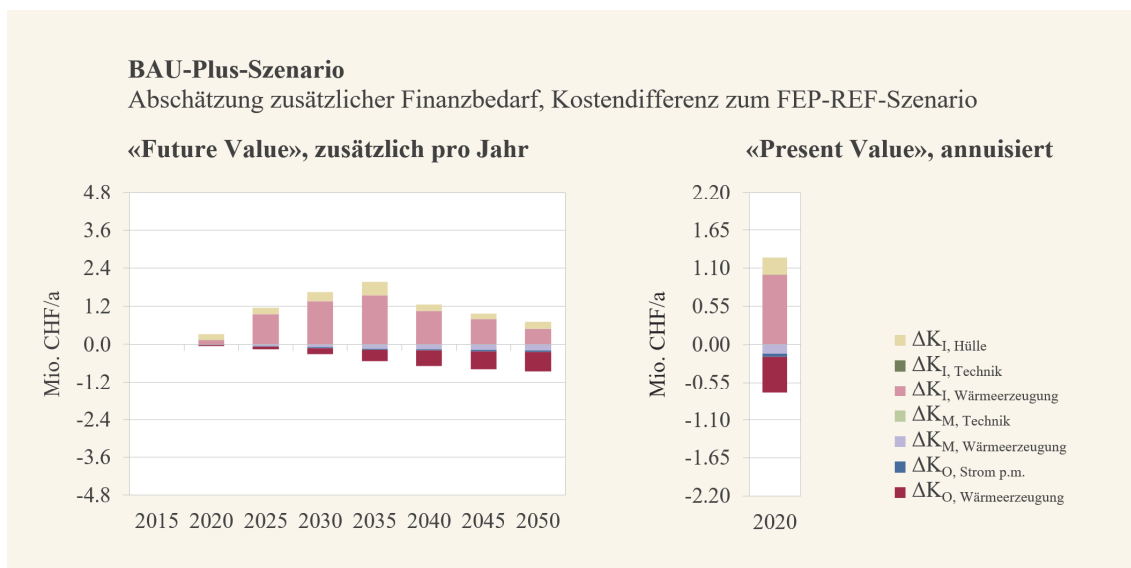
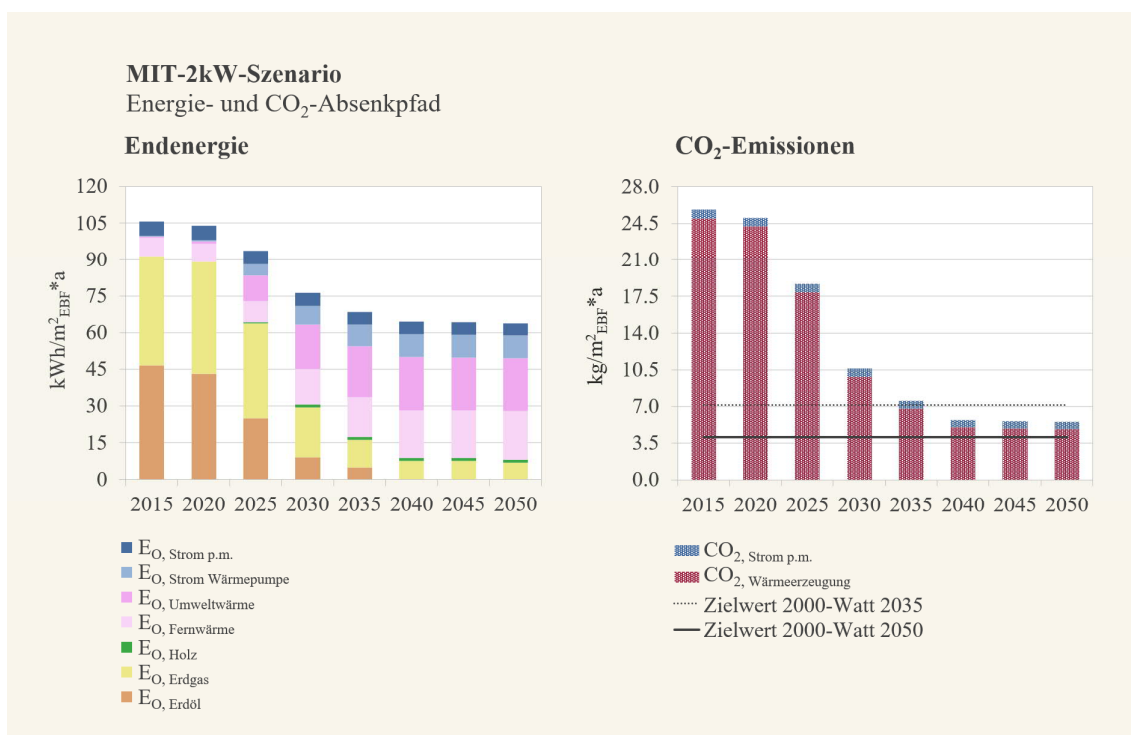


Abbildung 13: Abschätzung zusätzlicher Finanzbedarf BAU-Plus-Szenario

4.4 Entwicklungsszenario MIT-2kW

4.4.1 Energie- und CO₂-Absenkpfad

Werden sämtliche Empfehlungen der objektspezifischen GEAK-Plus Beratungsberichte (Amstein + Walthert AG, 2018c) und der Evaluationsberichte der Wärmeerzeuger (Amstein + Walthert AG, 2018e) hinsichtlich den energetischen Erneuerungsmassnahmen und empfohlenen Erneuerungszeitpunkte umgesetzt, ergibt sich folgender Energie- und CO₂-Absenkpfad (Abbildung 14).

Abbildung 14: Energie- und CO₂-Absenkpfad MIT-2kW-Szenario

Bis 2040 werden Ölheizungen komplett ersetzt. Erdgas-Anlagen werden auf ein Minimum beschränkt und kommen nur noch dort zum Einsatz, wo keine Alternativen existieren, dies nach Möglichkeit in Kombination mit Solarthermie. Ist ein Fernwärmenetz vorhanden oder geplant, werden die Liegenschaften konsequent angeschlossen. Der Anteil an Wärmepumpen mit Umweltwärme nimmt stark zu, so auch der Stromverbrauch. Holzheizungen kommen nur vereinzelt zum Einsatz.

Der Energieträgerwechsel sowie die Effizienzmassnahmen an Gebäudehülle und -technik zeigen sich in den CO₂-Emissionen. Diese liegen im Referenzjahr 2015 bei 25 kg pro Quadratmeter Energiebezugsfläche und Jahr. Im Jahr 2050 liegen diese mit 4.8 kg/m²_{EBF}*a knapp über dem klimapolitisch gesetzten Zielwert von 4.1 kg/m²_{EBF}*a. Für die Zielerreichung der 2000-Watt-Gesellschaft sind folglich noch zusätzliche Effizienzmassnahmen an der Gebäudehülle nötig. Im Bereich der erneuerbaren Energieträger ist das Potenzial bereits ausgeschöpft. Der restliche Gasanteil im Portfolio kann infolge mangelnder Alternativen nicht auf null gesenkt werden.

4.4.2 Abschätzung zusätzlicher Finanzbedarf

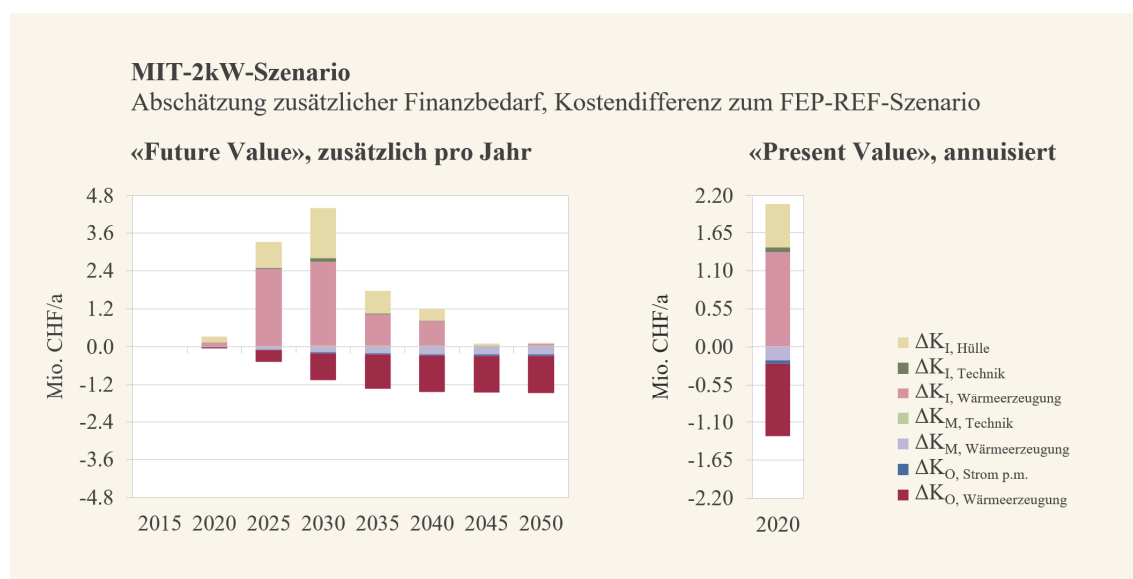


Abbildung 15: Abschätzung zusätzlicher Finanzbedarf MIT-2kW-Szenario

In den Jahren 2025 und 2030 fallen mit rund 2.6 Mio. CHF/a die grössten, zusätzlichen Kosten für den Ersatz der Öl- und Gasheizungen an. Zusätzliche Kosten energetischer Massnahmen an der Gebäudehülle verzeichnen mit rund 1.6 Mio. CHF/a im Jahr 2030 den Höchststand. Die zusätzlichen Kosten für die Gebäudetechnik mit EC/BO und der Installation von Wärmerückgewinnungsanlagen fallen gering aus. Dies hängt, nebst tieferen Kostenkennwerten für EC/BO und WRG, mit der Festlegung der zu modellierenden Massnahmen zusammen (Kapitel 3.2.6). Die Unterhaltskosten der Wärmeerzeugungs-

Anlagen können bis 2050 um 0.2 Mio. CHF/a gesenkt werden. Der Unterhalt der übrigen Gebäudetechnik (WRG) sowie die jährlich wiederkehrenden Kosten für EC/BO sind geringfügig. Die Energiekosteneinsparungen im Betrieb belaufen sich im Jahr 2050 auf 1.2 Mio. CHF/a. Bezüglich den diskontierten und annuisierten Kosten zeigt sich folgendes Bild (Abbildung 15): Den zusätzlichen Investitionskosten von 2.1 Mio. CHF/a in Gebäudehülle, -technik und Wärmeerzeugung stehen Kosteneinsparungen durch tiefere Unterhalts- und Betriebskosten von 1.3 Mio. CHF/a gegenüber. Eine detaillierte Kostenanalyse mit den numerischen Werten folgt nun im Kapitel 4.5.

4.5 Numerische Auswertung Kosten und CO₂-Emissionen

4.5.1 Investitionskosten

In den folgenden Kapiteln 4.5.1 bis 4.5.4 werden die detaillierten Ergebnisse hinsichtlich Investitions- Unterhalts- und Betriebskosten sowie zu den CO₂-Emissionen und CO₂-Vermeidungskosten präsentiert. Aufgrund von Rundungsdifferenzen können sich Abweichungen bei den Summenangaben ergeben. Im Anhang 5 und Anhang 6, Tabelle 19 und Tabelle 20 befinden sich die Resultate spezifisch für alle Wirtschaftseinheiten.

Mit knapp 10 Mio. CHF/a oder 64.4% fließt in der Erneuerungsplanung der grösste Anteil der Investitionskosten in energetisch nicht relevante Bauteile, insbesondere in Innenausbau Küche, Bad und WC sowie Sanitär- und Elektroanlagen (Tabelle 6). An zweiter Stelle folgt die Gebäudehülle mit 27.5%, gefolgt von Gebäudetechnik, vor allem Lüftungsanlagen, mit 4.6%. Die Wärmeerzeugung (ohne Wärmeverteilung) hält mit 3.6% einen verhältnismässig geringen Anteil an den gesamten Investitionskosten.

Die Entwicklungsszenarien BAU-Base und -Plus weisen ein ähnliches Kostenmuster auf, nur mit unterschiedlich starker Ausprägung. Zusätzliche Kosten für die Wärmeerzeuger-Umstellung fallen mit 2.9%/a respektive mit 6.6%/a ins Gewicht, zusätzliche Kosten für einen erhöhten energetischen Energiestandard bezüglich der Gebäudehülle mit 0.7%/a respektive mit 1.7%/a. Es werden keine EC/BO-Massnahmen modelliert. So fallen diesbezüglich auch keine Kosten an. Im MIT-2kW-Szenario fallen zusätzlich rund 1.4 Mio. CHF/a beziehungsweise 9.0%/a an zusätzlichen Investitionskosten für den Ersatz der fossilen Heizanlagen durch Wärmepumpen- und Fernwärme-Anlagen an. Der erhöhte energetische Standard bei der Erneuerung der Gebäudehülle beläuft sich auf zusätzliche 4.2%/a. Betriebsoptimierung und Energiecontrolling fallen mit +0.5%/a weniger stark ins Gewicht.

Tabelle 6: Abschätzung zusätzlicher Finanzbedarf Investitionen

Abschätzung Finanzbedarf Investition, annuisiert	Szenario			
	FEP-REF ¹⁾	BAU-Base ²⁾	BAU-Plus ²⁾	MIT-2kW ²⁾
Kostengliederung mit Indizes				
K _I Wärmeerzeugung [Mio. CHF/a] ^{A)}	0.539 (3.6%)	+0.436 (+2.9%)	+1.00 (+6.6%)	+1.36 (+9.0%)
K _I Hülle [Mio. CHF/a] ^{B)}	4.17 (27.5%)	+0.111 (+0.7%)	+0.251 (+1.7%)	+0.632 (+4.2%)
K _I Technik [Mio. CHF/a] ^{C)}	0.692 (4.6%)	+0 (+0%)	+0 (+0%)	+0.0727 (+0.5%)
K _I Bauteile nicht energetisch [Mio. CHF/a] ^{D)}	9.76 (64.4%)	+0 (+0%)	+0 (+0%)	+0 (+0%)
Investitionskosten K_I total	15.2 (100%)	+0.547 (+3.6%)	+1.25 (+8.3%)	+2.06 (+13.6%)

Hinweis: Abkürzungen: FEP: Finanz- und Erneuerungsplanung; ¹⁾Absolutwerte Annuität; ²⁾Differenz Szenario BAU-Base, BAU-Plus und MIT-2kW zum FEP-REF-Szenario; ^{A)}FEP-Bauteil «Wärmeerzeugung»; ^{B)}FEP-Bauteile «Steildach», «Flachdach», «Fenster/Aussentüren/Tore», «Fassade», «Steildach» und Anteil von «übriger Innenausbau»; ^{C)}FEP-Bauteile «Lüftung/Klima/Kälte» und «übrige Gebäudetechnik»; ^{D)}FEP-Bauteile «Wärmeverteilung», «Lifte/Hebebühnen», «Läden/Sonnenschutz», «Innenausbau Bad/WC», «Innenausbau Küche», «Sanitär», «Elektro», Anteil von «übriger Innenausbau» und «Tiefbau/Umgebung»

4.5.2 Unterhaltskosten

Der Unterhalt der Liegenschaften kostet den Eigentümer 3.28 Mio. CHF pro Jahr (Tabelle 7). Davon entfallen 90.4% der Unterhaltsleistungen auf energetisch nicht relevante Bauteile, mitunter vor allem auf die Mietwohnungen. Der Unterhalt der Heizanlagen beläuft sich auf 7.8%, die Lüftungsanlagen auf 1.8%.

Tabelle 7: Abschätzung zusätzlicher Finanzbedarf Unterhalt

Abschätzung Finanzbedarf Unterhalt, annuisiert	Szenario			
	FEP-REF ¹⁾	BAU-Base ²⁾	BAU-Plus ²⁾	MIT-2kW ²⁾
Kostengliederung mit Indizes				
K _M Wärmeerzeugung [Mio. CHF/a] ^{A)}	0.257 (7.8%)	-0.0498 (-1.5%)	-0.131 (-4.0%)	-0.190 (-5.8%)
K _M Technik [Mio. CHF/a] ^{B)}	0.0599 (1.8%)	+0 (+0%)	+0 (+0%)	+0.00924 (+0.3%)
K _M Bauteile nicht energetisch [Mio. CHF/a] ^{C)}	2.96 (90.4%)	+0 (+0%)	+0 (+0%)	+0 (+0%)
Unterhaltskosten K_M total	3.28 (100%)	-0.0498 (-1.5%)	-0.131 (-4.0%)	-0.181 (-5.5%)

Hinweis: Abkürzungen: FEP: Finanz- und Erneuerungsplanung; ¹⁾Absolutwerte Annuität; ²⁾Differenz Szenario BAU-Base, BAU-Plus und MIT-2kW zum FEP-REF-Szenario; ^{A)}FEP-Bauteil «Wärmeerzeugung»; ^{B)}FEP-Bauteile «Lüftung/Klima/Kälte» und «übrige Gebäudetechnik»; ^{C)}Mittelwerte 2017 bis 2019 «Unterhalt Mietobjekt» und «Unterhalt Allgemein» gemäss C. Anonymus (2019) abzüglich Unterhaltskosten K_M Wärmeerzeugung und K_M Technik

Die Umstellung auf unterhaltsamere Heizanlagen spiegelt sich in reduzierten Unterhaltskosten für die Wärmeerzeugung wieder; für das BAU-Base- und Plus-Szenario mit minus

1.5%/a respektive minus 4.0%/a; für das MIT-2kW-Szenario mit minus 5.8%/a. EC/BO Massnahmen verursachen jährlich wiederkehrende Unterhaltskosten, sind aber mit 0.3%/a im Vergleich zu den gesamten Unterhaltskosten marginal. Für das BAU-Plus- und Base-Szenario werden keine EC/BO Massnahmen modelliert.

4.5.3 Betriebskosten

Die Betriebskosten sind differenzierter zu betrachten. Nicht alle Kosten hat der Eigentümer zu bezahlen, gewisse Kosten sind umlagefähig und können auf den Mieter umgelegt werden (Art. 256 Abs. 1, Art 257a Abs 1 und Art. 259 OR). Dies trifft insbesondere auf Energiekosten für Heizung und Warmwasser zu, welche der Mieter über die Nebenkosten zu bezahlen hat. Aus Sicht des Eigentümers sind diese Kosten aber nicht minder relevant (Kapitel 5.1).

Für den Betrieb der Liegenschaften fallen 6.77 Mio. CHF pro Jahr an, siehe Tabelle 8. Davon entfallen 1.91 Mio. CHF/a sprich 28.3% auf mieterseitige Energiekosten für Heizung und Warmwasser und 4.3% auf eigentümerseitige Energiekosten für Elektrizität. Mieterseitige Elektrizitätskosten werden in dieser Arbeit nicht berücksichtigt (Kapitel 2.2.4). Ein Grossteil der Betriebskosten geht mit 67.4% an energetisch nicht relevante Bauteile und Leistungen wie Hauswartung, Reinigung, Verwaltung und weitere. Im MIT-2kW-Szenario können 1.06 Mio. CHF pro Jahr sprich 21.9% der Betriebskosten durch effizientere Wärmeerzeugungsanlagen eingespart werden. Durch effiziente Lüftungsanlagen und Gebäudetechnik können weitere 1%/a an Betriebskosten gespart werden. In den BAU-Plus und -Base Szenarien sind die entsprechenden Einsparungen geringer.

Tabelle 8: Abschätzung zusätzlicher Finanzbedarf Betrieb

Abschätzung Finanzbedarf Betrieb, annuisiert	Szenario			
	FEP-REF ¹⁾	BAU-Base ²⁾	BAU-Plus ²⁾	MIT-2kW ²⁾
Kostengliederung mit Indizes				
Ko Wärmeerzeugung [Mio. CHF/a] ^{A)}	1.91 (28.3%)	-0.170 (-3.5%)	-0.522 (-10.8%)	-1.06 (-21.9%)
Ko Strom [Mio. CHF/a] ^{B)}	0.295 (4.3%)	-0.0480 (-1.0%)	-0.0480 (-1.0%)	-0.0480 (-1.0%)
Ko Betrieb nicht energetisch [Mio. CHF/a] ^{C)}	4.56 (67.4%)	+0 (+0%)	+0 (+0%)	+0 (+0%)
Betriebskosten Ko total	6.77 (100%)	-0.218 (-4.5%)	-0.570 (-11.8%)	-1.11 (-22.9%)

Hinweis: Abkürzungen: FEP: Finanz- und Erneuerungsplanung; ¹⁾Absolutwerte Annuität; ²⁾Differenz Szenario BAU-Base, BAU-Plus und MIT-2kW zum FEP-REF-Szenario; ^{A)}FEP-Bauteil «Wärmeerzeugung»; ^{B)}FEP-Bauteile «Lüftung/Klima/Kälte» und «übrige Gebäudetechnik»; ^{C)}Mittelwerte 2017 bis 2019 «Total Betriebskosten» gemäss C. Anonymus (2019) abzüglich Betriebskosten FEP-Bauteile «Lüftung/Klima/Kälte» und «übrige Gebäudetechnik»

4.5.4 CO₂-Emissionen und -Vermeidungskosten

Mit den modellierten Erneuerungsmassnahmen innerhalb der Erneuerungsszenarien können im Vergleich zur Referenzentwicklung teils grosse CO₂-Emissionsreduktionen realisiert werden (Tabelle 9). Im BAU-Base- und Plus-Szenario sind es noch rund 1'400 respektive 3'800 Tonnen eingesparte CO₂-Emissionen pro Jahr. Im MIT-2kW-Szenario können knapp 5'100 Tonnen CO₂-Emissionen pro Jahr eingespart werden. Dies entspricht einer Emissions-Reduktion von 77.2%. Unter Berücksichtigung des gesamten zusätzlichen Finanzbedarfs mit Investitions-, Unterhalts- und Betriebskosten liegen die CO₂-Vermeidungskosten der Entwicklungsszenarien zwischen CHF 195 und CHF 144 pro eingesparte Tonne CO₂-Emissionen.

Tabelle 9: Abschätzung CO₂-Emissionen und -Vermeidungskosten

CO ₂ -Absenkpfad	Szenario			
	FEP-REF ¹⁾	BAU-Base ²⁾	BAU-Plus ²⁾	MIT-2kW ²⁾
CO ₂ -Emissionen und CO ₂ -Vermeidungskosten				
CO ₂ -Emissionen [t/*a] ^{A)}	6'551 (100%)	-1'446 (-22.2%)	-3'849 (-58.9%)	-5'052 (-77.2%)
CO ₂ -Emissionen [kg/m ² _{EBF} *a] ^{A)}	20.8 (100%)	-4.6 (-22.2%)	-12.3 (-58.9%)	-16.1 (-77.2%)
CO₂-Vermeidungskosten [CHF/t]	n.a.	195	144	153

Hinweis: Abkürzungen: FEP: Finanz- und Erneuerungsplanung; ¹⁾Absolutwerte Annuität; ²⁾Differenz Szenario BAU-Base, BAU-Plus und MIT-2kW zum FEP-REF-Szenario; ^{A)}CO₂-Emissionen Betrieb ohne «Grauen CO₂-Emissionen» der Industrie und der Bauwirtschaft für die Baustoffbereitstellung sowie Bau- und Rückbauprozesse

Innerhalb der einzelnen Szenarien können die Vermeidungskosten massnahmenspezifisch in einer Grenzvermeidungskostenkurve dargestellt werden, hier exemplarisch am Beispiel des MIT-2kW-Szenarios (Abbildung 16). Auf der x-Achse wird das kumulierte CO₂-Vermeidungspotenzial dargestellt, auf der y-Achse die CO₂-Grenzvermeidungskosten. Die dargestellten Flächen (Integral) bilden die CO₂-Vermeidungskosten pro Massnahme ab.

Negative Vermeidungskosten mit grossem CO₂-Vermeidungspotenzial resultieren durch den geringen Energie- und Unterhaltsbedarf im MIT-2kW-Szenario. Diese Potenziale können jedoch nur in Kombination mit den entsprechenden Investitionen in die Wärmeerzeugung, Gebäudehülle und -Technik realisiert werden. Energiecontrolling, Betriebsoptimierung und Wärmerückgewinnungs-Anlagen weisen nur ein geringes CO₂-Vermeidungspotenzial auf. Die grössten Vermeidungspotenziale können nur durch Wärmedämmung und vor allem durch den Ersatz von Öl- und Gasheizungen mit erneuerbaren Energieträgern erschlossen werden.

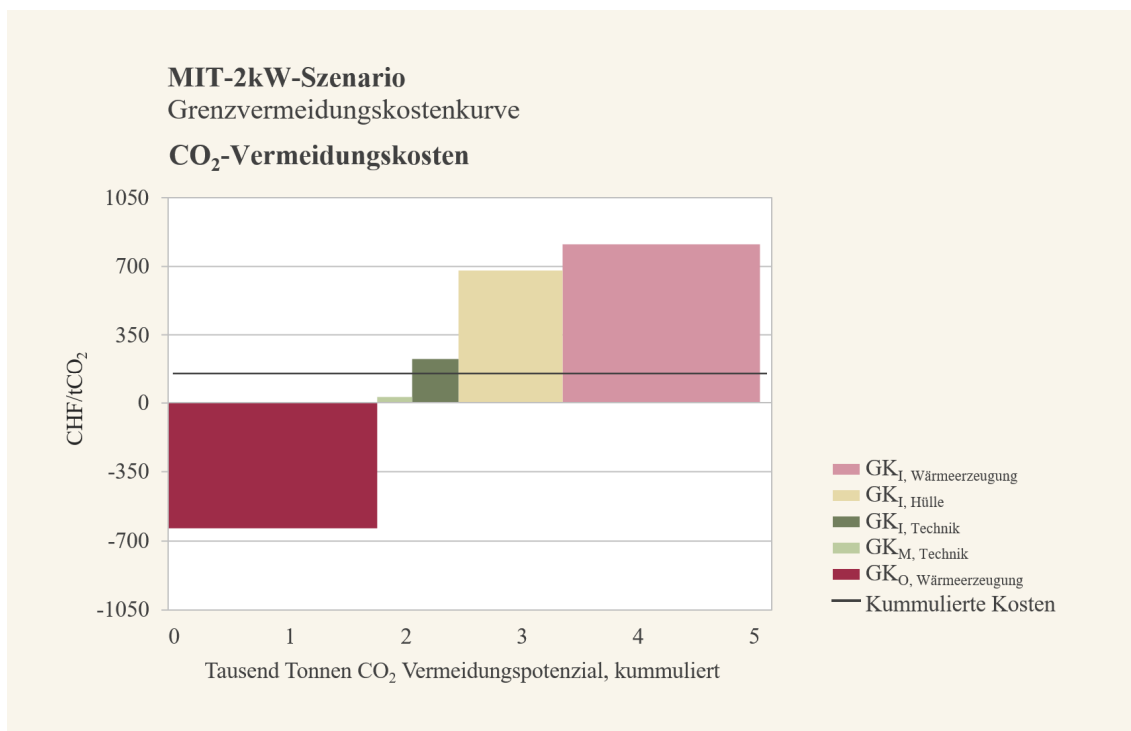


Abbildung 16: Grenzvermeidungskostenkurve MIT-2kW-Szenario

4.6 Szenarienübersicht und -Zusammenfassung

Abbildung 17 zeigt die Abschätzung des zusätzlichen Finanzbedarfs für die Umsetzung der drei unterschiedlichen Entwicklungsstrategien BAU-Base, BAU-Plus und MIT-2kW in der Übersicht. Es handelt sich dabei um Kosten, die zusätzlich zu der bestehenden Finanz- und Erneuerungsplanung, FEP-REF, hinzukommen. Abbildung 18 zeigt den absoluten Finanzbedarf für das FEP-REF-Szenario sowie die drei Entwicklungsszenarien. Um die Verhältnismässigkeiten besser zu visualisieren, werden dabei auch die Kosten energetisch nicht relevanter Bauteile dargestellt. So ergibt sich ein vollständiges Bild auf die Investitions-, Unterhalts- und Betriebskosten.

Sämtliche Szenarien haben einen Kostenüberhang. Die Kosten der CO₂-Absenkung sind höher als die Kosteneinsparungen. Das heisst, die geringeren Energie- und Unterhaltskosten vermögen die erhöhten Investitionskosten für Wärmedämmung, Betriebsoptimierung, Energiecontrolling und der Ersatz der Öl- und Gasheizungen durch Wärmepumpen, Fernwärme und Holzfeuerungen nicht zu kompensieren. Die Höhe des Kostenüberhangs hängt stark von den getroffenen Annahmen hinsichtlich der Energiepreisentwicklung ab (Kapitel 3.3).

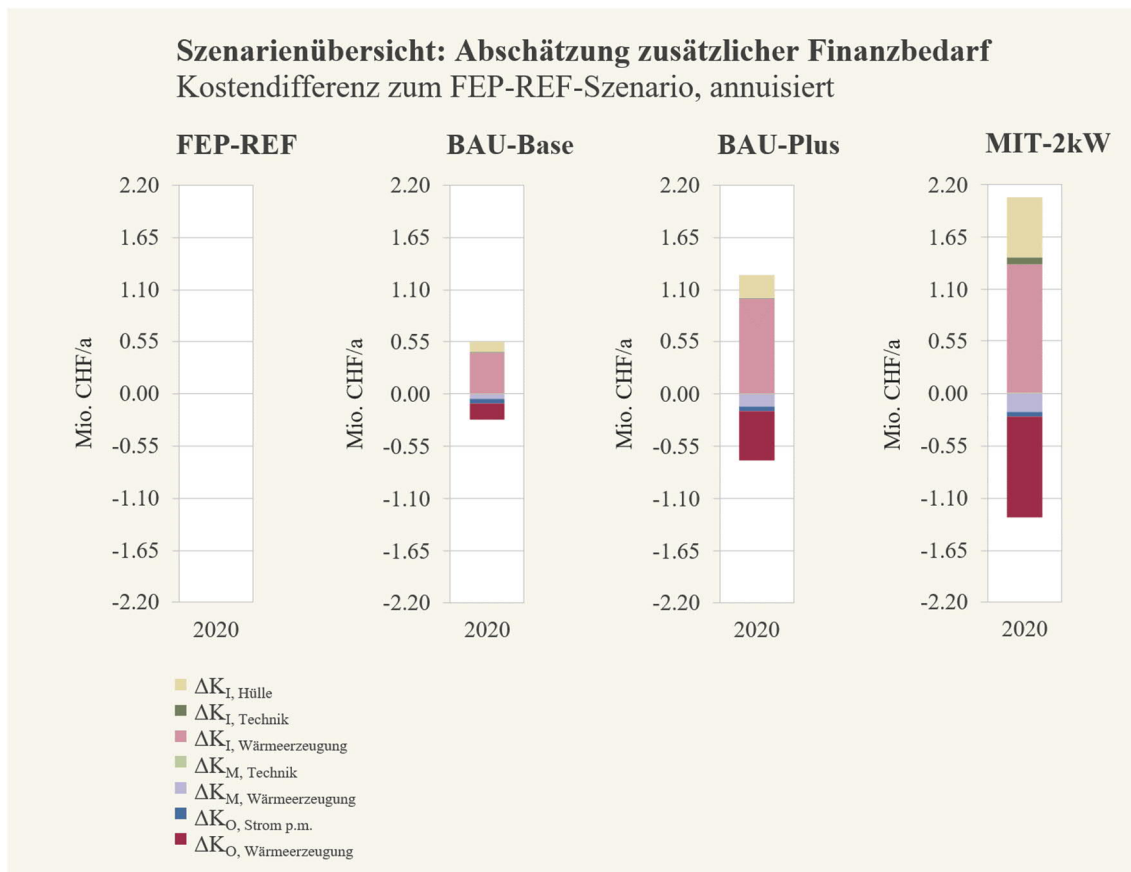


Abbildung 17: Übersicht Abschätzung zusätzlicher Finanzbedarf

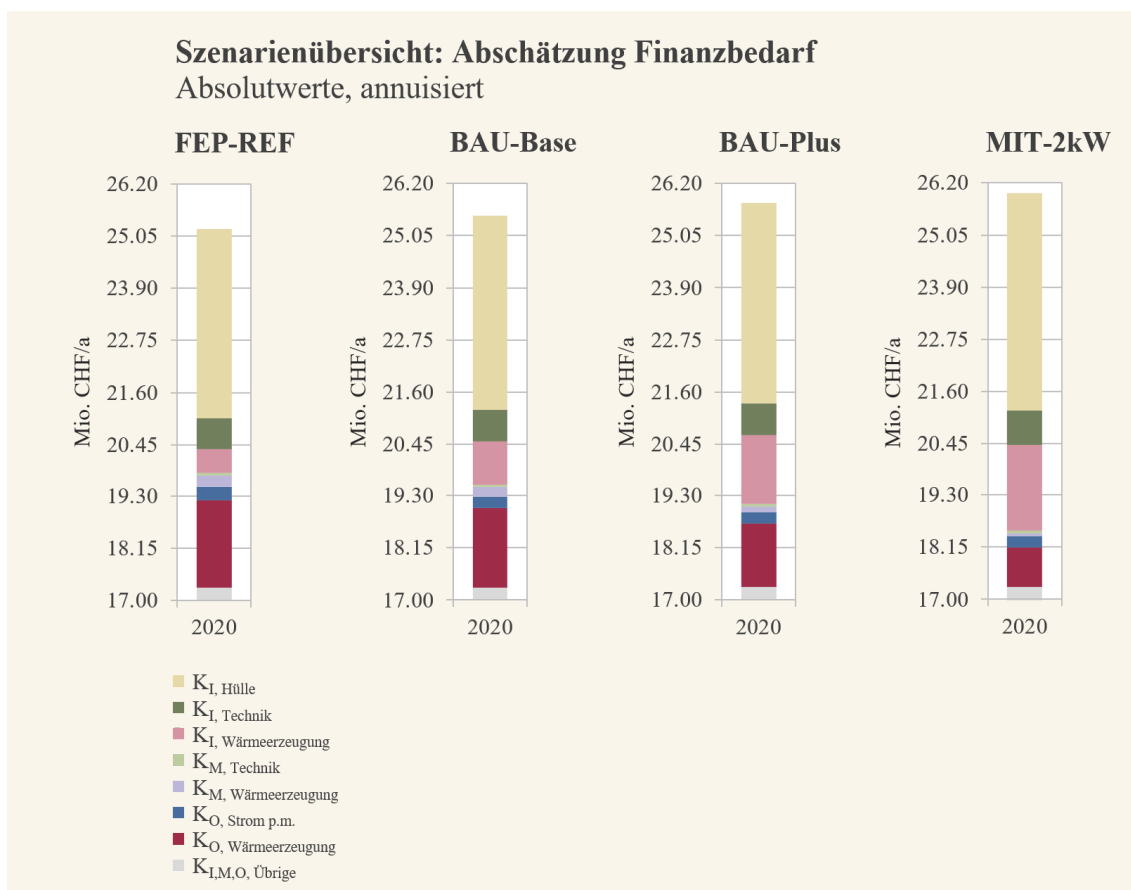


Abbildung 18: Übersicht Abschätzung Finanzbedarf

Für die BAU-Base und -Plus Szenarien entstehen zusätzlichen Investitionskosten von 0.547 Mio. CHF/a respektive 1.25 Mio. CHF/a (Tabelle 10). Die Unterhalts- und Betriebskosten-Einsparungen vermögen die erhöhten Investitionskosten nicht auszugleichen. Der erhöhte Finanzbedarf liegt bei diesen Szenarien, ohne Berücksichtigung der Betriebskosten, bei +2.7%/a (0.497 Mio. CHF/a) respektive bei +6.1%/a (1.12 Mio. CHF/a) im Vergleich zum FEP-REF-Szenario.

Tabelle 10: Übersicht Abschätzung zusätzlicher Finanzbedarf

Abschätzung Finanzbedarf, annuisiert	Szenario			
	FEP-REF ¹⁾	BAU-Base ²⁾	BAU-Plus ²⁾	MIT-2kW ²⁾
Kostengliederung mit Indizes				
Investitionskosten K_I total ^{A)}	15.2 (100%)	+0.547 (+3.6%)	+1.25 (+8.3%)	+2.06 (+13.6%)
Unterhaltskosten K_M total ^{B)}	3.28 (100%)	-0.0498 (-1.5%)	-0.131 (-4.0%)	-0.181 (-5.5%)
Betriebskosten K_O total ^{C)}	6.77 (100%)	-0.218 (-4.5%)	-0.570 (-11.8%)	-1.11 (-22.9%)
Finanzbedarf $K_{I,M}$ total	18.5 (100%)	+0.497 (+2.7%)	+1.12 (+6.1%)	+1.88 (+10.2%)
Finanzbedarf $K_{I,M,O}$ total	25.3 (100%)	+0.279 (+1.1%)	+0.551 (+2.2%)	+0.773 (+3.1%)

Hinweis: Abkürzungen: FEP: Finanz- und Erneuerungsplanung; ¹⁾Absolutwerte Annuität inklusive Kosten für energetisch nicht relevante Bauteile; ²⁾Differenz Szenario BAU-Base, BAU-Plus und MIT-2kW zum FEP-REF-Szenario; ^{A)}Investitionskosten K_I entsprechen «Baukosten» nach CRB (SIA, 2000, S. 19), «Instandsetzungskosten» und «Erneuerungskosten» nach SIA Norm 469 (1997, S. 14–15), «Instandsetzungskosten» gemäss Erneuerungsplanung (B. Anonymus, 2020b, S. 4), «Capex» gemäss Immobilienbewertung (C. Anonymus, 2019, S. 8); ^{B)}Unterhaltskosten K_M entsprechen «Instandhaltungskosten» nach SIA Norm 469 (1997, S. 14–15), «Instandhaltungskosten» gemäss Erneuerungsplanung (B. Anonymus, 2020c, S. 2), «Unterhalt Allgemein» und «Unterhalt Mietobjekt» gemäss Immobilienbewertung (C. Anonymus, 2019, S. 8); ^{C)}Betriebskosten K_O entsprechen «Betriebskosten» nach SIA Norm 469 (1997, S. 21–26), «Betriebskosten ohne Instandhaltungskosten» nach CRB (2011, S. 28) und «Betriebskosten» gemäss Immobilienbewertung (C. Anonymus, 2019, S. 8)

Für das MIT-2kW-Szenario entsteht ein zusätzlicher Investitionsbedarf von 2.06 Mio. CHF/a sprich zusätzlich 13.6%/a zu den Referenz-Investitionskosten. Denen stehen Unterhaltskosten-Einsparungen von 0.181 Mio. CHF/a und Betriebskosten-Einsparungen beziehungsweise Energiekosten-Einsparungen von 1.11 Mio. CHF gegenüber. Insgesamt resultiert daraus ein Kostenüberschuss von 0.773 Mio. CHF/a. Ohne die Berücksichtigung der Betriebskosten (umlegbar) ergibt sich ein Kostenüberschuss von rund 1.88 Mio. CHF/a. Dies entspricht einem erhöhten Finanzbedarf von rund 3.1%/a mit – respektive 10.2%/a ohne – der Berücksichtigung der Energiekosten. Mit dem MIT-2kW-Szenario werden über 5'000 Tonnen CO₂-Emissionen pro Jahr vermieden. Es resultieren CO₂-Vermeidungskosten von rund 153 CHF pro vermiedene Tonne CO₂-Emissionen.

5. Diskussion

5.1 Diskussionspunkt 1: Kosten versus Wert

Die Abschätzung des Finanzbedarfs zur Erreichung der klimapolitischen Zielsetzung hat gezeigt; rund 10% hat der Eigentümer zusätzlich pro Jahr zu investieren, um die CO₂-Emissionen durch den Gebäudebetrieb massgebend zu senken. Diesen Kosten stehen Energiekosteneinsparungen gegenüber, welche den Mietparteien durch tiefere Nebenkosten zugutekommt.

Der nicht philanthropische Eigentümer stellt sich aus Renditeüberlegung die Frage, warum er die 10%/a an zusätzlichen Kosten aufwenden soll, wenn er gesetzlich nicht zur Internalisierung der Externalitäten des Klimawandels verpflichtet ist? In der freien Marktwirtschaft mit Marktversagen und / oder Politikversagen hinsichtlich Externalitäten kann sich der Eigentümer keinen Wettbewerbsvorteil verschaffen, wenn er sich freiwillig für die Optimierung der sozialen Wohlfahrt einsetzt.

In den folgenden Ausführungen soll aufgezeigt werden, wie sich die zusätzlichen Kosten der Entwicklungsszenarien auf den Wert des Immobilienportfolios auswirken. Dazu werden objektscharf die zusätzlichen Kosten in die DCF-Bewertungen (C. Anonymus, 2019) eingelesen und modelliert. Die Investitionskosten können unter «Instandsetzungskosten / Capex» und die Unterhaltskosten unter «Unterhalt Allgemein» phasengerecht erfasst werden. In der ersten Phase, Investitionszeitpunkt in einem Jahr bis in zehn Jahren, werden die künftigen Kosten («Future Value») erfasst und im DCF-Modell entsprechend diskontiert. In der zweiten Phase, Investitionszeitpunkt in über 10 Jahren, werden die entsprechenden annuisierten Kosten erfasst. Dabei werden wiederum nur die zusätzlichen Kosten berücksichtigt, da die Referenz-Erneuerungsplanung bereits in der DCF-Bewertung erfasst ist.

Die mieterseitigen Betriebskosten, wie die Energiekosten, werden in der DCF-Bewertung nicht erfasst. Dennoch werden in der Literatur Ansätze diskutiert, inwiefern sich tiefere Nebenkosten auf die Ertragsseite auswirken (Kofner, 2019, S. 243). Hervorzuheben sind hier die Erhöhung der Marktmieten oder die Reduktion von strukturellen Leerständen. Im vorliegenden Immobilienportfolio liegt das Potenzial in den Leerstandsausfällen, welche rund 2.3 Mio. CHF/a (Jahr 2021 DCF-Bewertungsberichte) oder 3.4% der Sollmieten ausmachen. Dieses Potenzial dürfte sich in den kommenden Jahren infolge der Überproduktion auf dem Wohnungsmarkt noch erhöhen (Wüest Partner AG, 2020, S. 4). So

werden in der folgenden Modellrechnung 50% der Energiekostenreduktionen dazu eingesetzt, die Leerstandsausfälle zu senken – jedoch nur bei Liegenschaften, die diesbezüglich auch Potenzial aufweisen.

Weiter werden auf der Ertragsseite 50% der Investitionskosten auf die Mieter überwält, jedoch wiederum nur bei Liegenschaften, die diesbezüglich Potenzial aufweisen. Das Potenzial wird pro Liegenschaft anhand der Marktmieten abgeschätzt. Dazu wird die Ist-Marktmiete mit der 60. Perzentil-Marktmiete ins Verhältnis gesetzt.

So ergibt die DCF-Modellrechnung unter Berücksichtigung des abgeschätzten, zusätzlichen Finanzbedarfs der Entwicklungsszenarien folgende Wertkorrekturen für das gesamte Immobilienportfolio (Abbildung 19, Tabelle 21):

- BAU-Base-Szenario: Minus 6.4 Mio. CHF respektive (-0.4%) ohne Berücksichtigung der Energiekosteneinsparungen und minus 4.7 Mio. CHF (-0.3%) unter Berücksichtigung der Energiekosteneinsparungen durch Leerstandsreduktion;
- BAU-Plus-Szenario: Minus 12.5 Mio. CHF (-0.9%) ohne Berücksichtigung der Energiekosteneinsparungen und minus 7.1 Mio. CHF (-0.5%) unter Berücksichtigung der Energiekosteneinsparungen durch Leerstandsreduktion;
- MIT-2kW-Szenario: Minus 21.9 Mio. CHF (-1.5%) ohne Berücksichtigung der Energiekosteneinsparungen und minus 10.2 Mio. CHF (-0.7%) unter Berücksichtigung der Energiekosteneinsparungen durch Leerstandsreduktion.

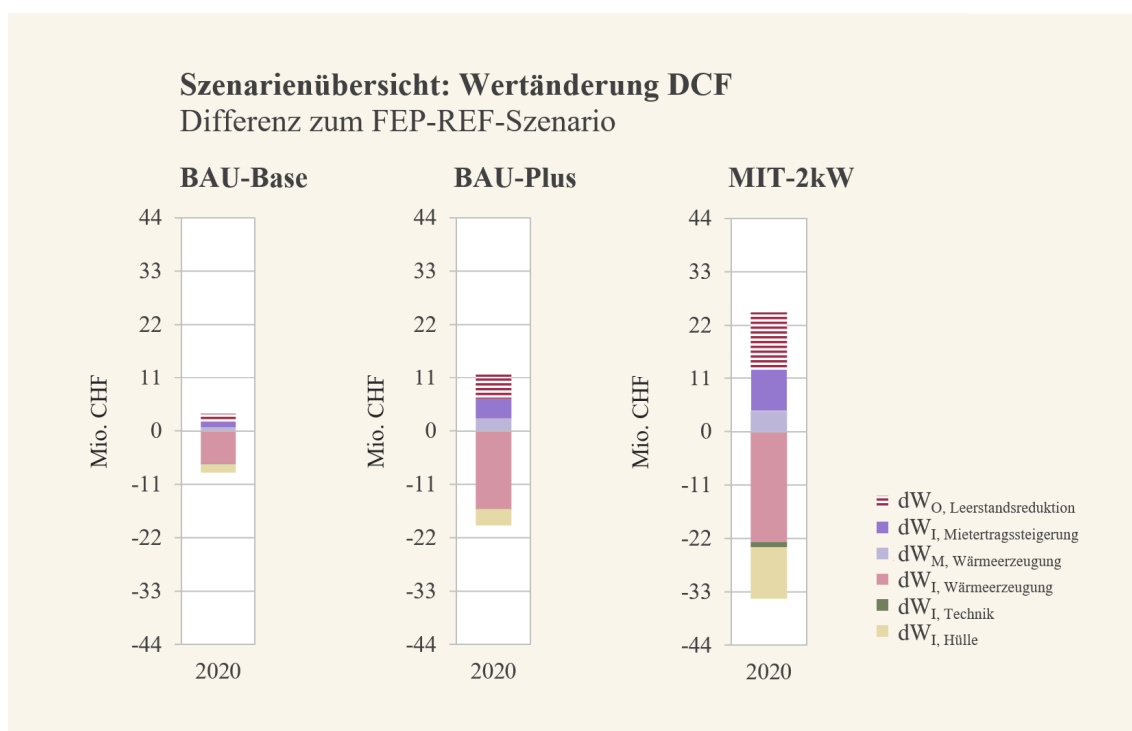


Abbildung 19: Abschätzung Wertänderung DCF

Alle drei Entwicklungsszenarien führen – unter Berücksichtigung der zusätzlichen Investitionskosten, der geringeren Unterhalts- und Betriebskosten und unter Berücksichtigung der Annahmen bezüglich der Energiepreisentwicklungen (Kapitel 3.3) – zu einer Wertreduktion des gesamten Immobilienportfolios. Hat der nicht philanthropische Eigentümer folglich keinerlei Anreize, die CO₂-Emissionen des Immobilienportfolios zu reduzieren?

5.2 Diskussionspunkt 2: Klimapolitik Schweiz

5.2.1 210 CHF/t CO₂-Abgabe

Doch was geschieht, wenn der Gesetzgeber seinen Verpflichtungen aus dem Pariser Klimaabkommen nachkommt (Klimaübereinkommen von Paris vom 12.12.2015, SR 0.814.012, Stand 18.05.2020), die CO₂-Emissionen stärker bepreist und so die Kosten des Klimawandels verursachergerecht internalisiert? Absehbar ist unter anderem eine etappierte Erhöhung der CO₂-Abgabe von 96 CHF/t auf 210 CHF/t CO₂ (Schweizerischer Bundesrat, 2017, S. 361). Die Erhöhung der Abgabe würde die Preise der fossilen Energieträger wie Heizöl und Erdgas – je nach Referenzpreis ohne Abgabe – um bis zu 43% erhöhen (Eidgenössische Zollverwaltung, 2018, S. 1). Die CO₂-Abgabe wird auf alle fossilen Energieträger erhoben und betrifft auch die Haushalte (Sigrist et al., 2019, 4, 32).

Wird diese Preiserhöhung im MIT-2kW-Szenario modelliert, steigen die Unterhalts- und Energiekosten-Einsparungen von 1.3 Mio. CHF/a auf 1.9 Mio. CHF/a um über 40% an (Abbildung 20).

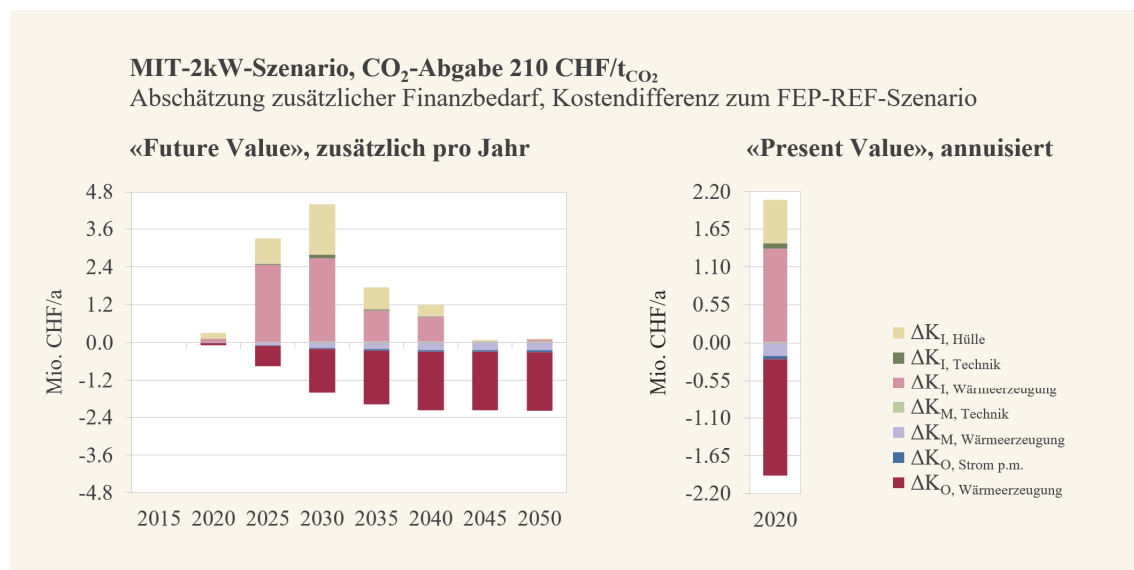


Abbildung 20: Abschätzung zusätzlicher Finanzbedarf mit erhöhter CO₂-Abgabe

Wiederum können die potenziellen Unterhalts- und Energiekosten-Einsparungen und somit die tiefen mieterseitigen Nebenkosten in der DCF Bewertung mit einem tieferen

strukturellen Leerstand kapitalisiert werden. So kann – unter der Annahme einer 50-prozentigen Kapitalisierung der Unterhalts- und Energiekosten-Einsparungen – der Wertverlust beinahe kompensiert werden (Abbildung 21). Im MIT-2kW-Szenario resultiert so durch die Umsetzung der CO₂-Absenkstrategie ein Wertverlust von knapp 1.3 Mio. CHF, dies entspricht -0.1%. Dieser Wert liegt aber im Fehlerbereich des Modells und ist wenig aussagekräftig.

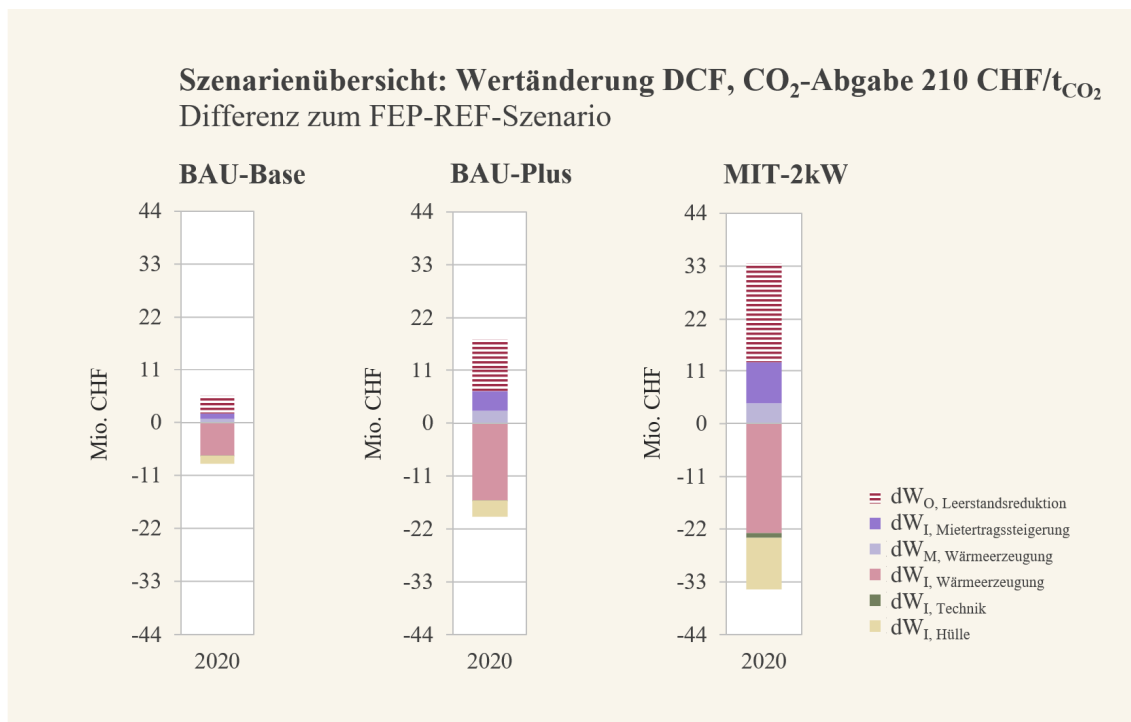


Abbildung 21: Abschätzung Wertänderung DCF mit erhöhter CO₂-Abgabe

Es geht vielmehr um die Erkenntnis, die aus dieser Modellrechnung gezogen werden kann: Steigen die Energiepreise der fossilen Energieträger aus klimapolitischen oder marktwirtschaftlichen respektive geopolitischen Gründen um mindestens 40% und können potenzielle Energiekosteneinsparungen, unter anderem durch Leerstandsreduktion, zu mindestens 50 Prozent kapitalisiert werden, so lohnt es sich für den Immobilieneigentümer, eine aktive und konsequente Strategie bezüglich CO₂-Emissionsreduktion zu verfolgen. Sinken hingegen die Energiepreise fossiler Energieträger und / oder wechselt der (Wohnungs-)Mietermarkt langfristig in einen Nachfrageüberhang an den entsprechenden Standorten, was mit tiefen strukturellen Leerständen einhergeht, so hat der Eigentümer nicht genügend Energiekostenreduktionspotenzial, welches er kapitalisieren kann. Als Entscheidungsgrundlage für die Wahl der optimalen CO₂-Reduktionsstrategie rücken folglich die Energiepreisszenarien sowie langfristige Prognosen hinsichtlich der Entwicklungen auf dem (Wohnungs-)Mietermarkt in den Fokus.

5.2.2 Weitere klimapolitische Instrumente und Regulationen

Ergänzend zur CO₂-Abgabe sind weitere klimapolitische Instrumente und Regulationen im Gebäudebereich wichtige Entscheidungsgrundlagen für die Wahl der CO₂-Reduktionsstrategie:

- Das Gebäudeprogramm: Ein Subventionsprogramm der Kantone für Investitionen in Energieeffizienz (Gebäudehülle und -Technik) und erneuerbare Energien (Wärmeerzeugung, 2006 eingeführt und finanziert durch die CO₂-Abgabe (Jakob et al., 2010, S. 154);
- CO₂-Grenzwerte für bestehende Bauten und Neubauten: Zurzeit ist ein Grenzwert von 20 kg_{CO₂}/m²_{EBF}*a ab 2026 (mit Übergangsfrist) für bestehende Bauten zum Zeitpunkt des Ersatzes der Wärmeerzeugungsanlagen vorgesehen. Dieser Wert soll in Fünf-Jahres-Schritten verschärft werden (UREK, 2019, S. 1). Ein langfristiger CO₂-Grenzwert von 6 kg_{CO₂}/m²_{EBF}*a, wie es der Schweizerische Bundesrat 2017 vorgesehen hat (Art. 9 des Entwurfs des Bundesgesetzes über die Verminderung von Treibhausgasemissionen vom 01.12.2017, 17.071), wird zurzeit nicht mehr formuliert;
- CO₂-Zertifikate: Freiwilliger CO₂-Zertifikatshandel (zum Beispiel mit «Certified Emission Reductions», CERs) für die CO₂-Kompensation von Privaten und Unternehmen, beaufsichtigt durch das UNO-Klimasekretariat (UNFCCC) und koordiniert durch das Schweizer Emissionshandelssystem (EHS). Die Zertifikate werden von Privaten emittiert und durch das UNFCCC anerkannt (Kapitel 5.3.2 und Kapitel 5.3.3). Nicht zu verwechseln mit dem Emissionshandelssystem für Betreiber von Anlagen im Industrie- und Luftfahrtsektor wo ein Zertifikatserwerb zwingend ist und der Bund die Menge der CO₂-Zertifikate reguliert.

Das Gebäudeprogramm ist in den MIT-2kW, BAU-Plus und -Base Szenarien nicht berücksichtigt. Investitionskosten-Einsparungen von bis zu 15% sind möglich, in Abhängigkeit von den getroffenen Massnahmen und der realisierten Energieeinsparung (Sigrüst & Kessler, 2017, S. 56).

Die CO₂-Grenzwerte werden in den MIT-2kW, BAU-Plus und -Base Szenarien berücksichtigt. Nicht berücksichtigt werden hingegen die Verschärfungen der Grenzwerte. Sollte eine Verschärfung der Grenzwerte auf bis zu 6 kg_{CO₂}/m²_{EBF}*a gesetzlich verankert werden, ist das BAU-Base-Szenario nicht mehr gesetzeskonform. Hier gilt es die Verabschiedung der Totalrevision des CO₂-Gesetzes abzuwarten.

5.3 Diskussionspunkt 3: Adaption, Mitigation, Kompensation International

5.3.1 Externalitäten

Doch wo liegt der faire oder optimale Preis für eine emittierte oder vermiedene Tonne CO₂? Optimal unter Berücksichtigung der privaten Grenzkosten- und Grenznutzenkurve, fair unter Berücksichtigung der intra- und inter-gesellschaftlichen Grenzkosten- und Grenznutzenkurve.

Grundsätzlich haben CO₂-Emissionen in die Atmosphäre keinen Preis, da es sich bei der Atmosphäre in diesem Kontext um ein klassisches Allmend-Gut handelt, welches übernutzt wird. Die Kosten der Übernutzung hingegen respektive die negativen Externalitäten haben einen Preis, welcher die Gesellschaft von heute und morgen zu zahlen hat.

Existieren keine Preise für die CO₂-Emissionen existiert kein Markt. Für die Internalisierung der negativen externen Effekte mit der Preisfestlegung der CO₂-Emissionen braucht es folglich regulierende Massnahmen der Staatengemeinschaft, von einzelnen Staaten, von NGOs oder privatwirtschaftlichen Akteuren. So werden Preise für CO₂-Emissionen durch CO₂-Steuern oder CO₂-Zertifikate von unterschiedlichen Akteuren festgelegt. So gibt es auch für die Festlegung des Preises unterschiedliche Ansätze.

5.3.2 Ansätze Preissetzung CO₂-Emissionen

Ein Ansatz besteht darin, die Adaptionkosten, das heisst die künftigen Kosten des Klimawandels respektive die künftigen Schäden zu quantifizieren. Gemäss Eichenberger (2020) liegt so der Preis pro Tonne CO₂ heute bei CHF 40, im Jahr 2030 bei CHF 75. Schubert (2007, S. 8) argumentiert, dass die Bestimmung der sozialen Grenzkosten in der Praxis kaum möglich sei und so die Preisfestlegung der Pigou-Steuer nicht über die Adaptionkosten erfolgen könne.

Ein weiterer Ansatz bei der CO₂-Preisfestlegung besteht darin, das anzustrebende Emissionsniveau vorzugeben und den Preis für CO₂ so festzulegen, damit das Emissionsniveau erreicht wird. Bei Zielverfehlung wird der Preis angepasst. Die gesellschaftlichen Grenzkosten sind bei diesem Ansatz nicht bekannt. Die schweizerische CO₂-Abgabe folgt diesem Preis-Standard-Ansatz, die Abgabe liegt derzeit bei CHF 96 pro Tonne CO₂ und soll auf CHF 210 pro Tonne CO₂ erhöht werden (Schweizerischer Bundesrat, 2017, S. 361).

Ein dritter Ansatz zur Bestimmung der CO₂-Preise führt über die Mitigationskosten der Emissionsvermeidung. Dabei können die CO₂-Emissionen direkt im eigenen Unternehmen oder Immobilienportfolio reduziert werden oder indirekt in sogenannten Offset-

Projekten und -Produkten durch Dritte. Die CO₂-Vermeidungskosten ergeben sich jeweils durch die Mitigationsmassnahme im Vergleich zu einer Referenzmassnahme und den reduzierten CO₂-Emissionen. In der vorliegenden Arbeit liegen im Mitigationsszenario MIT-2kW die CO₂-Vermeidungskosten bei rund CHF 153 pro Tonne CO₂ beziehungsweise bei CHF 363 pro Tonne CO₂ ohne die Berücksichtigung der mieterseitigen Energiekosteneinsparungen. Studien für den Immobiliensektor der letzten Jahre legen Kosten nahe zwischen 100 bis 500 US Dollar pro Tonne CO₂ (Jung & Park, 2017, S. 36), zwischen 40 bis 200 US Dollar pro Tonne CO₂ (Xiao et al., 2014, S. 100) oder zwischen CHF 140 und CHF 372 pro Tonne CO₂ (Jakob et al., 2010, S. 158; A. Müller & Scheuchzer, 2012, S. 77–81; Ott et al., 2011, S. 31). Die Werte lassen sich jedoch nicht vergleichen (Kapitel 1.2 und Kapitel 2.3.4).

Werden Emissionen Offset vermieden, kann dies durch ein CO₂-Zertifikat bescheinigt werden. Solche Emissionszertifikate (zum Beispiel CERs) aus freiwilligen Klimaschutzprojekten innerhalb des «Clean Development Mechanism» (CDM und anderen Kyoto-Marktmechanismen) sind in der Regel an einem Emissionshandelssystem handelbar und bescheinigen, dass eine spezifische Menge an CO₂-Emissionen eingespart wurde. Die Offset-Emissionsreduktion kann, je nach Reporting-Standard (zum Beispiel GHG Protocol oder GRI), für die Erreichung der eigenen, gesetzten Reduktionsziele angerechnet werden (Ruprecht & Unterhollenberg, 2007, S. 31). Handelbare CO₂-Zertifikate sind ökonomisch effizient, da die Emissionen am Ort mit den geringsten Grenzkosten zu geringen Transaktionskosten vermieden werden können (Schubert, 2007, S. 10). Die Preise für ein CO₂-Zertifikat (CER) liegen zwischen 0.4 und 5 US Dollar pro Tonne CO₂ (N. Müller, 2017, S. 7).

Die unterschiedlichen Ansätze für die Preisfestlegung für eine Tonne CO₂-Reduktion lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Ansatz Adaptionkosten Klimawandel, Implementierung durch Pigou-Steuer: CHF 40 bis CHF 75 (Eichenberger, 2020)
- Ansatz CO₂-Reduktionsziel, Implementierung durch Preis-Standard respektive CO₂-Abgabe: CHF 96 bis CHF 210 (Schweizerischer Bundesrat, 2017, S. 361)
- Ansatz Mitigationskosten, Implementierung durch CO₂-Reduktion direkt: CHF 153 bis CHF 363 (MIT-2kW-Szenario)
- Ansatz Mitigationkosten, Implementierung durch CO₂-Reduktion Dritter: 0.4 US Dollar bis 5 US Dollar (N. Müller, 2017, S. 7)

5.3.3 CO₂-Kompensation in der Praxis und der Zukunft

Nun von der Theorie zur Empirie. Kollmuss (2017) proklamiert: «Von den 2.6 Mrd. Zertifikaten, die unter dem Kyoto-Protokoll ausgegeben wurden, erzielten fast drei Viertel nur eine geringe oder gar keine Emissionsminderung. Der Einsatz ausländischer Zertifikate hat daher nicht nur [...] zu höheren globalen Emissionen geführt, sondern auch wirtschaftlichen Schaden angerichtet [...]» (S. 12). Die Gründe liegen in der Qualität der emittierten Zertifikate ohne standardisierte Referenzszenarien und ohne standardisierten Betrachtungszeitraum, ungenügenden Qualitätskontrollen und fehlendes Monitoring (Cames et al., 2016, S. 78, 138). Übergeordnet lassen sich die Ursachen des Scheiterns des freiwilligen Zertifikathandels wie folgt zusammenfassen: «The long-term sustainability of rules [...] depends on monitoring and enforcement as well their not being overruled by larger government policies» (Ostrom, 2009, S. 422). Regeln, Monitoring und Durchsetzung sind die Erfolgsparameter für die Implementierung erfolgreicher Internalisierungsinstrumente. Für die Durchsetzung allgemein anerkannter Regeln fehlt ein internationales Gremium mit genügend politischer Legitimation. So liegt die Hoffnung der internationalen Klimapolitik in der Umsetzung von ambitionierten, nationalen und regionalen CO₂-Reduktionszielen (IPCC, 2018b, S. 354).

Noch ist unklar, in welcher Form der freiwillige CO₂-Zertifikathandel auf Basis des Kyoto-Protokolls (Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen vom 11.12.1997, SR 0.814.011, Stand 12.10.2015) ab 01.01.2021 unter dem Pariser Klimaabkommen, Artikel 6 weitergeführt wird. Die Grundvoraussetzung bindender Regeln für freiwillige, internationale Marktmechanismen zur CO₂-Reduktion sind im Pariser Klimaabkommen nicht gegeben (Kollmuss, 2017, S. 1). Ferner hat die Europäische Kommission klargestellt: «The EU has a domestic emissions reduction target and does not currently envisage continuing the use of international credits for EU ETS compliance after 2020» (European Commission, 2020, S. 1). Die Schweiz fährt einen anderen Weg und ist auf der Suche nach potenziellen Partnerstaaten, die an einer Zusammenarbeit hinsichtlich Artikel 6 des Pariser Klimaabkommens interessiert sind. So sollen bilateral Erfahrungen gesammelt werden, die dann später bei internationalen Verhandlungen zur Erarbeitung von anerkannten und glaubwürdigen Regeln zum freiwilligen, internationalen CO₂-Zertifikatshandel helfen sollen (BAFU, 2018b, S. 1). Der inhaltliche und zeitliche Ausgang dieses Prozesses zur Erarbeitung neuer, freiwilliger, internationaler Marktmechanismen zur CO₂-Emissionsreduktion ist offen.

5.4 Beurteilung Methoden, Datenqualität und Datenunsicherheit

5.4.1 Beurteilung Methode

Das Grundmodell zur Modellierung des Energie- und CO₂-Absenkpfadades wurde vom Autor bereits in einer früheren Arbeit entwickelt (Fritschi, 2017) und seither mit diversen Immobilienportfolios validiert. Die grösste Unsicherheit bei der Modellierung der Energie- und Klimakennzahlen besteht im einheitlichen Gebäudemodell. So wird anhand aggregierter, gebäudespezifischer Flächen- und Energieeffizienzkennzahlen ein durchschnittliches, für das Portfolio repräsentatives Gebäude abgebildet. Dieses Referenzgebäude hat eine für das Portfolio repräsentative Gebäudegeometrie und Energieeffizienz. Auf Basis dieser Referenz werden einheitliche Reduktionsfaktoren für die einzelnen Bauteile ermittelt, welche auf sämtliche Objekte angewendet werden. Das bedeutet, für ein inhomogenes Immobilienportfolio mit unterschiedlichen Nutzungen, Gebäudegeometrie und Energieeffizienz über- respektive untersteuert das Modell bei Objekten mit stark unterschiedlicher Gebäudegeometrie oder Energieeffizienz. Die Kennwerte auf Stufe Objekt sind daher wenig aussagekräftig und müssen separat validiert werden. Auf Portfolioebene hingegen liefert das Modell aussagekräftige Energie- und Klimakennwerte. So eignet sich das Modell eher für das strategische Immobilien-Nachhaltigkeitsmanagement als das operative.

Das Modell wird in dieser Arbeit durch den Kostenaspekt beziehungsweise der Abschätzung des Finanzbedarfs des Energie- und CO₂-Absenkpfadades ergänzt. Entsprechend existieren noch keine Erfahrungswerte bezüglich der Genauigkeit der modellierten Werte. Die grösste Unsicherheit liegt in den vielen Grundannahmen und dem langen Prognosehorizont bis 2050. Insbesondere die isolierte Betrachtung von energetischen Erneuerungsmassnahmen erschwert den Blick auf die ganze Liegenschaft. So können Entwicklungsmöglichkeiten der Liegenschaft und mögliche Synergieeffekte einer gesamtheitlichen Erneuerungsplanung nicht erfasst werden. Die Allokation der allgemeinen Kosten unter anderem für Baustelleneinrichtung, Entsorgung oder Planungshonorare auf energetische und nicht-energetische Erneuerungsmassnahmen gestaltet sich konzeptionell schwierig. Weiter können Erneuerungsmassnahmen im Modell nur in Fünf-Jahres-Schritten erfasst werden; das führt bei der Diskontierung der künftigen Kosten zu einer Unschärfe. Weitere Unsicherheiten im Modell liegt in der Definition der Referenz- und Energiepreisszenarios. Auch die unterschiedlichen Begriffsdefinitionen hinsichtlich Investitions-, Unterhalts- und Betriebskosten, vor allem auch im internationalen Kontext, erschweren vergleichende Analysen. Bezüglich der Kalkulationszinssätzen rechnet das

Modell mit objektspezifischen, realen Diskontierungszinssätzen. Hier bietet das Modell grosse Vorteile im Vergleich zu Modellen mit generischen, einheitlichen Zinssätzen. Auch die Nutzungsdauer der Bauteile, eine weitere grosse Unsicherheit in der Modellierung der CO₂-Vermeidungskosten, wird im Modell durch eine reale Erneuerungsplanung abgebildet. Das macht das Modell realitätsnäher.

5.4.2 Beurteilung Datenqualität

Die Datenqualität der verwendeten Datensätze des Immobilien-Anlageportfolios (Kapitel 3.5) ist in Bezug auf deren Vollständigkeit und Aktualität als hoch einzuschätzen:

- Stammdaten und Energie: «Adressverwaltung Liegenschaften, gültig ab 01.05.2020» (A. Anonymus, 2020a), «Erhebung Energieverbrauchsdaten 2015 bis 2017 vom 02.07.2018» (Amstein + Walthert AG, 2018b), «Erhebung Energiebezugsflächen Liegenschaften vom 02.07.2018» (Amstein + Walthert AG, 2018a): Die Daten liegen vollständig vor. Bezüglich der Energieverbrauchsdaten sind infolge Erneuerungsmassnahmen rund 9% der Daten veraltet. Da als Basisjahr 2015 gesetzt wurde, hat dies auf die Modellierung keinen Einfluss.
- Erneuerungs- und Massnahmenplanung: «GEAK und GEAK-Plus Beratungsberichte vom 02.07.2018» (Amstein + Walthert AG, 2018c), «Evaluationsberichte der Wärmeerzeuger vom 02.07.2018» (Amstein + Walthert AG, 2018e), «Bauqualitätsberichte vom 09.06.2020» (B. Anonymus, 2020a), «Energetische Erneuerungsmassnahmen 2018 bis 2020, E-Mail vom 31.03.2020» (A. Anonymus, 2020b): GEAK respektive GEAK-Plus Beratungsberichte sind für das gesamte Portfolio vorhanden und aktuell, Evaluationsberichte für die Wärmeerzeuger sind für rund 67% der Liegenschaften vorhanden. Für die restlichen Liegenschaften wurde das Potenzial bezüglich erneuerbarer Energieträger ortsspezifisch erhoben. Die Erneuerungs- und Finanzplanung ist aktuell und vollständig.
- Kosten -und Finanzplanung, Bewertung: «Bauqualitätsberichte vom 09.06.2020» (B. Anonymus, 2020a), «Datensatz Inspire-Tool V1.48» (Jakob et al., 2016), «GEAK und GEAK-Plus Beratungsberichte vom 02.07.2018» (Amstein + Walthert AG, 2018c), Kostenschätzung Varianten Wärmeerzeuger V3.5 vom 16.08.2017» (Amstein + Walthert AG, 2018d), «Objektspezifische DCF-Bewertungsberichte vom 31.12.2019» (C. Anonymus, 2019): Der Inspire-Datensatz mit Kosten- und Flächenkennzahlen stammt aus dem Jahr 2016, die Kostenkennzahlen von Amstein + Walthert aus dem Jahr 2017. Die DCF-Bewertungsberichte sind vollständig mit Bewertungsstichtag 31.12.2019.

5.4.3 Beurteilung Datenunsicherheit

Die Datenunsicherheit ist durch die Modellierung und den verwendeten Kennwerten hoch. Die grössten Sensitivitäten liegen in den Annahmen bezüglich der Referenz- und Energiepreisszenarien, der Kalkulationszinssätzen, der Nutzungsdauer und der Ermittlung der Kostenkennwerte.

Um die Unsicherheiten zu reduzieren, wurde als Referenzszenario die existierende Erneuerungsplanung gesetzt, das gewählte Energiepreisszenario empirisch erhärtet und ohne Spekulationscharakter abgebildet, die objektspezifischen Diskontierungssätzen von den DCF-Bewertungsberichten übernommen, die Nutzungsdauer der Bauteile anhand der realen Erneuerungsplanung übernommen und die Kostenkennwerte auf Basis der realen Finanzplanung erhoben und mit externen Kennzahlen validiert.

Dennoch liegt die grösste Unsicherheit in den Energie- und Bauteilkostenkennwerten. Vergleichbare Literatur weist hier zum Teil stark unterschiedliche Werte auf (Jakob et al., 2010, S. 101; Ott et al., 2011, S. 21). Die Bauteilkostenkennwerte müssen künftig mit realen Planungs- und Baupreisen kalibriert werden. Weiter müssen die Auswirkungen politischer Lenkungsmaßnahmen, wie der CO₂-Abgabe auf die Energiepreise besser untersucht und verstanden werden. Trotz ständiger Erhöhung der CO₂-Abgaben von 12 CHF/tCO₂ im Jahr 2008 auf aktuell 96 CHF/tCO₂, sind die Preise fossiler Energieträger nicht merklich gestiegen. Die Projektionen der Energiepreise mit einer künftigen CO₂-Abgabe von 210 CHF/tCO₂ sind folglich mit grossen Unsicherheiten behaftet.

Eine Fehlerfortpflanzungsrechnung zur Quantifizierung der Unsicherheiten wird in dieser Arbeit nicht durchgeführt. Die Arbeit legt den Fokus auf das Aufzeigen und das Reduzieren der Unsicherheiten statt auf deren Berechnung.

6. Fazit und Ausblick

6.1 Fazit

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse und Erkenntnisse der Kosten- und Wert-Modellierung der MIT-2kW, BAU-Plus und -Base Szenarien sowie der nationalen und internationalen, klimapolitischen Instrumenten und Regulatorien zur Internalisierung der negativen Externalität CO₂, können für die Wahl der optimalen CO₂-Absenkstrategie für ein Immobilienanlageportfolio eines institutionellen Anlegers folgende Einflussgrössen identifiziert werden:

- Annahmen bezüglich langfristiger Energiepreisentwicklung
- Annahmen bezüglich langfristiger Mietmarktentwicklung
- Annahmen bezüglich CO₂-Abgaben, -Subventionen und -Regulatorien Schweiz
- Annahmen bezüglich CO₂-Kompensationmöglichkeiten weltweit

Es ist davon auszugehen, dass in den nächsten Jahren:

- die Energiepreise für fossile Energieträger aufgrund der CO₂-Abgabe steigen werden; unsicher bleibt der geopolitische Einfluss auf die Energiepreise;
- der (Wohnungs-)Mietmarkt aufgrund der Zinssituation im Angebotsüberhang bleiben wird;
- das Schweizerische Parlament aufgrund der Dringlichkeit von Klimaschutzmassnahmen strenge CO₂-Grenzwerte im Gebäudebereich einführen wird;
- keine umweltintegren, handelbaren und international anerkannten CO₂-Zertifikate zur Verfügung stehen werden. Dies aufgrund fehlender Empirie von deren Wirksamkeit und fehlender, international anerkannten Regeln zur CO₂-Kompensation.

Aus diesen Überlegungen empfiehlt der Autor den institutionellen Immobilienanlegern die Implementierung einer ambitionierten CO₂-Absenkstrategie. Öl- und Gasheizungen sind am Ende der Nutzungsdauer durch erneuerbare Energieträger zu ersetzen und die Energiekosteneinsparungen zur Nebenkostensenkung und Senkung des strukturellen Leerstandes einzusetzen. So können die zusätzlichen Investitionskosten der CO₂-Absenkstrategie durch tiefere Unterhalts- und Energiekosten kapitalisiert werden. CO₂-Zertifikate können dazu dienen, die restlichen, im Inland nicht zu vermeidenden, CO₂-Emissionen im Ausland zu kompensieren. Dabei sind hohe Qualitätsstandards an die Zertifikate gefordert.

6.2 Ausblick

CO₂-Emissionen durch den «Energie Supply Chain», zum Beispiel durch Exploration, Extraktion, Raffination und Transport von Erdöl und Erdgas («GHPG Scope 3.3»), sogenannte «Graue CO₂-Emissionen» des Energiesektors, werden in dieser Arbeit mitberücksichtigt. Nicht berücksichtigt werden hingegen die sogenannten «Grauen CO₂-Emissionen» der Industrie und der Bauwirtschaft für die Baustoffbereitstellung sowie Bau- und Rückbauprozesse. Diese Emissionen sind zurzeit nicht im klimapolitischen Fokus des Gesetzgebers, haben aber eine hohe Relevanz (Röck et al., 2020, S. 6). Diese gilt es künftig, im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtung bei Erneuerungs-, Ersatz- oder Neubaumassnahmen zu berücksichtigen und entsprechende CO₂-Zielwerte zu setzen.

Das Immobilienmanagement kann sich profilieren, indem es den Nebenkosten eine höhere Beachtung schenkt, nicht zuletzt darum, weil davon auszugehen ist, dass die möglicherweise langanhaltende Tiefzinssituation der Bauproduktion und somit dem Angebotsüberhang nicht Abbruch tut. Mit tiefen Nebenkosten, unter anderem durch Energiekostenreduktion, wird das Portfolio kompetitiver am Mietmarkt. Im Umgang mit den CO₂-Emissionen und dem CO₂-Absenkpfad empfiehlt sich ein integrales CO₂-Management mit Schnittstelle zur strategischen Erneuerungs- und Finanzplanung, ergänzt mit einem Monitoring und Controlling.

Bezüglich der Festlegung der optimalen CO₂-Absenkstrategie gilt es die Totalrevision des CO₂-Gesetzes im Auge zu behalten. Insbesondere die Festlegung der Höhe der CO₂-Abgabe, welche massgeblich das Energiekosteneinsparpotenzial beeinflusst sowie die langfristigen CO₂-Grenzwerte für bestehende Bauten und Neubauten, welche das CO₂-Reduktionsziel massgebend bestimmen. Folgt das Schweizer Parlament den klimapolitischen Bemühungen, die globale Erderwärmung auf 1.5 Grad Celsius gegenüber der vorindustriellen Zeit zu begrenzen, sind langfristig tiefe CO₂-Grenzwerte im Gebäudebereich zu erwarten. Allenfalls werden solche CO₂-Grenzwerte ergänzt mit einer CO₂-Kompensationspflicht, um netto-null oder netto-negativ die Atmosphäre nicht mehr zusätzlich mit CO₂ anzureichern oder allenfalls sogar zu dekarbonisieren.

Literaturverzeichnis

- Almihoub, A., Mula, J. & Rahman, M. (2013). Marginal abatement cost curves (MACCs): Important approaches to obtain (firm and sector) greenhouse gases (GHGs) reduction. *International Journal of Economics and Finance*, 5(3), 35–54.
- Amstein + Walthert AG. (2018a). *Erhebung Energiebezugsflächen Immobilien-Anlageportfolio Fallbeispiel*. Zürich. Amstein + Walthert AG.
- Amstein + Walthert AG. (2018b). *Erhebung Energieverbrauchsdaten 2015 bis 2017 Immobilien-Anlageportfolio Fallbeispiel*. Zürich. Amstein + Walthert AG.
- Amstein + Walthert AG. (2018c). *GEAK-Plus objektspezifische Beratungsberichte Gebäudeerneuerung Immobilien-Anlageportfolio Fallbeispiel*. Zürich. Amstein + Walthert AG.
- Amstein + Walthert AG. (2018d). *Kostenschätzung Varianten Wärmeerzeuger V3.5*. Zürich. Amstein + Walthert AG.
- Amstein + Walthert AG. (2018e). *Objektspezifische Evaluationsberichte Wärmeerzeuger Immobilien-Anlageportfolio Fallbeispiel*. Zürich. Amstein + Walthert AG.
- Anonymus, A. (2020a). *Adressverwaltung Liegenschaften Immobilien-Anlageportfolio Fallbeispiel vom 01.05.2020*.
- Anonymus, A. (2020b). *Energetische Erneuerungsmassnahmen 2018 bis 2020 Immobilien-Anlageportfolio Fallbeispiel: E-Mail vom 31.03.2020*.
- Anonymus, B. (2020a). *Bauqualitätsberichte Immobilien-Anlageportfolio Fallbeispiel*.
- Anonymus, B. (2020b). *Gebäuediagnose: 2. Gebäudezustandsanalyse*.
- Anonymus, B. (2020c). *Impressum Bauqualitätsbericht Immobilien-Anlageportfolio Fallbeispiel*.
- Anonymus, C. (2019). *Objektspezifische DCF-Bewertungsberichte Immobilien-Anlageportfolio Fallbeispiel*.
- BAFU. (2018a). *Faktenblatt Wirkungsabschätzung und Evaluation der CO₂-Abgabe auf Brennstoffe*. Ittigen. Bundesamt für Umwelt BAFU.
- BAFU. (2018b). *Pilotprojekte zu neuen Marktansätzen*. Ittigen. Bundesamt für Umwelt BAFU.
- Bandli, R., Blindenbacher, T., Cherix, G., Eckmanns, A., Egger, K., Frischknecht, R., Gugerli, H., Hartmann, C., Kriesi, R., Ménard, M., Pfäffli, K., Püntener, T. W.,

- Roschewitz, A., Scharnhorst, W., Schneider, S., Stulz, R. & Vogel, U. (2014). *Bilanzierungskonzept 2000-Watt-Gesellschaft*. Zürich. Fachstelle 2000-Watt-Gesellschaft.
- Bébié, B., Lenzlinger, M., Frischknecht, R., Hartmann, C. & Hammer, S. (2009). *Grundlagen für ein Umsetzungskonzept der 2000-Watt-Gesellschaft am Beispiel der Stadt Zürich*. Zürich. Stadt Zürich.
- BFS. (2020). *Landesindex der Konsumentenpreise: Durchschnittspreise Energie*. Neuchâtel. Bundesamt für Statistik BFS.
- Cames, M., Harthan, R. O., Füssler, J., Lazarus, M., Lee, C. M., Erickson, P. & Spalding-Fecher, R. (2016). *How additional is the Clean Development Mechanism: Analysis of the application of current tools and proposed alternatives*. Berlin. Institut für angewandte Ökologie.
- Chiodi, A., Gargiulo, M., Deane, J. P., Lavigne, D., Rout, U. K. & Gallachóir, B. P. Ó. (2013). Modelling the impacts of challenging 2020 non-ETS GHG emissions reduction targets on Ireland's energy system. *Energy Policy*, 62, 1438–1452.
- CRB (1995). *Elementkostengliederung EKG*. (Norm, SN 506 502:1995). Zürich. Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung CRB.
- CRB. (2011). *Handbuch LCC: Instandhaltung und Instandsetzung von Bauwerken*. Zürich. Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung CRB.
- CRB (2012a). *Baukostenplan Hochbau eBKP-H*. (Norm, SN 506 511:2012). Zürich. Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung CRB.
- CRB. (2012b). *Objektarten-Katalog OAK: Kennwerte im Wohnungsbau*. Zürich. Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung CRB.
- CRB (2017). *Baukostenplan BKP*. (Norm, SN 506 500:2017). Zürich. Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung CRB.
- CRB (2020). *Normpositionen-Kataloge NPK*. (100 - 780). Zürich. Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung CRB.
- Eichenberger (2020). Klimapolitik – die Lösung heisst Kostenwahrheit: Ehrlich und effizient. *Zürich. Neue Züricher Zeitung NZZ*.
- Eidgenössische Zollverwaltung. (2018). *Berechnung der Abgabesätze (Brennstoffe): CO₂-Abgabe auf Brennstoffen*. Bern. Eidgenössische Zollverwaltung.
- EnDK. (2015). *Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE_n)*. Bern. Konferenz Kantonalen Energiedirektoren EnDK.

- European Commission. (2020). *Use of international credits*. Directorate-General for Climate Action DG CLIMA. https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/credits_en
- Fernández, R. Á., Zubelzu, S. & Martínez, R. (2017). *Carbon footprint and the industrial life cycle: From urban planning to recycling*. Cham. Springer.
- Fresco-Contreras, R. (2016). Analysis and comparison of energy saving measures through marginal abatement cost curves. In J. Ayuso Muñoz, J. Yagüe Blanco & S. Capuz-Rizo (Hg.), *Project Management and Engineering Research* (S. 1634–1645). Cham. Springer.
- Fritschi, R. (2017). *Energie- und Treibhausgas-Absenkpfad für das Immobilienportfolio der Stadt Dietikon* [Masterarbeit]. Fachhochschule Zentralschweiz - Hochschule Luzern HSLU, Horw.
- Hasenmaile, F. (2019). *Immobilienmarktanalyse: Strukturen, Zusammenhänge, Indikatoren*. Zürich. Credit Suisse AG.
- IFMA Schweiz. (2016). *IFMA-Glossar: Begriffe im Real Estate & Facility Management*. Zürich. Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung CRB.
- IIASA. (2009a). *GAINS Online: Tutorial for advance users*. Laxenburg. International Institute for Applied Systems Analysis.
- IIASA. (2009b). *GAINS Switzerland: Data sheet on GHG mitigation potentials*. Laxenburg. International Institute for Applied Systems Analysis.
- IPCC (Hg.). (2018a). *Global warming of 1.5°C: Chapter 2: Mitigation pathways compatible with 1.5°C in the context of sustainable development*. Genf. Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC.
- IPCC (Hg.). (2018b). *Global warming of 1.5°C: Chapter 4: Strengthening and implementing the global response*. Genf. Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC.
- IPE Real Assets. (2020). *Global market intelligence for institutional investors - May/June magazine*. London. IPE International Publishers Ltd.
- ISO (2017). *Energieeffizienz von Gebäuden – Festlegungen zur Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden - Teil 1: Allgemeiner Rahmen und Verfahren*. (Merkblatt, EN ISO 52000-1:2017). Brüssel. Europäisches Komitee für Normung CEN.
- Jakob, M., Grodofzig Fürst, B. & Gross, N. (2010). *Energetische Gebäudeerneuerungen – Wirtschaftlichkeit und CO₂-Vermeidungskosten: Eine Auswertung des Gebäudeprogramms der Stiftung Klimarappen*. Zürich. Stiftung Klimarappen.

- Jakob, M., Jochem, E. & Christen, K. (2002). *Grenzkosten bei forcierten Energie-Effizienzmassnahmen in Wohngebäuden*. Ittigen. Bundesamt für Energie BFE.
- Jakob, M., Kallio, S., Morf, M., Ott, W., Grünigen, S. von & Bolliger, R. (2016). *Integrated strategies and policy instruments for retrofitting buildings to reduce primary energy use and greenhouse gas emissions (INSPIRE): Tool Version 1.48 und Dokumentation*. Zürich. TEP Energy GmbH und econcept AG.
- Jorio, D. (2019). *CO₂ – eine neue Risikoquelle für Immobilienanlagen?* [Masterarbeit]. Universität Zürich UZH, Zürich.
- Jung, T. Y. & Park, C. (2017). Marginal abatement cost of CO₂ mitigation options for the residential sector in Korea. *Korea and the World Economy*, 18(1), 27–40.
- KBOB (2016). *Ökobilanzdaten im Baubereich*. (Empfehlung, KBOB 2009/1:2016). Zürich. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA.
- Kemmler, A., Spillmann, T. & Koziel, S. (2018). *Energieverbrauch der Privaten Haushalte 2000 – 2017*. Ittigen. Bundesamt für Energie BFE.
- Kesicki, F. & Strachan, N. (2011). Marginal abatement cost (MAC) curves: Confronting theory and practice. *Environmental science & policy*, 14(8), 1195–1204.
- Kofner, S. (2019). *Investitionsrechnung für Immobilien*. Freiburg. Haufe Group.
- Kollmuss, A. (2017). *Chancen und Risiken beim Kauf von Emissionsminderungen im Ausland*. Zürich. swisscleantech.
- Lehmann, D. (2013). *Instandsetzung im DCF-Modell (Teil 2)*. Bern. Fachverband Immobilienbewertung VAS-AEC.
- Leviñh, F., Nuur, C. & Laestadius, S. (2014). Marginal abatement cost curves and abatement strategies. *Energy*, 76, 336–344.
- Lucon, O., Ürge-Vorsatz, A., Zain Ahmed, A., Akbari, H., Bertoldi, P., Cabeza, L., Eyre, N., Gadgil, A., Harvey, L. & Jiang, Y. (2014). *Buildings: In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge. Cambridge University Press.
- McKinsey&Company. (2007). *Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland: Sektorperspektive Gebäude*. Düsseldorf. McKinsey&Company.
- McKinsey&Company. (2009). *Swiss greenhouse gas abatement cost curve*. Zürich. McKinsey&Company.

- McKinsey&Company. (2010). *Impact of the financial crisis on carbon economics: Version 2.1 of the global greenhouse gas abatement cost curve*. New York. McKinsey&Company.
- Minergie Schweiz. (2020). *Anwendungshilfe zu den Gebäudestandards Minergie®/Minergie-P®/Minergie-A®: Version 2020.1*. Basel. Minergie Schweiz.
- Müller, A. (2019). Die Zürcher sollen bis 2030 CO₂-frei leben – ein radikaler Klimaplan treibt die Stadt um. *Zürich. Neue Züricher Zeitung NZZ*.
- Müller, A. & Scheuchzer, P. (2012). *THG-Vermeidungskosten und -potenziale in der Schweiz: Literaturanalyse und Konzeption für weitere Erhebungen*. Ittigen. Bundesamt für Umwelt BAFU.
- Müller, N. (2017). *CER demand, CDM outlook and Article 6 of the Paris Agreement*. Islamabad. United Nations Framework Convention on Climate Change UNFCCC.
- Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 325(5939), 419–422.
- Ott, W., Philippen, D., Umbricht, A., Baumgartner, A. & Vogel, U. (2011). *CO₂-Vermeidungskosten bei der Erneuerung von Wohnbauten*. Ittigen. Bundesamt für Energie BFE.
- Pichler, V. (2010). *Wirtschaftlichkeit von integralen Erneuerungsmassnahmen im Wohnungsbau*. Zürich. vdf Hochschulverlag AG.
- Promjiraprawat, K., Winyuchakrit, P., Limmeechokchai, B., Masui, T., Hanaoka, T. & Matsuoka, Y. (2014). CO₂ mitigation potential and marginal abatement costs in Thai residential and building sectors. *Energy and buildings*, 80, 631–639.
- Proyer, M. (2015). *Prozessmodell zur Steuerung einer anforderungs- und lebenszyklusorientierten Gebäudeoptimierung* [Dissertation]. Eidgenössische Technische Hochschule Zürich ETHZ, Zürich.
- Röck, M., Saade, M. R. M., Balouktsi, M., Rasmussen, F. N., Birgisdottir, H., Frischknecht, R., Habert, G., Lützkendorf, T. & Passer, A. (2020). Embodied GHG emissions of buildings – The hidden challenge for effective climate change mitigation. *Applied energy*, 258, 114107.
- Ruprecht, D. & Unterhollenberg, S. (2007). *Freiwillige Klimaschutzmassnahmen von Unternehmen: Ein Vergleich anhand relevanter Standards* [Semesterarbeit]. Eidgenössische Technische Hochschule Zürich ETHZ, Zürich.

- Schubert, R. (2007). *Ökonomie 1: Kapitel 5: Öffentliche Güter und externe Effekte*. Zürich. Eidgenössische Technische Hochschule Zürich ETHZ.
- Schweizerischer Bundesrat. (2017). *Botschaft zur Totalrevision des CO₂-Gesetzes nach 2020 vom 01.12.2017, 17.071*. Bern. Schweizerischer Bundesrat.
- SIA (1997). *Erhaltung von Bauwerken*. (Norm, SIA 469:1997). Zürich. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA.
- SIA (2000). *Kennzahlen im Immobilienmanagement*. (Dokumentation, SIA D 0165:2000). Zürich. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA.
- SIA (2003). *Flächen und Volumen von Gebäuden*. (Norm, SIA 416:2003). Zürich. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA.
- SIA (2010). *Graue Energie von Gebäuden*. (Merkblatt, SIA 2032:2010). Zürich. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA.
- SIA (2014). *Modell Bauplanung*. (Norm, SIA 112:2014). Zürich. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA.
- SIA (2015a). *Grundlagen für energetische Berechnungen von Gebäuden*. (Norm, SIA 380:2015). Zürich. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA.
- SIA (2015b). *Raumnutzungsdaten für die Energie- und Gebäudetechnik*. (Merkblatt, SIA 2024:2015). Zürich. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA.
- SIA (2016a). *Energieausweis für Gebäude*. (Merkblatt, SIA 2031:2016). Zürich. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA.
- SIA (2016b). *Mobilität - Energiebedarf in Abhängigkeit vom Gebäudestandort*. (Merkblatt, SIA 2039:2016). Zürich. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA.
- SIA (2017). *SIA-Effizienzpfad Energie*. (Merkblatt, SIA 2040:2017). Zürich. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA.
- Sigrist, D., Iten, R. & Zimmermann, M. (2019). *Finanzielle Auswirkungen von Abgaben auf Brennstoffe, Treibstoffe und Flugtickets*. Zürich. Infrac.
- Sigrist, D. & Kessler, S. (2017). *Globalbeiträge an die Kantone nach Art. 15 EnG: Wirkungsanalyse kantonaler Förderprogramme – Ergebnisse der Erhebung 2016*. Ittigen. Bundesamt für Energie BFE.
- Sotiriou, C., Michopoulos, A. & Zachariadis, T. (2019). On the cost-effectiveness of national economy-wide greenhouse gas emissions abatement measures. *Energy Policy*, 128, 519–529.

- Stadtrat Stadt Zürich. (2019). *Auszug aus dem Protokoll des Stadtrats von Zürich vom 11.05.2019: Gesundheits- und Umweltdepartement, Petition "Klimastreik", Zurschrift*. Zürich. Stadtrat Stadt Zürich.
- Stoy, C. (2013). *Kostenplanung*. Zürich. Universität Stuttgart und PBK AG.
- Subramanyam, V., Kumar, A., Talaei, A. & Mondal, M. A. H. (2017). Energy efficiency improvement opportunities and associated greenhouse gas abatement costs for the residential sector. *Energy*, 118, 795–807.
- Thalmann, S., Nussbaumer, T., Good, J. & Jenni, A. (2013). *Analyse und Optimierung von Fernwärmenetzen: Ist-Analyse von Fernwärmenetzen und Bewertungstool zur Netzoptimierung*. Ittigen. Bundesamt für Energie BFE.
- Tomaschek, J. (2015). Marginal abatement cost curves for policy recommendation – A method for energy system analysis. *Energy Policy*, 85, 376–385.
- Uetz, R. (2014). *SIA Merkblatt 2048, Energetische Betriebsoptimierung: Erfahrungsaustausch Fachgruppe Betriebsoptimierung*. Forum Energie Zürich, Zürich.
- UREK. (2019). *Klimapolitik: Kompromiss mit den Kantonen im Gebäudebereich*. Bern. Kommissionen für Umwelt, Raumplanung und Energie UREK.
- US EIA. (2009). *Annual energy outlook 2009: With projections to 2030*. Washington DC. US Energy Information Administration.
- WBCSD. (2004). *The greenhouse gas protocol: A corporate accounting and reporting standard*. Genf. World Business Council for Sustainable Development.
- Wetzelaer, B., van der Linden, N. H., Groenenberg, H. & Coninck, H. C. de. (2007). *GHG marginal abatement cost curves for the non-Annex I region*. Petten. Energy research Centre of the Netherlands ECN.
- White, B. W. & Niemeier, D. (2019). Quantifying greenhouse gas emissions and the marginal cost of carbon abatement for residential buildings under California's 2019 Title 24 Energy Codes. *Environmental science & technology*, 53(20), 12121–12129.
- Wüest Partner AG. (2020). *Immo-Monitoring 2020 /1*. Zürich. Wüest Partner AG.
- Xiao, H., Wei, Q. & Wang, H. (2014). Marginal abatement cost and carbon reduction potential outlook of key energy efficiency technologies in China's building sector to 2030. *Energy Policy*, 69, 92–105.
- Zurich Invest AG. (2019). *Nachhaltiges Immobilienmanagement*. Zürich. Zurich Invest AG.

Anhang 1: Stammdaten (Auswahl)

Tabelle 11: Portfoliostammdaten und -Kennwerte

WE	Alter	Nutzung	i [%]	MM DCF ¹⁾ [CHF/m ² *a]	MM 50. P ¹⁾ [CHF/m ² *a]	MM 75. P ¹⁾ [CHF/m ² *a]	DCF [Mio. CHF]	EBF [m ²]	E _{HW,C} [MWh]	E _{CHT} [kWh]	Energie- träger	CO ₂ - [kg/m ² *a]
001	1982	Residential	4.3	162	181	200	9.4	3'191	234	28.1	Heizöl	21.9
002	1969	Residential	4.4	200	200	211	16.9	4'329	533	15.9	Heizöl	36.7
005	1942	Residential	4.3	243	245	265	2.6	579	84	2.3	Heizöl	43.4
006	1980	Residential	4.6	185	180	192	6.6	2'729	156	0.8	WP	2.8
007	1992	Residential	4.7	178	175	192	2.1	944	83	0.6	Heizöl	26.3
008	1981	Residential	4.7	195	205	220	9.0	2'794	232	16.4	Heizöl	24.7
009	1980	Residential	4.3	175	205	220	1.9	878	108	1.3	Heizöl	36.8
010	1988	Office	4.4	155	195	206	4.8	1'946	50	3.5	Erdgas	5.8
011	1982	Residential	4.7	165	168	186	5.0	1'901	218	9.1	Heizöl	34.2
012	1965	Residential	4.6	170	168	186	10.0	4'138	458	22.7	Heizöl	33.0
014	1959	Residential	4.1	217	217	234	7.4	1'838	148	16.2	Erdgas	18.4
015	1925	Residential	4	n.a.	n.a.	n.a.	7.3	2'079	190	14.6	Erdgas	20.8
020	1931	Residential	4.4	150	180	190	6.5	2'594	268	25.2	Heizöl	30.7
021	1961	Residential	4.3	190	180	190	20.5	6'364	481	37.5	Erdgas	17.2
022	1934	Office	4.6	195	195	204	3.2	1'410	105	2.0	Erdgas	17.0
033	1993	Residential	4.4	200	172	191	2.1	696	62	4.7	Heizöl	26.6
034	1988	Office	5.2	220	172	191	4.8	2'030	172	16.7	Heizöl	25.2
036	1963	Residential	4.5	187	187	221	4.1	1'451	126	3.1	Heizöl	25.9
037	1964	Residential	4.3	172	172	201	13.0	3'874	415	18.2	Erdgas	24.4
039	1965	Residential	4.4	175	183	195	10.1	2'957	252	9.4	Erdgas	19.4
040	1961	Residential	4.5	170	180	193	5.5	2'213	190	8.1	Heizöl	25.6
048	1985	Residential	4.4	250	249	293	3.4	1'025	101	33.6	Heizöl	29.5
049	1912	Residential	4.2	305	254	298	12.8	2'359	278	7.5	Heizöl	35.2
050	1932	Residential	4.1	250	258	293	2.6	675	87	3.2	FW	13.9
052	1989	Office	4.2	246	246	288	7.5	1'395	64	8.3	Erdgas	10.4
053	1911	Residential	4.2	239	239	279	4.9	1'071	203	11.7	Heizöl	56.4
055	1920	Residential	4.1	300	255	286	3.3	967	114	7.8	Erdgas	26.9
056	1951	Residential	4.3	220	250	265	3.2	816	127	6.0	Erdgas	35.6
064	1974	Residential	4.3	219	219	235	9.5	1'995	257	8.8	Heizöl	38.3
065	1997	Residential	4	237	247	280	3.2	703	62	20.5	Erdgas	20.0
066	1971	Residential	4.5	185	201	218	6.8	1'893	297	12.8	Heizöl	46.7
067	1993	Residential	4.3	225	200	217	11.7	2'980	299	0.0	Heizöl	29.9
069	1982	Residential	4.3	195	227	250	1.3	553	61	4.8	Elektro	15.3
070	1951	Residential	3.9	225	284	314	6.1	1'107	187	6.9	Heizöl	50.2
074	1971	Residential	4.3	190	194	213	8.4	2'149	246	11.7	Heizöl	34.1
075	1641	Residential	4.2	260	214	230	4.1	904	108	3.4	Erdgas	27.2
076	1969	Residential	4.6	190	192	211	4.7	1'225	144	5.4	Heizöl	35.1
077	1952	Residential	4.2	192	192	211	2.7	647	77	4.3	Heizöl	35.2
078	1992	Residential	4.2	208	191	208	7.2	2'773	349	13.7	Heizöl	37.5
080	1990	Office	3.6	245	211	246	26.3	5'890	517	92.4	Erdgas	20.0
081	1962	Residential	4.1	200	216	231	3.5	1'210	149	10.1	Heizöl	36.7
082	1960	Residential	4.3	230	209	224	3.6	980	125	2.0	Heizöl	37.9
083	1966	Residential	4.2	225	240	258	3.5	734	68	0.0	Erdgas	21.1
084	1960	Residential	4.3	225	193	212	3.4	758	95	0.3	Heizöl	37.4
085	1966	Residential	4.2	210	250	271	3.6	823	95	2.7	Erdgas	26.5
086	1899	Office	3.9	475	574	600	19.5	2'156	167	13.2	Erdgas	17.7
088	1942	Residential	4.2	291	291	325	7.3	1'664	187	13.6	Heizöl	33.4
089	1930	Residential	3.9	n.a.	n.a.	n.a.	9.4	1'845	196	34.3	Heizöl	31.6
090	1969	Residential	4.2	245	245	274	11.4	2'459	358	15.9	FW	15.7
091	1948	Residential	3.9	256	285	320	27.7	5'176	713	33.8	Heizöl	41.1
093	1800	Office	3.8	450	636	677	17.2	1'374	94	9.1	Erdgas	15.6
095	1940	Office	4	441	592	620	41.9	4'616	519	11.1	Erdgas	25.7
096	1910	Office	3.8	550	499	541	57.0	6'369	635	13.0	Erdgas	22.7
097	1912	Office	3.7	550	472	534	17.2	1'898	116	4.0	Erdgas	13.9
201	1993	Residential	4.4	180	171	181	3.9	1'588	109	5.1	Heizöl	20.5
202	1979	Residential	4.6	178	178	187	6.6	2'133	262	13.6	Heizöl	36.6
204	1998	Residential	4.6	147	141	153	2.0	840	65	2.3	Heizöl	22.9
208	1988	Residential	4.1	210	219	236	4.4	1'131	127	10.5	Erdgas	25.7
209	1972	Residential	4.4	194	192	215	5.1	1'551	134	12.8	Heizöl	25.7
211	1983	Residential	4	220	210	223	11.5	2'602	251	13.8	Erdgas	22.0
212	1993	Residential	4.4	210	181	192	7.6	2'697	326	0.0	Heizöl	36.0
214	1996	Residential	4.7	205	178	190	13.5	2'003	161	9.6	Erdgas	18.3
216	1981	Residential	4.5	217	195	203	5.8	1'703	125	7.5	Erdgas	16.8
222	1987	Office	4.2	310	201	230	3.4	1'021	118	15.1	Erdgas	26.3
228	1983	Residential	4.4	145	168	186	1.4	943	89	4.7	Heizöl	28.2
229	1983	Residential	4.4	145	168	186	3.4	1'965	208	11.6	Heizöl	31.6
230	1979	Residential	4.4	170	173	184	2.4	761	84	4.9	Heizöl	32.7
231	1983	Residential	4.2	165	166	177	12.8	4'106	443	22.6	FW	11.7
232	1860	Office	4.2	250	188	230	5.1	1'515	153	8.0	Erdgas	23.0
233	1983	Residential	4.5	160	175	184	3.7	2'047	176	4.4	Heizöl	25.6
235	1970	Residential	4.6	160	175	184	5.0	1'622	144	9.8	Heizöl	26.4
237	1959	Office	5	201	190	232	8.0	2'755	192	102.8	Heizöl	20.8
242	1965	Residential	4.4	180	187	197	4.4	1'358	121	3.4	Heizöl	26.6
245	1985	Residential	4.4	142	159	172	5.5	2'901	445	48.1	Heizöl	45.7
246	1982	Residential	4.4	140	169	180	1.8	840	70	3.2	Erdgas	19.1
249	1968	Residential	4.8	190	176	197	8.7	2'799	231	9.2	Heizöl	24.6
252	1988	Residential	4.2	300	255	265	11.6	1'929	250	19.9	Erdgas	29.6
257	1978	Residential	4.5	200	181	194	6.5	1'773	208	8.3	Erdgas	26.8
258	1978	Residential	4.5	205	181	194	3.1	902	107	4.4	Erdgas	27.0
260	1970	Residential	4.3	180	228	239	7.4	2'129	195	7.2	Heizöl	27.3
263	1966	Residential	4.6	233	233	252	5.8	1'586	146	3.8	Heizöl	27.5
264	1973	Residential	4.3	220	240	267	11.9	2'933	363	8.6	Heizöl	36.9
265	1970	Residential	4.2	205	239	269	10.2	2'351	216	7.8	Heizöl	27.4
267	1960	Residential	4.1	185	246	264	8.3	2'086	324	5.1	Erdgas	35.4
270	1961	Residential	4.4	n.a.	n.a.	n.a.	3.7	1'086	99	5.1	Heizöl	27.2
271	1977	Residential	4.6	161	165	185	7.1	2'499	215	16.1	Heizöl	25.6
272	1968	Residential	4.6	154	164	185	13.1	4'937	357	25.6	Heizöl	21.5

Anhang 3: Abschätzung Finanzbedarf: Kostenkennwerte

Tabelle 13: Kostenkennwerte nach Bauteilen und energetischem Standard

Erneuerungsmassnahme Modell	Bauteil FEP ³⁾	CRB ⁴⁾	FE	n ⁵⁾ [a]	K _I , «Investment- Investitionskosten ¹⁾		K _M , «Maintenance- Unterhaltskosten ²⁾	
					1:1-Erneuerung MuKen:2014	Energ. Erneuer. Minergie-P	1:1-Erneuerung MuKen:2014	Energ. Erneuer. Minergie-P
					Kostenkennwert ⁶⁾ [CHF/FE]	Kostenkennwert ⁶⁾ [CHF/FE]	Kostenkennwert ⁶⁾ [CHF/FE*a]	Kostenkennwert ⁶⁾ [CHF/FE*a]
Ersatz Wärmeerzeuger mit Energieträger Heizöl	Wärmeerzeugung (Heizung, Warmwasser)	D 5.1, D 5.2	kW Wärme- leistung	28	801	n.a.	23.6	n.a.
Erdgas				28	965	n.a.	13.2	n.a.
Holzpellets				28	1645	n.a.	21.8	n.a.
Fernwärme				35	1411	n.a.	11.9	n.a.
WP Luft				25	2415	n.a.	7.28	n.a.
WP Erdsonde				38	3875	n.a.	4.48	n.a.
WP Grundwasser				25	4036	n.a.	4.48	n.a.
Teilerneuerung Gebäudehülle				Steildach	F 1.3, D 5.4	m ² Bauteilfläche	53	479
Teilerneuerung Gebäudehülle	Flachdach	F 1.2	m ² Bauteilfläche	37	245	316	n.a.	n.a.
Teilerneuerung Gebäudehülle	Fenster / Aussentüren / Tore	E 3.1, E 3.2	m ² Bauteilfläche	40	764	859	n.a.	n.a.
Gesamterneuerung Gebäudehülle	Fassade	E 1.2, E 2.2	m ² Bauteilfläche	36	252	394	n.a.	n.a.
Gesamterneuerung Gebäudehülle	Übriger Innenausbau (Boden, Wand innen, Decke)	G 2.2, G 3.2, G 4	m ² Bauteilfläche	37	104	128	n.a.	n.a.
Teilerneuerung Gebäudetechnik	Übrige Gebäude- technik (EC/BO)	D 2.1	Objekt	5	n.a.	2500	n.a.	270
Gesamterneuerung Gebäudetechnik	Lüftung / Klima / Kälte (WRG)	D 7	m ³ /h	35	n.a.	4	n.a.	0.12

Hinweis: Abkürzungen: FEP: Finanz- und Erneuerungsplanung, CRB: Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung, FE: Funktionale Einheit, n: Nutzungsdauer, MuKen: Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich, Energ. Erneuer: Energetische Erneuerung, EC/BO: Energiecontrolling und Betriebsoptimierung, WRG: Wärmerückgewinnungsanlage; ¹⁾Investitionskosten K_I entsprechen «Baukosten» nach CRB (SIA, 2000, S. 19), «Instandsetzungskosten» und «Erneuerungskosten» nach SIA Norm 469 (1997, S. 14–15), «Instandsetzungskosten» gemäss FEP (B. Anonymus, 2020b, S. 4), «Capex» gemäss Immobilienbewertung (C. Anonymus, 2019, S. 8); ²⁾Unterhaltskosten K_M entsprechen «Instandhaltungskosten» nach SIA Norm 469 (1997, S. 14–15), «Instandhaltungskosten» gemäss FEP (B. Anonymus, 2020c, S. 2), «Unterhalt Allgemein» und «Unterhalt Mietobjekt» gemäss Immobilienbewertung (C. Anonymus, 2019, S. 8); ³⁾Die Kostengliederung basiert auf der Bauteilgliederung gemäss FEP (B. Anonymus, 2020a), referenziert mit den ⁴⁾CRB-Elementnummern, Baukostenplan Hochbau eBKP-H (2012a); ⁵⁾Als Basis für die Abschätzung der Nutzungsdauer dient die Finanz- und Erneuerungsplanung FEP, plausibilisiert und ergänzt mit der Nutzungsdauer des Inspire-Tools und Nutzungsdauern von Amstein + Walther AG; ⁶⁾Als Basis für die Berechnung der Kostenkennwerte dient die Finanz- und Erneuerungsplanung, spezifisch für alle Wirtschaftseinheiten. Diese Werte werden plausibilisiert, kalibriert und ergänzt mit den Kostenkennwerten der GEAK-Plus Beratungsberichten (spezifisch), Kostenkennwerten des Inspire-Tools (generisch) und mit Kostenkennwerten von Amstein + Walther AG (generisch)

Tabelle 14: Kostenkennwerte nach Energieträger

		KO, «Operating» Betriebs-/Energiekosten	
		Kostenkennwert [CHF/FE*a]	
Energieträger	FE	REF ¹⁾	CO ₂ -Abgabe 210 t/CO ₂ ²⁾
Erdöl	kWh	0.0744	+ 0.0317 ²⁾
Erdgas	kWh	0.0938	+ 0.0242 ²⁾
Holzpellets	kWh	0.0734	+ - 0
Fernwärme (CH-Mix, Benutzerdefiniert)	kWh	0.1220 ³⁾	+ 0.00722 ³⁾
Elektrizität (CH-Mix)	kWh	0.1979	+ - 0

Hinweis: Abkürzungen: FE: Funktionale Einheit, REF: Energiepreis Referenzszenario; ¹⁾Mittelwerte Energiepreise Schweiz Verbrauchstyp Mehrfamilienhaus Juli 2019 – Juni 2020, Erdöl 14'000 – 12'000 Liter Bezugsmenge, Erdgas Typ IV 100'000 kWh Bezugsmenge, Holzpellets 6 Tonnen Bezugsmenge, Fernwärme Typ II 100'000 kWh Bezugsmenge, Elektrizität Typ VII 13'000 kWh/a Haushalt (Daten: BFS, 2020; Kemmler et al., 2018, S. 13; Thalmann et al., 2013, Anhang 3); ²⁾Differenzbetrachtung; 96 CHF/tCO₂ respektive 0.0267 CHF/kWh Erdöl und 0.0203 CHF/kWh Erdgas sind bereits in der Referenz enthalten; das heisst durch die Erhöhung der CO₂-Abgabe von 96 CHF/tCO₂ auf 210 CHF/tCO₂, einer Erhöhung von 114 CHF/tCO₂ nehmen die Preise von Erdöl um 0.0317 CHF/kWh und die Preise von Erdgas um 0.0242 CHF/kWh zu (Eidgenössische Zollverwaltung, 2018, S. 1); ³⁾Der Fernwärmepreis setzt sich aus einem Wärmepreis respektive Arbeitspreis von 0.082 CHF/kWh aus Kemmler et al., 2018, S. 13 und einer jährlichen Grundgebühr respektive einem Leistungspreis im Median von 0.036 CHF/kWh aus Thalmann et al., 2013, Anhang 3 zusammen; Die jährliche Grundgebühr schwankt in den 52 von Thalmann et al. (2013) untersuchten Fernwärmenetzen beträchtlich: Minimalwert: 0 CHF/kWh, 25. Perzentil: 0.027 CHF/kWh, 75. Perzentil: 0.094 CHF/kWh, Maximalwert: 0.171 CHF/kWh; Die Auswirkungen der Erhöhung der CO₂-Abgabe auf die Fernwärmepreise wird für den CH-Mix mit 30% fossilen Energieträgern berechnet; Für den benutzerdefinierten Fernwärme-Mix mit Seewassernutzung werden 0% fossile Energieträger angenommen

Anhang 4: Energie- und CO₂-Absenkpfad: Koeffizienten und Faktoren

Tabelle 15: Standard-Systemnutzungsgrade (SNG) und Treibhausgasemissionskoeffizienten

Energiewandler und Energieträger	SNG ¹⁾	THGK ²⁾ [kgCO ₂ /kWh _E]
Heizkessel Heizöl extra leicht ^{A)}	0.8	0.298
Heizkessel Erdgas ^{A)}	0.8	0.228
Heizkessel Pellets ^{B)}	0.8	0.034
Elektro-Wärmepumpe Aussenluft	2.8 ^{C)}	0.050 ^{D)}
Elektro-Wärmepumpe Erdsonde	3.4 ^{C)}	0.041 ^{D)}
Elektro-Wärmepumpe Grundwasser	3.2 ^{C)}	0.043 ^{D)}
Elektroheizung zentral	0.97	0.139 ^{D)}
Elektroverbraucher allgemein	1	0.139 ^{D)}
Wärmeübertrager Nah- und Fernwärme CH ^{E)}	0.97	0.108
Wärmeübertrager Nah- und Fernwärme spezifisch ^{F)}	0.97	0.062

Anmerkung: ¹⁾Standard-Systemnutzungsgrade (SNG) für Wärmeerzeugungsanlagen mit thermischen Speicher- und Verteilverluste für Heizung und Warmwasser (SIA Norm 380, 2015a, S. 54, adaptiert); ²⁾Treibhausgasemissionskoeffizienten (SIA Norm 380, 2015a, S. 39–40, adaptiert); ^{A)}Öl- oder Gasfeuerung mit Abgaskondensation und mehrstufiger Brenner; ^{B)}Pellet- oder Hackschnitzelfeuerung mit Abgaskondensation und modulierender oder mehrstufiger Brenner; ^{C)}Standard-Jahresarbeitszahl; ^{D)}Stromprodukt Schweizer Verbrauchermix; ^{E)}Fernwärme Schweizer Durchschnitt; ^{F)}Seewasserverbund Zürich und Genf

Tabelle 16: Modell-Umrechnungsfaktoren

Bauteil FEP ¹⁾	FE ¹⁾	Modell-Inputparameter ²⁾	Modellumrechnungsfaktor ³⁾
Wärmeerzeugung	kW _P , Wärmeleistung	kWh _{E_{H,W,C}}	0.000633 ^{A)} kW _P /kWh _{E_{H,W,C}}
Steildach	m ² Bauteilfläche	m ² _{EBF}	0.38 (0.36/0.24) ^{B)} m ² _{Bauteilfläche} /m ² _{EBF}
Flachdach	m ² Bauteilfläche	m ² _{EBF}	0.27 (0.36/0.24) ^{B)} m ² _{Bauteilfläche} /m ² _{EBF}
Fenster / Aussentüren / Tore	m ² Bauteilfläche	m ² _{EBF}	0.21 (0.23/0.15) ^{B)} m ² _{Bauteilfläche} /m ² _{EBF}
Fassade	m ² Bauteilfläche	m ² _{EBF}	0.62 (0.54/0.48) ^{B)} m ² _{Bauteilfläche} /m ² _{EBF}
Übriger Innenausbau (Boden, Wand innen, Decke)	m ² Bauteilfläche	m ² _{EBF}	0.27 (0.33/0.21) ^{B)} m ² _{Bauteilfläche} /m ² _{EBF}
Lüftung / Klima / Kälte (WRG)	m ³ /h	m ² _{EBF}	3.6 ^{C)} m ³ /m ² _{EBF} *h

Anmerkung: Abkürzungen: FEP: Finanz- und Erneuerungsplanung, FE: Funktionale Einheit; ¹⁾Bezugsgrösse der Kostenkennwerte; ²⁾Objektspezifische Eingabegrössen Modell; ³⁾Umrechnungsfaktor Modell-Inputparameter zur funktionalen Einheit; ^{A)}Portfoliospezifischer, statistischer Mittelwert, Leistungskennzahlen aus GEAK-Plus Beratungsberichten (Amstein + Walthert AG, 2018c), Energieverbrauch aus Energieverbrauchserhebung 2015 bis 2017 (Amstein + Walthert AG, 2018b); ^{B)}Gebäudegeometrie Referenzgebäude mit nutzungs- und gebäudealter-spezifischen Geometriefaktoren gemäss Inspire-Datenbank (Jakob et al., 2016), Klammerwert eins: portfoliospezifischer, statistischer Mittelwert der Bauteilflächen aus GEAK-Plus Beratungsberichten (Amstein + Walthert AG, 2018c) und Energiebezugsflächen aus Flächenerhebung 2018 (Amstein + Walthert AG, 2018a), Klammerwert zwei: Geometriefaktoren eines vergleichbaren Portfolios aus Ott et al. (2011); ^{C)}Aussenluft-Volumenstrom Grossraumbüro gemäss SIA Norm 2024 (2015b, S. 41)

Tabelle 17: U-Werte [$\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$]: Ist-, Vergleichs- und Zielwerte

Bauteil FEP ¹⁾	Istwert Modell ²⁾	Istwert GEAK ³⁾	Zielwert MuKE:n: 2014 ⁴⁾	Zielwert Minergie-P ⁵⁾	Zielwert GEAK ⁶⁾
Steildach	0.60	0.53	0.25	0.15	0.20
Flachdach	0.60	0.53	0.25	0.15	0.20
Fenster / Aussentüren / Tore	2.50	2.28	1.20	0.90	1.08
Fassade	1.00	0.61	0.25	0.15	0.38
Übriger Innenausbau (Boden, Wand innen, Decke)	1.60	0.80	0.28	0.15	0.34

Anmerkung: Abkürzungen: FEP: Finanz- und Erneuerungsplanung; ¹⁾Bezugsgrösse der Endenergie-Reduktionsfaktoren Gebäudehülle; ²⁾Default-U-Werte Modell gemäss vergleichbarem Portfolio (Ott et al., 2011, S. 18); ³⁾zum Vergleich, portfoliospezifischer, statistischer Mittelwert aus GEAK-Plus Beratungsberichten vor Erneuerung (Amstein + Walthert AG, 2018c); ⁴⁾Zielwerte Einzelbauteile bei Umbauten und Umnutzungen (EnDK, 2015, S. 22); ⁵⁾Einzelbauteil-Anforderungen Minergie-P (Minergie Schweiz, 2020, S. 31), ergänzt; ⁶⁾Portfoliospezifischer, statistischer Mittelwert aus GEAK-Plus Beratungsberichten nach Erneuerung (Amstein + Walthert AG, 2018c)

Tabelle 18: Endenergie-Reduktionsfaktoren (RF) Gebäudehülle

Bauteil FEP ¹⁾	Modell ²⁾	GEAK ³⁾	Vergleichsportfolio ⁴⁾
Steildach	0.08 (0.06)	0.08	0.10
Flachdach	0.08 (0.06)	0.08	0.10
Fenster / Aussentüren / Tore	0.13 (0.11)	0.17	0.20
Fassade	0.27 (0.24)	0.20	0.30
Übriger Innenausbau (Boden, Wand innen, Decke)	0.1 (0.09)	0.09	0.20

Anmerkung: Abkürzungen: FEP: Finanz- und Erneuerungsplanung; ¹⁾Bezugsgrösse der Endenergie-Reduktionsfaktoren Gebäudehülle; ²⁾Endenergie-Reduktionsfaktoren Modell Minergie-P-Standard, in Klammer Endenergie-Reduktionsfaktoren Modell MuKE:n:2014-Standard, Faktoren portfoliospezifisch hergeleitet aus Gebäudegeometrie Referenzgebäude sowie den Ist- und Ziel-U-Werten; ³⁾zum Vergleich, Portfoliospezifischer, statistischer Mittelwert aus GEAK-Plus Beratungsberichten (Amstein + Walthert AG, 2018c); ⁴⁾zum Vergleich, Reduktionsfaktoren eines vergleichbaren Portfolios aus Ott et al. (2011)

Anhang 5: Abschätzung Finanzbedarf: Resultate Wirtschaftseinheiten

Tabelle 19: Abschätzung Finanzbedarf «Future Value», zusätzlich pro Jahr

WE	BAU-Base-Szenario ¹⁾									BAU-Plus-Szenario ¹⁾									MIT-2kW-Szenario ¹⁾								
	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050		2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050		2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	
001	0	0	0	10	-1	-1	-1	-1	0	0	0	51	-7	-7	-8	-8	0	0	0	52	-7	-7	-7	-8	-8		
002	0	34	-10	-10	66	-11	-11	-11	0	34	-10	-10	102	-19	-19	-19	0	34	-10	101	-21	-21	-21	-21	-21		
005	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	38	-4	-4	-4	-4	-4	0	0	33	-3	2	-4	-4	-4	-4		
006	0	0	0	0	0	0	46	-2	0	0	0	0	0	0	46	-2	0	0	0	0	0	0	46	-2	-2		
007	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	26	-3	-3	-3	-3	0	0	26	-4	-4	-4	-4	-4	-4		
008	0	0	0	0	114	-12	-12	-12	0	0	0	114	-12	-12	-12	-12	0	0	115	-11	-12	-12	-12	-12	-12		
009	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	29	-5	-5	-5	-5	-5	0	0	43	-7	-7	-7	-7	-7	-7		
010	0	0	0	0	0	-14	0	0	0	0	0	0	0	12	-3	-3	0	0	0	13	-3	-3	-3	-3	-3		
011	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	108	-11	-11	-11	-11	-11	0	0	91	-8	-8	9	-11	-11	-11		
012	0	0	0	19	0	-1	-1	-1	0	0	0	226	-23	-23	-23	-23	0	0	309	-33	-33	-33	-33	-33	-33		
014	0	0	0	0	0	0	-8	-1	0	0	0	0	0	0	55	-10	0	0	39	-8	9	-10	-10	-10	-10		
015	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	82	-13	-13	-13	-13	-13	-13		
020	0	0	0	0	0	-1	-1	20	0	0	0	0	0	-1	-1	20	0	0	0	0	0	20	4	4	4		
021	0	0	0	-1	-1	-1	-12	-1	0	0	0	-1	-1	-1	17	1	0	0	71	-12	-12	-12	-12	-12	-12		
022	0	12	-2	-2	-2	-2	-6	-2	0	12	-2	-2	-2	-2	42	-8	0	12	-2	-2	28	-7	-7	-7	-7		
033	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	30	-3	-3	-3	-3	-3	0	0	24	4	-3	-3	-3	-3	-3		
034	0	0	0	0	0	0	15	2	0	0	0	0	0	15	2	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0		
036	0	0	0	0	59	-6	-6	-7	0	0	0	59	-6	-6	-7	-7	0	0	59	-7	-7	-7	-7	-7	-7		
037	0	0	26	0	0	0	-1	-1	0	0	26	0	0	0	-1	-1	0	0	157	-22	-22	12	-27	-27	-27		
039	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	112	-16	-16	0	0	0	113	-17	-17	-17	-17	-17		
040	0	0	0	-4	0	0	0	0	0	0	91	-10	-10	-10	-10	-10	0	0	91	-10	-10	-10	-10	-10	-10		
048	0	0	0	0	-1	46	-6	-6	0	0	0	-1	46	-6	-6	-6	0	0	64	-8	-8	-8	-8	-8	-8		
049	0	0	0	0	0	20	4	4	0	0	0	0	20	4	4	4	0	0	20	4	21	-3	-3	-3	-3		
050	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0		
052	0	0	0	0	0	-9	0	0	0	0	0	0	0	13	-4	-4	0	0	0	0	18	-4	-4	-4	-4		
053	0	0	0	0	32	1	1	1	0	0	0	32	1	1	1	1	0	0	33	1	7	-4	-4	-4	-4		
055	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	53	-8	-8	0	0	0	69	-10	-10	-10	-10	-10		
056	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	52	-8	-8	0	0	0	66	-11	-11	-11	-11	-11		
064	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	94	-11	-11	-11	-11	-11	0	0	94	-11	-11	-11	-11	-11	-11		
065	0	0	-1	0	0	0	-1	-1	0	0	-1	0	0	-1	-1	-1	0	0	25	-4	-5	-5	-5	-5	-5		
066	0	0	0	0	0	0	164	0	0	0	0	0	0	164	0	0	0	0	0	133	-16	-16	-16	-16	-16		
067	0	0	0	0	0	0	181	0	0	0	0	0	0	181	0	0	0	0	0	131	-16	-16	-16	-16	-16		
069	0	0	2	-5	-6	-6	-6	-6	0	0	6	-7	-7	-7	-7	-7	0	0	14	-10	-10	-10	-10	-10	-10		
070	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	84	-10	-10	-10	-10	-10	0	0	101	-13	-13	-13	-13	-13	-13		
074	0	0	11	0	0	0	0	0	0	116	-13	-13	-13	-13	-13	-13	0	0	97	-10	9	-13	-13	-13	-13		
075	0	0	0	21	-5	-5	-5	-5	0	0	29	-6	-6	-6	-6	-6	0	0	44	-8	-9	-9	-9	-9	-9		
076	0	0	6	0	0	0	0	0	0	57	-6	-6	-6	-6	-6	-6	0	0	57	-6	-6	-6	-6	-6	-6		
077	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	28	-3	-3	-3	-3	-3	0	0	28	-3	-3	-3	-3	-3	-3		
078	0	0	0	0	0	0	194	0	0	0	0	0	0	194	0	0	0	0	62	-19	113	-25	-25	-25	-25		
080	0	0	-1	-1	-2	5	-3	-3	0	0	-1	-1	-2	58	-25	-25	0	0	-1	130	-34	-34	-34	-35	-35		
081	0	0	0	0	0	69	-8	-8	0	0	0	0	69	-8	-8	-8	0	0	89	-11	-11	-11	-11	-11	-11		
082	0	0	0	0	0	0	71	-9	0	0	0	0	0	71	-9	-9	0	0	0	0	54	-7	-7	-7	-7		
083	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	30	-4	-4	0	0	0	31	-4	-4	-4	-4	-4		
084	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	19	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	14	2	7	-1	-1	-1	-1		
085	0	0	6	0	0	0	0	0	0	13	-2	-2	-2	-2	-2	-2	0	0	37	-5	2	-6	-6	-6	-6		
086	0	0	0	17	1	0	0	0	0	0	35	-3	-3	-3	-3	-3	0	0	0	35	-4	-4	-4	-4	-4		
088	0	16	3	3	3	3	3	3	0	16	3	3	3	3	3	3	0	16	3	3	15	-2	-2	-2	-2		
089	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	0	0	85	-11	-11	-11	-11	-11	0	0	43	-11	63	-15	-15	-15	-15		
090	0	0	0	0	39	0	0	0	0	0	0	39	0	0	0	0	0	0	0	52	-12	-12	-12	-12	-12		
091	0	0	26	0	-1	-1	-1	-1	0	93	11	11	11	11	11	11	0	0	0	198	-35	-35	-35	-35	-35		
093	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	-3	-3	-3	-3		
095	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	75	-12	-12	-12	-12	-12		
096	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	3	3	3	3	3	0	0	104	-19	-19	-19	-19	-19	-19		
097	0	0	0	0	-5	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	23	-3	-3	-3	-3		
201	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81	-8	-8	-8	-8		
202	0	0	0	39	4	4	4	4	0	0	39	4	4	4	4	4	0	0	0	39	4	4	4	4	4		
204	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	15	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	8	0	7	-2	-2	-2	-2		
208	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	56	-8	-8	-8	-8	0	0	75	-11	-11	-11	-11	-11	-11		
209	0	13	1	1	1	1	1	1	0	13	1	1	1	1	1	1	0	13	1	1	9	2	2	2	2		
211	0	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0		
212	0	0	13	0	0	0	0	0	0	94	-14	-14	-14	-14	-14	-14	0	0	93	-14	-14	-14	-14	-14	-14		
214	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	16	-4	10	-4	-4	-4	-4		
216	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	40	-7	-7	-7	-7	-7	0	0	40	-7	-7	-7	-7	-7	-7		
222	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	28	-7	-7	-7	-7	-7	-7		
228	0	0	4	0	0	0	0	0	0	44	-5	-5	-5	-5	-5	-5	0	0	44	-5	-5	-5	-5	-5	-5		
229	0	0	10	0	0	0	0	0	0	100	-11	-11	-11	-11	-11	-11	0	0	101	-11	-11	-11	-11	-11	-11		
230	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	38	-4	-4	-4	-4	-4	0	0	31	-3	-3	3	-5	-5	-5		
231	0	28	-15	-15	-16	-16	-16	-16	0	28	-15	-15	-16	-16	-16	-16	0	28	-15	-15	-16	-16	-16	-16	-16		
232	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	26	-3	-3	-3	-3	-3	0	0	25	-4	-4	-4	-4	-4	-4		
233	0	0	0	0	0	85	-9	-9	0	0	0	85	-9	-9	-9	-9	0	0	85	-9	-9	-9	-9	-9	-9		
235	0	0</																									

Tabelle 19: Abschätzung Finanzbedarf «Future Value», zusätzlich pro Jahr

WE	BAU-Base-Szenario ¹⁾									BAU-Plus-Szenario ¹⁾									MIT-2kW-Szenario ¹⁾								
	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050		2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050		2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	
276	0	0	0	0	0	0	79	-8	0	0	0	0	0	0	0	79	-8	0	0	0	0	80	-9	-9	-9		
280	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	14	1	1		
281	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	14	1	1	0	0	0	0	0	14	1	1	1		
282	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	36	4	4	4	4	0	0	0	59	-12	-12	-12	-12	-12		
283	0	0	0	0	29	-4	-4	-4	0	0	0	0	29	-4	-4	-4	0	0	0	0	0	28	-5	-5	-5		
284	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	81	-14	-14	0	0	0	103	-18	-18	-18	-18			
287	0	-1	-2	-3	-3	-4	-5	-6	0	-1	-2	-3	94	-26	-27	-28	0	-1	-2	95	-26	-26	-27	-28			
288	0	21	-4	-4	-4	-4	-4	0	21	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	0	21	-4	-4	-4	-4	-4	-4			
294	0	0	0	0	21	-3	-3	-3	0	0	0	0	21	-3	-3	-3	0	0	0	7	10	-4	-4	-4			
295																											
296																											
297																											
400	0	0	0	0	0	7	0	-1	0	0	0	0	0	101	-15	-15	0	0	0	101	-15	-15	-15	-15			
401	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	34	-9	-9	-9	-9	-9			
402	0	0	0	0	-5	0	0	0	0	0	0	0	64	-9	-9	-9	0	0	65	-9	-9	-9	-9	-9			
403	0	15	2	2	2	2	2	2	15	2	2	2	2	2	2	2	0	15	2	2	2	58	-12	-12			
404	0	31	-9	-9	-9	-1	-9	-9	0	31	-9	-9	-9	-1	-9	-9	0	31	-9	-9	-9	-1	-9	-9			
405	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	12	-7	-7	-7	-7	7			
406	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	20	-5	-5			
407	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	20	-5	-5			
408	0	0	0	0	0	0	-4	1	0	0	0	0	0	0	4	2	0	0	0	0	4	2	2	2			
409	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	20	1	0	0	0	0	20	1	1	1			
411	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4	17	-5	-5	-5			
412	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	117	-17	-17	-17	0	0	118	-17	-17	-17	-17	-17			
414	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	16	-4	10	-4	-4	-4			
415	0	0	0	0	63	-16	-16	-16	0	0	0	0	63	-16	-16	-16	0	0	63	-17	-17	-17	-17	-17			
417	0	0	0	0	0	0	14	-1	0	0	0	0	0	14	-1	0	0	0	9	-4	10	-5	-5	-5			
421	0	0	0	49	-2	-2	-3	-3	0	0	0	49	-2	-2	-3	-3	0	0	49	-2	18	-13	-13	-13			
423	0	0	0	0	19	-1	-2	0	0	0	0	0	19	-1	-2	0	0	0	0	36	-7	-7	-7	-7			
424	0	21	2	-8	-8	-8	-8	0	21	-20	-7	-7	-7	-7	-7	0	21	2	-8	-8	-8	-8	-8	-8			
425	0	0	0	0	-4	7	7	7	0	0	0	0	-4	7	7	7	0	0	58	-7	-7	-7	-7	-7			
427	0	0	0	0	0	25	-1	-1	0	0	0	0	0	25	-1	-1	0	0	37	-6	-6	-6	-6	-6			
428	0	0	0	0	0	-20	0	0	0	0	0	0	0	0	-8	1	0	0	0	15	-6	-6	-6	-6			
429	0	0	0	0	12	-1	-1	-1	0	0	0	0	12	-1	-1	-1	0	0	25	-5	-5	-5	-5	-5			
430	0	0	0	0	0	46	-13	-13	0	0	0	0	0	15	-10	-10	0	0	28	-6	12	-14	-14	-14			
431	0	0	0	0	0	43	-2	-2	0	0	0	0	0	43	-2	-2	0	0	0	63	-10	-10	-10	-10			
432	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	55	-10	-10	-10	-10	9	9			
433	0	0	0	0	68	-7	-7	-7	0	0	0	0	68	-7	-7	-7	0	0	68	-8	-8	-8	-8	-8			
436	0	0	0	0	0	48	-8	-8	0	0	0	0	0	48	-8	-8	0	0	101	-13	-13	-13	-13	-13			
437	0	0	0	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	41	-8	0	0	0	41	-7	-7	-7	-7			
439	0	0	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	51	-9	-9	0	0	0	51	-9	-9	-9	-9			
442	0	0	0	0	76	-9	-9	-9	0	0	0	0	76	-9	-9	-9	0	0	76	-9	-9	-9	-9	-9			
443	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	33	-7	-7	-7	-7			
444	0	14	-5	-5	34	-11	-11	-11	0	14	-5	-5	34	-11	-11	-11	0	14	34	-11	-11	-11	-11	-11			
448	0	0	0	0	40	-6	-7	-7	0	0	0	0	40	-6	-7	-7	0	0	30	-5	-5	-5	-5	-5			
449	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	81	-12	-12	-12	-12	-12			
450	0	0	0	-1	-1	24	-1	-1	0	0	0	-1	-1	149	-23	-23	0	0	149	-23	-23	-23	-23	-23			
451	0	0	9	0	0	0	0	0	0	55	-8	-8	-8	-8	-8	-8	0	0	79	-12	-12	-12	-12	-12			
452	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	12	3	0	0	0	41	-5	6	-3	-3			
453	0	0	0	4	-1	-1	-1	-1	0	0	4	-1	-1	-1	-1	0	0	0	-1	33	-5	-6	-6	-6			
454	0	0	0	-5	0	0	-1	-1	0	0	-5	0	0	-1	-1	-1	0	0	55	-11	-6	-11	-11	-11			
455	0	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	0	0	64	-10	-10	-10	-10	-10			
601	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	104	-15	-15	-15	0	0	0	16	-6	82	-15	-15			
602	0	0	0	0	64	-7	-7	-7	0	0	0	0	64	-7	-7	-7	0	0	50	-5	8	-7	-7	-7			
604	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	56	-6	-7	-7	-7	0	0	47	-5	4	-7	-7	-7			
606	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	26	-3	-3	-3	-3	0	0	22	-2	2	-3	-3	-3	-3			
610	0	16	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0			
611	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	16	-3	-3	-3	-3			
612																											
613	0	0	7	0	0	0	0	0	0	61	-7	-7	-7	-7	-7	0	0	71	-10	-10	-10	-10	-10	-10			
614	0	0	0	0	20	-3	-3	-3	0	0	0	20	-3	-3	-3	0	0	13	-2	5	-3	-3	-3	-3			
615	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	49	-7	0	0	0	41	-6	-6	2	-7	-7			
616	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	80	-13	-13	-13	-13	-13	-13			
617	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	72	-11	0	0	93	-14	-14	-14	-14	-14			
618	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	12	-1	-1	-1			
619	0	0	12	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	64	-14	-14	-14	-14	-14			
650	0	0	0	0	0	2	-1	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0			
654	0	0	0	0	0	28	-2	-2	0	0	0	0	28	-2	-2	0	0	0	43	-9	-9	-9	-9	-9			
655	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	31	-2	18	-10	-10	-10	-10			
656	0	0	0	0	0	14	-1	-1	0	0	0	0	14	-1	-1	0	0	0	33	-9	-9	-9	-9	-9			
657	0	0	0	0	13	1	1	1	0	0	0	13	1	1	1	0	0	23	-3	-3	-3	-3	-3	-3			
658	0	0	0	0	0	0	14	-1	0	0	0	0	0	14	-1	0	0	0	28	-5	-5	-5	-5	-5			
660	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10	-2	-2	-2	-2	-2			
Tot.	0	252	150	214	1'039	349	36	343	0	252	997	1'327	1'443	568	173	-151	0	252	2'824	3'326	431	-241	-1'353	-1'334			

Hinweis: Abkürzungen: WE: Wirtschaftseinheit; ¹⁾ ΔK_{tot} bestehend aus ΔK_I , Wärmeerzeugung, ΔK_H , Hülle, $\$

Tabelle 20: Abschätzung Finanzbedarf «Present Value», annuiert

WE	BAU-Base-Szenario ¹⁾										BAU-Plus-Szenario ¹⁾										MIT-2kW-Szenario ¹⁾									
	AK _{tot}	AK _{LW}	AK _{LH}	AK _{LS}	AK _{MSW}	AK _{MS}	AK _{OW}	AK _{OS}	AK _{tot}	AK _{LW}	AK _{LH}	AK _{LS}	AK _{MSW}	AK _{MS}	AK _{OW}	AK _{OS}	AK _{tot}	AK _{LW}	AK _{LH}	AK _{LS}	AK _{MSW}	AK _{MS}	AK _{OW}	AK _{OS}						
001	1.5	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.7	7.2	12.7	0.0	0.0	-1.7	0.0	-3.1	-0.7	7.4	15.7	0.0	0.0	-2.2	0.0	-5.4	-0.7						
002	22.0	12.7	11.4	0.0	-0.5	0.0	-1.2	-0.4	22.3	12.7	17.4	0.0	-1.4	0.0	-5.9	-0.4	21.5	15.7	18.8	0.9	-2.4	0.1	-11.2	-0.4						
005	0.8	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	5.9	7.9	1.2	0.0	-0.7	0.0	-2.5	-0.1	4.5	7.9	0.8	0.0	-0.9	0.0	-3.3	-0.1						
006	4.3	1.9	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	1.9	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	1.9	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0						
007	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	4.2	1.6	0.0	-0.6	0.0	-1.6	0.0	4.2	5.3	2.1	0.2	-0.8	0.0	-2.7	0.0						
008	13.8	16.9	3.9	0.0	-1.8	0.0	-4.8	-0.4	13.1	16.9	3.9	0.0	-1.9	0.0	-5.3	-0.4	22.4	26.7	6.1	0.0	-2.4	0.0	-7.7	-0.4						
009	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	6.6	1.8	0.0	-0.8	0.0	-2.2	0.0	6.4	6.6	5.5	0.2	-1.2	0.0	-4.8	0.0						
010	-2.0	-1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.4	-0.7	2.2	0.0	-0.2	0.0	-1.6	-0.1	0.0	-1.1	3.3	0.4	-0.2	0.1	-2.3	-0.1						
011	1.8	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	17.8	21.6	3.3	0.0	-1.8	0.0	-5.0	-0.2	19.4	27.1	2.1	0.2	-2.2	0.1	-7.6	-0.2						
012	3.3	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.6	37.0	44.8	7.2	0.0	-3.8	0.0	-10.6	-0.6	42.9	44.8	21.5	3.0	-5.0	0.2	-21.2	-0.6						
014	-1.3	-0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4	-1.2	4.5	1.7	0.0	-0.7	0.0	-6.3	-0.4	3.4	10.0	2.5	0.3	-0.8	0.1	-8.3	-0.4						
015	0.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4	0.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4	0.0	8.1	15.4	4.2	0.5	-1.1	0.1	-10.7	-0.4						
020	-0.9	1.3	0.0	0.0	-1.6	0.0	0.0	-0.6	-1.1	1.3	0.0	0.0	-1.7	0.0	0.0	-0.6	-2.6	2.0	0.0	0.0	-2.2	0.0	-1.7	-0.6						
021	-2.1	-1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	-4.7	1.6	0.0	0.0	-1.1	0.0	-4.3	-1.0	-4.5	3.0	10.8	1.3	-2.0	0.2	-16.8	-1.0						
022	3.4	-0.4	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	4.5	3.2	5.1	0.0	-0.4	0.0	-3.4	-0.1	4.3	5.0	3.8	0.0	-0.4	0.0	-4.1	-0.1						
033	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	6.4	7.0	1.5	0.0	-0.5	0.0	-1.5	-0.1	5.4	7.0	1.2	0.1	-0.6	0.0	-2.2	-0.1						
034	-0.2	1.1	0.0	0.0	-0.9	0.0	0.0	-0.4	-0.3	1.1	0.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	-0.4	-2.2	1.4	0.0	0.9	-1.5	0.1	-2.8	-0.4						
036	4.8	7.2	2.0	0.0	-1.0	0.0	-3.4	-0.1	4.4	7.2	2.0	0.0	-1.1	0.0	-3.7	-0.1	5.3	9.0	2.5	0.3	-1.3	0.0	-5.1	-0.1						
037	6.2	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5	6.2	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5	18.3	39.2	4.3	0.0	-2.3	0.0	-22.5	-0.5							
039	0.5	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	2.8	11.4	3.3	0.0	-1.1	0.0	-10.5	-0.2	3.2	14.1	4.1	0.5	-1.4	0.1	-14.0	-0.2						
040	0.6	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	10.3	13.9	3.8	0.0	-1.6	0.0	-5.5	-0.2	8.3	13.9	3.8	0.4	-2.0	0.1	-7.7	-0.2						
048	1.6	4.8	1.1	0.0	-0.8	0.0	-2.7	-0.9	1.3	4.8	1.1	0.0	-0.9	0.0	-3.0	-0.9	6.0	7.4	5.3	0.2	-1.1	0.0	-4.9	-0.9						
049	0.1	1.9	0.0	0.0	-1.7	0.0	0.0	-0.2	-0.1	1.9	0.0	0.0	-1.8	0.0	0.0	-0.2	-1.0	3.6	3.3	0.4	-2.6	0.1	-5.6	-0.2						
050	1.8	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	1.8	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	1.8	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1						
052	-1.4	-1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	-0.6	0.4	1.6	0.0	-0.2	0.0	-2.1	-0.2	-0.3	0.5	1.9	0.8	-0.3	0.1	-3.2	-0.2						
053	4.5	5.1	0.0	0.0	-0.2	0.0	0.0	-0.3	4.2	5.1	0.0	0.0	-0.3	0.0	-0.2	-0.3	3.1	7.6	1.5	0.2	-1.1	0.0	-4.7	-0.3						
055	0.7	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.1	4.8	0.9	0.0	-0.5	0.0	-4.9	-0.2	3.2	7.2	4.0	0.2	-0.7	0.0	-7.3	-0.2						
056	0.4	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	-0.4	4.9	0.7	0.0	-0.6	0.0	-5.3	-0.2	2.1	7.5	3.4	0.1	-0.8	0.0	-8.1	-0.2						
064	0.7	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	9.7	18.4	0.0	0.0	-2.2	0.0	-6.4	-0.2	11.0	22.8	0.0	0.0	-2.7	0.0	-8.8	-0.2						
065	-0.7	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5	-0.7	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5	0.8	3.8	1.2	0.1	-0.4	0.0	-3.5	-0.5							
066	0.4	9.6	4.1	0.0	-2.5	0.0	-10.4	-0.3	-0.5	9.6	4.1	0.0	-2.6	0.0	-11.1	-0.3	1.8	14.9	2.1	0.2	-3.1	0.1	-12.0	-0.3						
067	2.1	8.8	6.6	0.0	-2.6	0.0	-10.7	0.0	1.3	8.8	6.6	0.0	-2.7	0.0	-11.4	0.0	5.9	16.6	4.1	0.5	-3.2	0.1	-12.2	0.0						
069	1.7	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	2.9	1.8	1.2	0.0	0.0	0.0	-0.1	5.4	1.8	3.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1						
070	1.7	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	8.5	14.2	1.8	0.0	-1.7	0.0	-5.7	-0.2	12.7	17.2	6.7	0.3	-2.1	0.0	-9.2	-0.2						
074	2.5	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	18.1	23.3	4.5	0.0	-2.1	0.0	-7.3	-0.3	13.7	23.3	3.0	0.0	-2.6	0.0	-9.7	-0.3						
075	2.7	5.6	0.0	0.0	-0.3	0.0	-2.5	-0.1	3.1	5.6	1.5	0.0	-0.4	0.0	-3.6	-0.1	3.3	5.6	4.6	0.2	-0.6	0.0	-6.4	-0.1						
076	1.5	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	9.2	14.0	0.0	0.0	-1.2	0.0	-3.5	-0.1	7.5	14.0	0.0	0.0	-1.5	0.0	-5.0	-0.1						
077	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	2.9	5.5	0.0	0.0	-0.7	0.0	-1.9	-0.1	3.2	6.8	0.0	0.0	-0.8	0.0	-2.6	-0.1						
078	0.9	10.7	6.2	0.0	-3.0	0.0	-12.6	-0.4	-0.1	10.7	6.2	0.0	-3.2	0.0	-13.4	-0.4	24.6	16.1	14.1	0.6	-1.4	0.1	-4.5	-0.4						
080	-1.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.5	-6.6	12.3	0.0	0.0	-1.5	0.0	-15.0	-2.5	0.0	17.5	9.6	4.3	-2.5	0.3	-26.8	-2.5						
081	3.3	7.5	1.4	0.0	-1.2	0.0	-4.1	-0.3	2.9	7.5	1.4	0.0	-1.3	0.0	-4.5	-0.3	8.5	11.3	6.1	0.2	-1.7	0.0	-7.3	-0.3						
082	1.9	4.8	2.7	0.0	-1.1	0.0	-4.5	-0.1	1.5	4.8	2.7	0.0	-1.1	0.0	-4.8	-0.1	0.7	5.9	1.1	0.1	-1.3	0.0	-5.1	-0.1						
083	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	2.6	0.7	0.0	-0.3	0.0	-2.9	0.0	0.9	3.9	1.0	0.1	-0.4	0.0	-3.8	0.0						
084	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	2.2	1.3	0.0	-0.7	0.0	-0.7	0.0	1.2	2.8	1.0	0.1	-0.9	0.0	-1.9	0.0						
085	1.5	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	3.3	1.6	1.7	0.0	0.0	0.0	-0.1	4.4	9.0	1.1	0.1	-0.5	0.0	-5.3	-0.1							
086	1.5	2.9	0.0	0.0	-0.3	0.0	-0.8	-0.3	2.5	2.9	3.6	0.0	-0.5	0.0	-3.2	-0.3	0.3	2.9	3.6	0.4	-0.7	0.1	-5.7	-0.3						
088	2.1	3.6	0.0	0.0	-1.1	0.0	0.0	-0.4	2.0	3.6	0.0	0.0	-1.2	0.0	-0.4	0.4	3.6	2.3	0.3	-1.7	0.1	-3.7	-0.4							
089	-0.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.9	7.8	13.4	3.1	0.0	-1.8	0.0	-5.9	-0.9	14.6	9.1	9.3	0.4	-0.8	0.1	-2.5	-0.9						
090	5.4	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4	5.4	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4	2.9	5.8	3.4	0.4	-0.4	0.1	-6.0	-0.4							
091	5.7	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.9	12.3	17.8	0.0	0.0	-4.7	0.0	0.0	-0.9	-0.9	12.2	21.5	0.9	-7.5	0.2	-27.3	-0.9						
093	-0.7	-0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	-0.7	-0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	-0.9	0.5	1.9	0.8	-0.4	0.1	-3.5	-0.2						
095	1.7	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	1.7	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	-4.4	7.1	7.7	1.0	-2.1	0.2	-17.8	-0.3							
096	-0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	-1.3	5.3	0.0	0.0	-1.4	0.0	-4.9	-0.3	-5.1	6.4	10.5	4.6	-2.8	0.4	-23.9	-0.3						
097	-1.0	-0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-1.0	0.2	0.0	0.0	-0.3	0.0	-0.9	-0.1	-1.5	0.3	2.2	1.0	-0.5	0.1	-4.3	-0.1						
201	-0.2	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.2	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	3.7	4.8	5.3	0.2	-1.2	0.1	-5.3	-0.1						
202	4.7	6.5	0.0	0.0	-1.5	0.0	0.0	-0.3	4.6	6.5	0.0	0.0	-1.6	0.0	-0.3	2.2	6.5	0.0	0.0	-2.2	0.0	-1.9	-0.3							
204	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	2.0	1.7	1.5	0.0	-0.2	0.0	-0.9	-0.1	1.3	2.1	1.2	0.1	-0.4	0.0	-1.7	-0.1						
208	0.7	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	2.8	7.5	1.6	0.0	-0.6	0.0	-5.4	-0.3														

Tabelle 20: Abschätzung Finanzbedarf «Present Value», annuiert

WE	BAU-Base-Szenario ¹⁾										BAU-Plus-Szenario ¹⁾										MIT-2kW-Szenario ¹⁾									
	ΔK _{tot}	ΔK _{I,W}	ΔK _{I,H}	ΔK _{I,S}	ΔK _{M,W}	ΔK _{M,S}	ΔK _{O,W}	ΔK _{O,St}	ΔK _{tot}	ΔK _{I,W}	ΔK _{I,H}	ΔK _{I,S}	ΔK _{M,W}	ΔK _{M,S}	ΔK _{O,W}	ΔK _{O,St}	ΔK _{tot}	ΔK _{I,W}	ΔK _{I,H}	ΔK _{I,S}	ΔK _{M,W}	ΔK _{M,S}	ΔK _{O,W}	ΔK _{O,St}						
283	2.5	2.3	2.4	0.0	-0.1	0.0	-2.0	-0.1	2.5	2.3	2.4	0.0	-0.1	0.0	-2.0	-0.1	2.2	2.3	2.4	0.3	-0.2	0.1	-2.6	-0.1						
284	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.6	9.7	1.5	0.0	-1.0	0.0	-9.5	-0.2	5.4	14.0	6.7	0.3	-1.3	0.0	-14.1	-0.2						
287	-4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-4.9	-0.6	13.2	6.1	0.0	-1.5	0.0	-13.6	-4.9	-1.6	16.1	7.4	0.0	-1.9	0.0	-18.3	-4.9						
288	4.0	6.6	0.0	0.0	-0.3	0.0	-2.3	-0.1	3.8	6.6	0.0	0.0	-0.3	0.0	-2.5	-0.1	2.9	6.6	0.0	0.0	-0.4	0.0	-3.3	-0.1						
294	3.4	2.1	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	3.4	2.1	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	4.0	2.1	1.8	0.2	0.0	0.0	0.0	-0.1						
295																														
296																														
297																														
400	0.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5	6.1	13.8	2.1	0.0	-1.0	0.0	-8.3	-0.5	11.4	21.0	3.2	0.4	-1.2	0.1	-11.5	-0.5						
401	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.3	0.6	8.4	1.2	0.0	0.1	0.0	0.0						
402	-1.1	-0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	3.7	6.5	3.8	0.0	-0.6	0.0	-5.7	-0.3	8.0	10.0	5.8	0.7	-0.8	0.1	-7.6	-0.3						
403	3.3	3.9	0.0	0.0	-0.3	0.0	0.0	-0.3	2.9	3.9	0.0	0.0	-0.4	0.0	-0.3	-0.3	9.1	9.2	3.6	0.4	-1.0	0.1	-3.0	-0.3						
404	12.4	1.0	10.3	1.2	0.0	0.1	0.0	-0.2	12.4	1.0	10.3	1.2	0.0	0.1	0.0	-0.2	12.4	1.0	10.3	1.2	0.0	0.1	0.0	-0.2						
405	0.7	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4	0.7	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4	5.2	1.1	4.0	0.5	0.0	0.1	0.0	-0.4							
406	0.9	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.9	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	2.9	1.0	1.7	0.2	0.0	0.1	0.0	-0.1							
407	0.8	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.8	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	2.9	0.9	1.8	0.2	0.0	0.1	0.0	-0.1							
408	-0.9	-0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4	-1.0	0.2	0.0	0.0	-0.8	0.0	0.0	-0.4	-1.9	0.4	0.0	0.0	-1.1	0.0	-0.8	-0.4						
409	0.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	-1.2	2.0	0.0	0.0	-0.6	0.0	-2.3	-0.3	-3.7	2.9	0.0	0.0	-0.9	0.0	-5.4	-0.3						
411	0.4	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	0.4	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	3.6	0.7	2.8	0.3	0.0	0.1	0.0	-0.3							
412	1.4	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	15.3	3.7	0.0	-1.2	0.0	-11.4	0.0	12.8	22.9	5.6	0.7	-1.5	0.1	-15.0	0.0						
414	1.1	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	1.1	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	2.4	1.7	3.5	0.4	-0.4	0.1	-2.6	-0.2							
415	2.7	9.6	3.2	0.0	-0.8	0.0	-8.8	-0.4	1.8	9.6	3.2	0.0	-0.9	0.0	-9.7	-0.4	4.7	14.6	4.9	0.6	-1.3	0.1	-13.8	-0.4						
417	-0.2	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.6	-0.2	-0.6	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.1	-0.2	2.5	2.4	2.7	0.3	0.0	0.0	-2.9	-0.2						
421	5.6	10.2	0.0	0.0	0.0	0.0	-4.4	-0.2	4.4	10.2	0.0	0.0	0.0	0.0	-5.7	-0.2	0.7	12.6	4.1	0.5	-0.2	0.1	-16.1	-0.2						
423	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.4	-0.2	-0.7	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	-3.2	-0.2	-2.5	3.3	3.1	0.4	-0.1	0.1	-9.0	-0.2						
424	7.8	2.4	6.6	0.8	0.0	0.1	-1.9	-0.2	4.0	-3.3	6.6	0.8	0.0	0.1	0.0	-0.2	5.1	2.4	6.6	0.8	0.0	0.1	-4.5	-0.2						
425	-4.6	-1.7	0.0	0.0	-2.6	0.0	0.0	-0.4	-4.8	-1.7	0.0	0.0	-2.8	0.0	0.0	-0.4	-2.3	-2.0	9.3	4.1	-4.1	0.3	-9.4	-0.4						
427	1.2	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.1	-0.2	0.6	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.7	-0.2	0.5	5.3	2.8	0.3	-0.1	0.1	-7.7	-0.2						
428	-2.6	-2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	-3.2	-0.9	0.0	0.0	-0.4	0.0	-1.6	-0.3	-5.5	-1.3	3.0	1.3	-0.9	0.1	-7.5	-0.3						
429	0.3	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.7	-0.2	-0.2	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.1	-0.2	-0.7	2.7	2.7	0.3	-0.1	0.1	-6.1	-0.2						
430	-1.0	3.8	3.7	0.0	-0.7	0.0	-7.8	0.0	-3.6	3.8	0.0	0.0	-0.7	0.0	-6.8	0.0	4.4	4.5	6.5	0.8	-0.7	0.1	-6.9	0.0						
431	2.5	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	-3.4	-0.1	1.4	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	-4.4	-0.1	1.4	9.0	4.5	0.5	-0.2	0.1	-12.6	-0.1						
432	-0.2	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.7	-0.3	-0.7	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.2	-0.3	14.4	1.8	13.8	0.6	0.0	0.1	-1.6	-0.3						
433	5.5	9.1	1.6	0.0	-1.2	0.0	-3.9	-0.2	5.1	9.1	1.6	0.0	-1.2	0.0	-4.2	-0.2	6.0	11.2	2.0	0.2	-1.5	0.0	-5.8	-0.2						
436	2.0	4.2	2.8	0.0	-1.2	0.0	-3.5	-0.3	1.4	4.2	2.8	0.0	-1.3	0.0	-3.9	-0.3	11.3	6.7	13.2	1.8	-1.9	0.1	-8.4	-0.3						
437	-0.4	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	-1.3	4.4	0.0	0.0	-0.6	0.0	-5.0	-0.2	-0.7	6.9	0.0	0.0	-0.7	0.0	-6.7	-0.2						
439	-0.6	-0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4	-0.4	6.9	0.0	0.0	-0.7	0.0	-6.2	-0.4	-1.0	8.6	0.0	0.0	-0.9	0.0	-8.3	-0.4						
442	5.3	12.1	0.0	0.0	-1.7	0.0	-4.8	-0.2	4.7	12.1	0.0	0.0	-1.8	0.0	-5.4	-0.2	8.3	18.1	0.0	0.0	-2.2	0.0	-7.4	-0.2						
443	2.7	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	2.7	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	5.6	3.0	2.6	0.3	0.0	0.1	0.0	-0.3							
444	8.6	7.8	4.8	0.0	-1.3	0.0	-2.6	0.0	8.0	7.8	4.8	0.0	-1.4	0.0	-3.1	0.0	9.6	11.7	4.8	0.0	-1.8	0.0	-5.1	0.0						
448	2.1	5.1	1.6	0.0	-1.0	0.0	-3.3	-0.2	1.8	5.1	1.6	0.0	-1.1	0.0	-3.6	-0.2	0.6	6.3	0.0	0.0	-1.3	0.0	-4.3	-0.2						
449	1.6	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	1.6	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	4.9	13.6	2.6	0.3	-1.1	0.1	-10.4	-0.2							
450	2.3	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	3.0	17.3	2.4	0.0	-1.5	0.0	-14.2	-1.0	9.1	26.6	3.7	0.4	-1.9	0.1	-18.8	-1.0						
451	2.2	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	10.3	12.7	3.1	0.0	-1.5	0.0	-3.9	-0.1	11.9	12.7	9.3	0.4	-2.0	0.0	-8.4	-0.1						
452	-0.4	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	-0.5	0.9	0.0	0.0	-1.3	0.0	0.0	-0.2	7.6	1.1	5.6	2.5	-1.1	0.2	-0.5	-0.2						
453	-0.3	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.2	-0.3	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.2	-1.7	1.9	2.6	1.1	-0.6	0.1	-5.5	-1.2							
454	-1.4	-0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5	-1.4	-0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5	13.0	0.7	12.2	1.8	-0.2	0.1	-1.1	-0.5							
455	-0.9	-0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	-0.9	-0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	6.2	0.5	13.7	2.0	-2.1	0.1	-7.7	-0.3							
601	1.9	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	6.3	13.9	3.0	0.0	-1.0	0.0	-9.3	-0.3	6.1	11.1	3.7	0.4	-0.9	0.1	-8.1	-0.3						
602	5.2	8.0	2.0	0.0	-1.1	0.0	-3.6	-0.1	4.8	8.0	2.0	0.0	-1.1	0.0	-3.9	-0.1	7.7	12.4	2.0	0.0	-1.4	0.0	-5.2	-0.1						
604	0.5	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	5.9	9.2	1.7	0.0	-1.1	0.0	-3.8	-0.1	6.2	11.2	1.4	0.2	-1.4	0.0	-5.2	-0.1						
606	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	4.2	0.8	0.0	-0.5	0.0	-1.8	0.0	2.9	5.2	0.7	0.1	-0.6	0.0	-2.4	0.0						
610	4.5	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	4.5	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	4.5	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1						
611	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	2.4	0.3	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2						
612																														
613	1.7	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	8.9	13.2	1.3	0.0	-1.3	0.0	-4.3	-0.1	8.6	13.2	3.8	0.2	-1.6	0.0	-7.0	-0.1						
614	1.9	2.7	1.1	0.0	-0.5	0.0	-1.3	0.0	1.7	2.7	1.1	0.0	-0.6	0.0	-1.5	0.0	2.0	4.1	0.9	0.1	-0.7	0.0	-2.3	0.0						
615	0.5	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	-0.1	4.7	0.9	0.0	-0.5	0.0	-4.9	-0.2	2.0	8.1	0.9	0.0	-0.6	0.0	-6.2	-0.2						
616	2.4	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	2.4	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	9.0	14.1	5.6	0.2	-0.9	0.0	-9.9	-0.1							
617	0.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.3	6.7	1.1	0.0	-0.8	0.0	-7.3	-0.1	11.2													

Tabelle 21: Abschätzung Wertänderung DCF

WE	BAU-Base-Szenario ¹⁾								BAU-Plus-Szenario ¹⁾								MIT-2kW-Szenario ¹⁾										
	ΔW _{ML}	ΔW _{LR}	ΔW _{LW}	ΔW _{LH}	ΔW _{LS}	ΔW _{LM}	ΔW _{LS}	ΔW _{OS}	ΔW _{ML}	ΔW _{LR}	ΔW _{LW}	ΔW _{LH}	ΔW _{LS}	ΔW _{LM}	ΔW _{LS}	ΔW _{OS}	ΔW _{ML}	ΔW _{LR}	ΔW _{LW}	ΔW _{LH}	ΔW _{LS}	ΔW _{LM}	ΔW _{LS}	ΔW _{OS}			
001	-14	15	-35	0	0	0	0	0	6	-18	82	-192	0	0	31	6	-22	102	-237	0	0	54	0	53	6		
002	-324	0	-172	-176	0	9	0	11	3	-257	0	-172	-176	0	32	0	56	3	-192	241	-247	-316	-7	40	-12	105	3
005	-8	6	-14	0	0	0	0	0	0	-50	73	-147	-24	0	23	0	25	0	-45	56	-147	-13	0	23	0	36	0
006	-65	0	-28	-37	0	0	0	0	0	-65	0	-28	-37	0	0	0	0	0	-65	0	-28	-37	0	0	0	0	0
007	-4	3	-8	0	0	0	0	0	0	8	37	-61	0	0	17	0	14	0	-32	47	-77	-38	-2	18	-3	22	0
008	-164	0	-200	-58	0	51	0	40	3	-159	0	-200	-58	0	51	0	45	3	-173	203	-385	-112	0	53	0	65	3
009	-5	4	-10	0	0	0	0	0	0	-28	58	-99	-36	0	27	0	22	0	-24	87	-99	-103	-2	30	-3	65	0
010	1	0	0	0	0	0	0	0	1	-20	0	0	-36	0	0	0	15	1	-8	20	16	-63	-3	6	-6	22	1
011	-16	12	-31	0	0	0	0	0	2	-66	150	-311	0	0	50	0	43	2	-166	143	-393	-31	-1	49	0	65	2
012	-30	25	-59	0	0	0	0	0	4	-120	322	-649	0	0	109	0	93	4	-67	322	-649	0	-35	117	-12	185	4
014	4	0	0	0	0	0	0	0	4	-38	0	-77	-31	0	0	0	67	4	-67	62	-189	-46	-1	22	-6	88	4
015	-5	0	-8	0	0	0	0	0	3	-5	0	-8	0	0	0	0	3	-214	0	-296	-86	-4	29	-8	148	3	
020	-14	0	-20	0	0	0	0	0	5	-14	0	-20	0	0	0	0	5	-8	0	-30	0	0	0	0	0	16	5
021	8	0	0	0	0	0	0	0	8	25	0	-25	0	0	0	0	42	8	-80	0	-53	-209	-11	38	-19	166	8
022	-33	24	0	-57	0	0	0	0	0	-74	0	-48	-57	0	0	0	30	0	-86	0	-75	-57	0	9	0	35	0
033	-2	0	-3	0	0	0	0	0	1	-102	0	-104	-28	0	16	0	14	1	-93	0	-104	-22	-1	16	-2	21	1
034	-11	0	-14	0	0	0	0	0	3	-11	0	-14	0	0	0	0	3	-4	0	-18	0	-9	0	0	0	19	3
036	-85	0	-112	-33	0	30	0	30	1	-82	0	-112	-33	0	30	0	33	1	-45	88	-158	-46	-2	31	-4	46	1
037	-56	47	-107	0	0	0	0	0	4	-56	47	-107	0	0	0	0	4	-242	278	-722	-74	0	51	0	221	4	
039	-9	0	-10	0	0	0	0	0	2	-131	0	-178	-54	0	0	0	99	2	-131	0	-221	-67	-2	32	-8	132	2
040	-5	5	-12	0	0	0	0	0	2	-13	134	-246	0	0	47	0	50	2	-1	134	-246	0	-2	47	-6	69	2
048	-62	0	-76	-19	0	0	0	26	7	-59	0	-76	-19	0	0	0	28	7	-55	98	-134	-96	-2	28	-3	46	7
049	-29	0	-31	0	0	0	0	0	2	-29	0	-31	0	0	0	0	2	-10	0	-65	-57	-2	61	-7	57	2	
050	-18	16	-35	0	0	0	0	0	1	-18	16	-35	0	0	0	0	1	-18	16	-35	0	0	0	0	0	0	1
052	2	0	0	0	0	0	0	0	2	-10	0	-6	-27	0	0	0	22	2	-26	0	-7	-34	-10	8	-17	32	2
053	-70	0	-76	0	0	3	0	0	3	-68	0	-76	0	0	3	0	2	3	-43	43	-126	-26	-1	19	-3	48	3
055	-12	0	-14	0	0	0	0	0	2	-47	0	-84	-16	0	0	0	51	2	-77	0	-125	-70	-1	18	-3	102	2
056	-7	0	-9	0	0	0	0	0	1	-40	0	-80	-13	0	0	0	52	1	-61	0	-122	-55	-1	19	-2	99	1
064	-6	6	-14	0	0	0	0	0	2	-61	-147	-338	0	0	66	0	62	2	-83	182	-420	0	0	66	0	87	2
065	8	0	3	0	0	0	0	0	5	8	0	3	0	0	0	0	5	-3	45	-73	-24	-1	9	-2	38	5	
066	-111	0	-146	-62	0	0	0	94	3	-104	0	-146	-62	0	0	0	101	3	-149	0	-226	-34	-1	0	0	109	3
067	-140	0	-141	-105	0	0	0	106	0	-133	0	-141	-105	0	0	0	113	0	-145	0	-265	-69	-2	79	-9	120	0
069	-15	13	-29	0	0	0	0	0	1	-27	23	-29	-22	0	0	0	1	-53	42	-29	-64	-1	0	-2	0	0	1
070	-15	15	-32	0	0	0	0	0	2	-5	146	-278	0	0	59	0	66	2	-49	217	-338	-132	-2	63	-5	146	2
074	-22	19	-44	0	0	0	0	0	2	-153	225	-430	-88	0	66	0	71	2	-155	162	-430	-50	0	66	0	95	2
075	-48	0	-85	0	0	11	0	25	1	-65	0	-85	-30	0	12	0	37	1	-88	0	-85	-86	-2	16	-3	70	1
076	-14	11	-25	0	0	0	0	0	1	-76	106	-248	0	0	34	0	32	1	-63	106	-248	0	0	34	0	45	1
077	-2	2	-5	0	0	0	0	0	1	-16	46	-102	0	0	20	0	19	1	-22	56	-126	0	0	20	0	27	1
078	-133	0	-177	-104	0	0	0	145	3	-116	0	-177	-104	0	0	0	162	3	-427	0	-268	-264	-5	69	-9	46	3
080	10	0	-16	0	0	0	0	0	26	29	0	-199	0	0	0	0	202	26	-189	0	-290	-209	-129	77	-26	361	26
081	-109	0	-131	-25	0	0	0	44	2	-102	0	-131	-25	0	0	0	52	2	-23	148	-211	-115	-2	46	-4	112	2
082	-74	0	-76	-43	0	0	0	44	0	-71	0	-76	-43	0	0	0	47	0	-62	0	-94	-18	0	0	0	50	0
083	-4	0	-4	0	0	0	0	0	0	-25	0	-43	-12	0	0	0	30	0	-29	0	-65	-18	0	9	-2	47	0
084	-16	0	-16	0	0	0	0	0	0	-13	0	-40	0	0	19	0	7	0	-31	0	-49	-18	0	20	-2	19	0
085	-14	12	-26	0	0	0	0	0	1	-29	27	-26	-34	0	4	0	0	1	-45	64	-168	-20	-1	13	-2	68	1
086	-8	26	-55	0	0	9	0	9	3	60	60	-55	0	0	14	0	37	3	81	60	-55	0	-2	15	-8	67	3
088	-26	23	-53	0	0	0	0	0	3	-26	23	-53	0	0	0	0	3	-48	3	-53	-40	-1	6	-5	38	3	
089	-6	0	-3	0	0	0	0	0	8	-120	0	-258	0	0	61	0	69	8	-96	0	-169	0	-2	43	-6	29	8
090	-90	0	-93	0	0	0	0	0	3	-90	0	-93	0	0	0	0	3	-82	0	-93	-59	-2	15	-7	62	3	
091	-50	51	-110	0	0	0	0	0	8	-21	157	-336	0	0	150	0	8	-96	0	-215	-395	-4	210	-18	317	8	
093	10	0	8	0	0	0	0	0	2	10	0	8	0	0	0	0	2	-23	0	-9	-38	-12	10	-19	43	2	
095	-15	15	-33	0	0	0	0	0	3	-15	15	-33	0	0	0	0	3	228	132	-131	0	-4	46	-16	199	3	
096	3	0	0	0	0	0	0	0	3	-1	0	-97	0	0	33	0	59	3	-139	0	-122	-220	-134	67	-25	291	3
097	1	0	0	0	0	0	0	0	1	14	0	-4	0	0	6	0	11	1	-2	0	-5	-45	-14	6	0	55	1
201	2	0	1	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0	0	0	0	0	1	-107	0	-74	-83	-1	0	0	50	1
202	-21	46	-111	0	0	42	0	0	3	-21	46	-111	0	0	42	0	3	-4	46	-111	0	0	42	0	16	3	
204	-4	0	-4	0	0	0	0	0	0	-13	0	-25	0	0	5	0	8	0	-33	0	-32	-18	0	5	-2	15	0
208	-12	0	-14	0	0	0	0	0	2	-81	0	-131	-28	0	18	0	58	2	-48	128	-173	-108	-2	21	-4	88	2
209	-26	21	-49	0	0	0	0	0	3	-24	21	-49	0	0	0	0	1	3	-12	21	-49	0	0	0	0	14	3
211	-11	0	-30	0	0	0	0	15	3	-3	0	-30	0	0	0	24	3	25	0	-30	-37	0	0	0	0	88	3
212	-53	0	-53	0	0	0	0	0	0	-290	0	-320	-109	0	77	0	62	0	-179	0	-256	-88	-4	78	-8	99	0
214	-18	0	-20	0	0	0	0	0	2	-18	0	-20	0	0	0	0	2	-65	0	-23	-63	-3	6	-5	22	2	
216	0	0	-1	0	0	0	0	0	1	-45	0	-102	0	0	14	0	42	1	-77	0	-149	0	0	14	0	56	1
222	-9	0	-12	0	0	0																					

Tabelle 21: Abschätzung Wertänderung DCF

WE	BAU-Base-Szenario ¹⁾								BAU-Plus-Szenario ¹⁾								MIT-2kW-Szenario ¹⁾										
	$\Delta W_{M,W}$	$\Delta W_{L,R}$	$\Delta W_{L,H}$	$\Delta W_{L,S}$	$\Delta W_{M,W}$	$\Delta W_{M,S}$	$\Delta W_{O,W}$	$\Delta W_{O,S}$	$\Delta W_{M,W}$	$\Delta W_{L,R}$	$\Delta W_{L,H}$	$\Delta W_{L,S}$	$\Delta W_{M,W}$	$\Delta W_{M,S}$	$\Delta W_{O,W}$	$\Delta W_{O,S}$	$\Delta W_{M,W}$	$\Delta W_{L,R}$	$\Delta W_{L,H}$	$\Delta W_{L,S}$	$\Delta W_{M,W}$	$\Delta W_{M,S}$	$\Delta W_{O,W}$	$\Delta W_{O,S}$			
283	-54	0	-38	-43	0	5	0	21	0	-54	0	-38	-43	0	5	0	21	0	-52	0	-38	-43	-1	7	-5	28	0
284	-3	0	-5	0	0	0	0	0	2	-69	0	-191	-32	0	0	0	152	2	-108	0	-281	-135	-2	42	-5	270	2
287	44	0	-1	0	0	0	0	44	-58	0	-189	-114	0	49	0	152	44	-100	0	-249	-151	0	50	0	205	44	
288	-33	41	-97	0	0	0	0	21	1	-31	41	-97	0	0	0	23	1	-21	41	-97	0	0	0	0	34	1	
294	-56	0	-34	-27	0	4	0	0	1	-56	0	-34	-27	0	4	0	0	1	-69	0	-34	-36	-2	5	-3	0	1
295																											
296																											
297																											
400	-10	0	-14	0	0	0	0	4	-131	0	-181	-36	0	0	0	82	4	-221	0	-314	-62	-3	31	-6	129	4	
401	-9	0	-9	0	0	0	0	0	-9	0	-9	0	0	0	0	0	0	-192	0	-9	-156	-32	11	-7	0	0	
402	2	0	0	0	0	0	0	2	-91	0	-102	-62	0	17	0	54	2	-91	126	-182	-112	-6	18	-9	72	2	
403	-27	22	-51	0	0	0	0	2	-24	22	-51	0	0	0	3	2	-83	0	-51	-61	-2	0	0	29	2		
404	-134	59	-16	-158	-9	0	-13	0	2	-134	59	-16	-158	-9	0	-13	0	2	-134	59	-16	-158	-9	0	-13	0	2
405	-14	0	-17	0	0	0	0	3	-14	0	-17	0	0	0	0	3	-67	24	-17	-75	-4	8	-6	0	3		
406	-14	0	-14	0	0	0	0	1	-14	0	-14	0	0	0	0	1	-42	0	-14	-27	-1	0	0	0	1		
407	-13	0	-13	0	0	0	0	1	-13	0	-13	0	0	0	0	1	-42	0	-13	-29	-1	0	0	0	1		
408	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	-4	0	0	0	0	3	26	0	-5	0	0	21	0	8	3		
409	-5	0	-8	0	0	0	0	2	-6	0	-34	0	0	0	25	2	26	0	-50	0	0	13	0	60	2		
411	-4	6	-13	0	0	0	0	3	-4	6	-13	0	0	0	3	-63	0	-13	-51	-1	6	-7	0	3			
412	-21	0	-21	0	0	0	0	0	-175	0	-265	-68	0	37	0	121	0	-116	247	-434	-111	-6	39	-10	159	0	
414	-18	0	-20	0	0	0	0	2	-18	0	-20	0	0	0	2	-65	0	-23	-63	-3	6	-5	22	2			
415	-66	0	-128	-54	0	27	0	87	3	-57	0	-128	-54	0	27	0	95	3	-162	0	-222	-94	-5	29	-8	135	3
417	-6	0	-25	0	0	0	0	17	2	-1	0	-25	0	0	0	22	2	-60	6	-37	-54	-3	0	-5	31	2	
421	-49	72	-165	0	0	0	0	43	1	-36	72	-165	0	0	0	56	1	-51	54	-206	-70	-2	0	-9	179	1	
423	-12	0	-38	0	0	0	0	24	1	-5	0	-38	0	0	0	31	1	-17	0	-47	-53	-1	0	-7	89	1	
424	-76	66	-40	-108	-6	0	-10	20	2	-45	24	-54	-108	-6	0	-10	0	2	-48	66	-40	-108	-6	0	-10	-48	2
425	94	0	0	0	0	90	0	4	94	0	0	0	0	0	0	4	-62	0	38	-194	-118	115	-22	115	4		
427	-28	0	-49	0	0	0	0	20	1	-21	0	-49	0	0	0	26	1	-9	61	-85	-54	-3	0	-5	75	1	
428	3	0	0	0	0	0	0	3	21	0	0	0	0	0	18	3	3	0	0	-59	-18	20	-30	88	3		
429	-13	0	-33	0	0	0	0	18	2	-8	0	-33	0	0	0	23	2	-39	0	-44	-54	-3	0	-5	65	2	
430	-38	0	-58	-74	0	0	0	95	0	24	0	-58	0	0	0	82	0	-84	30	-70	-136	-7	30	-14	84	0	
431	-51	0	-85	0	0	0	0	33	1	-41	0	-85	0	0	0	43	1	-21	102	-147	-88	-4	0	-8	124	1	
432	-6	0	-27	0	0	0	0	18	2	-1	0	-27	0	0	0	24	2	-161	105	-27	-264	-5	19	-8	17	2	
433	-98	0	-147	-28	0	37	0	38	1	-92	0	-147	-28	0	37	0	44	1	-28	106	-205	-39	-2	39	-4	75	1
436	-59	0	-49	-40	0	0	0	28	2	-55	0	-49	-40	0	0	32	2	-132	129	-97	-226	-44	42	-7	69	2	
437	1	0	0	0	0	0	0	1	-20	0	-63	0	0	0	42	1	-28	0	-100	0	0	14	0	56	1		
439	3	0	0	0	0	0	0	3	-46	0	-105	0	0	0	56	3	-32	0	-131	0	0	19	0	77	3		
442	-96	0	-208	0	0	58	0	52	2	-90	0	-208	0	0	58	0	57	2	-49	154	-344	0	0	60	0	79	2
443	-44	0	-47	0	0	0	0	3	-44	0	-47	0	0	0	0	3	-87	0	-47	-44	-1	8	-5	0	3		
444	-113	0	-107	-77	0	44	0	27	0	-108	0	-107	-77	0	44	0	32	0	-160	0	-181	-77	0	45	0	52	0
448	-41	0	-77	-25	0	30	0	30	1	-38	0	-77	-25	0	30	0	33	1	5	47	-112	0	0	30	0	39	1
449	-14	12	-28	0	0	0	0	1	-14	12	-28	0	0	0	0	1	46	135	-253	0	-1	26	-5	142	1		
450	-37	0	-45	0	0	0	0	8	-122	0	-272	-39	0	0	182	8	-1	236	-480	-69	-3	44	-6	270	8		
451	-20	17	-37	0	0	0	0	1	-53	112	-193	-61	0	48	0	40	1	-49	162	-193	-174	-3	54	-5	110	1	
452	2	0	0	0	0	0	0	2	-15	0	-17	0	0	0	0	2	-145	45	-20	-117	-71	24	-13	7	2		
453	3	7	-15	0	0	0	0	11	3	7	-15	0	0	0	0	11	-34	0	-34	-50	-16	14	-25	64	11		
454	5	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	5	-167	105	-12	-239	-50	24	-11	13	5		
455	11	0	9	0	0	0	0	3	11	0	9	0	0	0	0	3	-102	120	-2	-273	-58	27	-13	94	3		
601	-27	0	-30	0	0	0	0	2	-123	0	-211	-48	0	27	0	106	2	-153	0	-169	-70	-3	10	-6	83	2	
602	-90	0	-123	-32	0	32	0	32	1	-87	0	-123	-32	0	32	0	35	1	-95	78	-222	-32	0	33	0	47	1
604	-5	5	-10	0	0	0	0	1	-1	94	-172	0	0	36	0	40	1	-53	84	-212	-25	-1	37	-3	67	1	
606	-2	2	-3	0	0	0	0	0	0	44	-80	0	0	17	0	19	0	-27	38	-98	-13	0	17	-2	31	0	
610	-37	28	-66	0	0	0	0	1	-37	28	-66	0	0	0	0	1	-37	28	-66	0	0	0	0	0	0	1	
611	-4	0	-5	0	0	0	0	1	-4	0	-5	0	0	0	0	1	-35	0	-5	-34	0	3	0	0	1		
612																											
613	-28	0	-29	0	0	0	0	1	-175	0	-253	-26	0	42	0	61	1	-164	0	-253	-74	-1	45	-2	121	1	
614	-25	0	-37	-19	0	18	0	13	0	-23	0	-37	-19	0	18	0	15	0	-17	19	-61	-16	0	17	0	24	0
615	-10	0	-12	0	0	0	0	2	-46	0	-92	-18	0	0	0	62	2	-12	70	-162	-18	0	18	0	78	2	
616	-21	19	-41	0	0	0	0	1	-21	19	-41	0	0	0	0	1	-20	173	-272	-108	-2	26	-4	164	1		
617	-10	0	-11	0	0	0	0	1	-53	0	-112	-20	0	0	78	1	-65	191	-285	-146	-3	27	-5	154	1		
618	-9	0	-9	0	0	0	0	1	-9	0	-9	0	0	0	0	1	-12	0	-13	-15	0	0	0	0	17	1	
619	-27	21	-48	0	0	0	0	1	-27	21	-48	0	0	0	0	1	7	106	-181	-66	-3	27	-6	130	1		
650	0	0	-3	0	0	0	0	3	1	0	-9	0	0	0	7	3	10	9	-22	0	0	3	0	16	3		
654	-27	0	-59	0	0	0	0	31	2	-18	0	-59	0	0	0	40	2	9	76	-98	-72	-4	0	-7	113	2	
655	-9	0	-11	0	0	0	0	2	-9	0	-11	0	0	0	0	2	-79	0	-133	-64	-2	0	-8	126	2		
656	-14	0	-32	0	0	0	0	16	1	-10	0	-32	0	0	0	21	1	-29	0	-51	-89	-2	10	-3	105	1	
657	-25	0	-27	0	0	2	0	0	0	-23	0	-27	0	0	2	0	2	0	-17	44	-49	-55	-3	14	-5		

Anhang 6: Energie- und CO₂-Absenkpfad: Resultate Wirtschaftseinheiten

Tabelle 22: Energieabsenkpfad

WE	BAU-Base-Szenario ¹⁾									BAU-Plus-Szenario ¹⁾									MIT-2kW-Szenario ¹⁾										
	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050		2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050		2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050			
001	82	80	78	76	74	72	70	68	82	82	82	67	67	66	66	66	66	82	82	67	67	67	66	66	66				
002	127	101	101	101	101	101	100	100	100	100	100	101	101	101	101	101	101	80	80	80	80	80	127	101	101	74	74	74	74
005	150	146	142	139	135	132	128	124	150	150	96	96	96	96	96	95	150	150	120	120	96	96	96	96	95				
006	57	57	57	57	57	57	45	45	57	57	57	57	57	57	57	45	57	57	57	57	57	57	57	57	45	45	45	45	
007	89	87	84	82	80	78	76	74	89	89	89	89	89	89	89	89	56	56	56	56	56	89	89	52	52	52	52	52	
008	89	89	89	88	58	57	57	89	89	89	88	58	58	57	57	89	89	89	89	89	89	58	58	58	58	57	57	57	
009	125	122	119	116	113	110	107	104	125	125	79	79	79	79	79	79	125	125	125	125	39	39	39	39	39	39	39	39	
010	27	27	26	25	25	24	23	23	27	27	27	27	27	27	18	18	18	27	27	27	17	16	16	16	16	16	16	16	
011	120	117	114	111	108	105	102	99	120	120	119	77	77	77	77	77	120	120	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	
012	116	113	110	108	105	102	99	96	116	116	116	75	75	75	75	75	116	116	116	116	36	35	35	35	35	35	35	35	
014	89	87	85	83	81	79	76	74	89	89	89	89	89	88	58	58	89	89	89	89	73	73	55	55	54	54	54	54	
015	98	96	94	91	89	86	84	82	98	98	96	94	91	89	86	84	98	98	98	98	60	60	59	59	59	59	59	59	
020	113	113	112	112	112	111	92	113	113	112	112	112	112	112	111	92	113	113	112	112	112	112	93	93	92	92	92	92	
021	81	80	78	76	74	72	70	68	81	81	81	81	81	81	81	67	81	81	81	81	50	50	50	50	50	50	50	50	
022	76	60	60	60	60	60	60	60	76	60	60	60	60	60	60	38	76	60	60	60	48	48	48	48	48	48	48	48	
033	96	94	91	89	87	84	82	80	96	96	63	63	63	62	62	62	96	96	96	96	78	58	58	58	58	58	58	58	
034	93	93	92	92	92	92	76	76	93	93	92	92	92	92	76	76	93	93	93	92	92	92	65	65	65	65	65	65	
036	89	89	89	89	57	57	57	89	89	89	89	89	89	89	89	89	57	89	89	89	53	53	52	52	52	52	52	52	
037	112	109	106	104	101	98	96	93	112	109	106	104	101	98	96	93	112	112	112	112	90	90	90	90	90	90	90	90	
039	88	86	84	82	80	78	76	73	88	88	88	88	88	88	57	57	88	88	88	88	52	52	52	52	52	52	52	52	
040	90	87	85	83	81	79	77	74	90	89	89	89	89	89	89	89	90	89	89	89	53	53	53	53	53	53	53	53	
048	132	131	130	129	129	91	91	90	132	131	130	129	129	91	91	90	132	131	130	130	60	59	59	58	58	57	57	57	
049	121	121	121	121	121	99	99	99	121	121	121	121	121	99	99	99	121	121	121	121	99	99	73	73	73	73	73	73	
050	133	133	133	133	133	132	132	132	133	133	133	133	133	133	132	132	133	133	133	133	133	133	132	132	132	132	132	132	
052	52	50	49	48	47	45	44	43	52	51	51	51	51	51	34	34	52	51	51	51	30	29	29	29	29	29	29	29	
053	200	200	200	199	176	176	176	175	200	200	200	199	176	176	176	175	200	200	177	176	131	130	130	130	130	130	130	130	
055	126	123	120	117	114	111	108	105	126	126	126	126	125	125	82	81	126	126	126	126	43	43	43	43	43	43	43	43	
056	163	159	156	152	148	144	140	136	163	163	163	163	163	163	105	105	163	163	163	163	54	54	54	54	54	54	54	54	
064	133	130	127	123	120	117	114	110	133	133	133	107	107	107	107	107	133	133	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	
065	117	114	111	109	106	103	100	97	117	114	111	109	106	103	100	97	117	116	116	116	78	78	77	76	76	76	76	76	
066	164	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163	57	164	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163	
067	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	33	100	100	100	100	58	58	58	58	58	58	58	58	
069	119	119	146	146	146	145	145	119	119	117	117	117	117	117	116	116	119	119	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	
070	175	171	166	162	158	154	149	145	175	175	174	112	112	112	112	112	175	175	57	57	56	56	56	56	56	56	56	56	
074	120	117	114	111	108	105	103	100	120	120	78	77	77	77	77	77	120	120	97	97	77	77	77	77	77	77	77	77	
075	123	123	123	99	99	99	99	99	123	123	123	99	99	99	99	99	123	123	123	123	39	39	39	39	39	39	39	39	
076	122	119	116	113	110	107	104	101	122	122	98	98	98	98	98	98	122	122	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	
077	125	122	119	116	113	110	107	104	125	125	124	101	100	100	100	100	125	125	125	101	101	100	100	100	100	100	100	100	
078	131	131	130	130	130	130	130	45	131	131	130	130	130	130	130	45	131	131	130	52	52	42	42	42	42	42	42	42	
080	103	101	98	96	93	91	88	86	103	103	103	102	102	87	87	86	103	103	103	63	63	62	62	62	62	62	62	62	
081	131	131	131	131	131	85	85	85	131	131	131	131	131	85	85	85	131	131	131	131	45	45	44	44	44	44	44	44	
082	129	129	129	129	129	129	43	43	129	129	129	129	129	129	43	43	129	129	129	129	76	76	76	76	76	76	76	76	
083	93	90	88	86	84	81	79	77	93	93	93	93	93	93	59	59	93	93	93	93	54	54	54	54	54	54	54	54	
084	126	123	120	117	114	111	108	105	126	126	126	126	126	126	81	81	126	126	126	103	103	75	75	75	75	75	75	75	
085	119	116	113	111	108	105	102	99	119	119	95	95	95	95	94	94	119	119	96	96	70	70	70	70	70	70	70	70	
086	84	84	83	70	69	69	69	69	84	84	83	56	56	56	56	56	84	84	84	84	52	52	52	52	52	52	52	52	
088	120	100	99	99	99	99	99	98	120	100	99	99	99	99	99	98	120	100	99	99	74	74	74	74	74	74	74	74	
089	125	122	119	115	112	110	107	104	125	124	124	84	84	83	83	83	125	124	124	57	57	48	48	48	48	48	48	48	
090	152	152	152	151	153	153	152	152	152	152	152	151	153	153	152	152	152	152	152	152	151	113	112	112	112	112	112	112	
091	144	141	137	134	130	127	123	120	144	144	119	119	118	118	118	118	144	144	144	144	48	48	48	48	48	48	48	48	
093	75	73	71	69	68	66	64	62	75	73	71	69	68	66	64	62	75	75	75	75	43	43	43	43	43	43	43	43	
095	115	112	109	107	104	101	98	95	115	112	109	107	104	101	98	95	115	115	115	70	70	70	70	70	70	70	70	70	
096	102	99	97	94	92	89	87	85	102	102	102	102	84	84	84	84	102	102	102	56	56	56	56	56	56	56	56	56	
097	63	62	60	58	57	55	54	52	63	63	63	63	52	52	52	52	63	63	63	63	35	35	35	35	35	35	35	35	
201	72	70	68																										

Tabelle 22: Energieabspenkpfad

WE	BAU-Base-Szenario ¹⁾										BAU-Plus-Szenario ¹⁾										MIT-2kW-Szenario ¹⁾									
	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050						
276	97	97	96	96	96	96	96	97	97	97	96	96	96	96	96	96	97	97	96	96	96	96	96	96						
280	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97						
281	151	148	144	140	137	133	129	126	151	151	151	151	151	125	125	125	151	151	151	151	125	125	125	125						
282	182	177	173	169	164	160	155	151	182	182	182	149	149	148	148	148	182	182	182	182	148	148	148	148						
283	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90						
284	166	162	158	154	150	146	142	138	166	166	166	166	166	165	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166						
287	133	130	126	123	120	117	114	111	133	132	131	130	95	94	93	93	133	132	131	96	95	94	93	93						
288	85	69	68	68	68	68	68	68	85	69	68	68	68	68	68	68	85	69	68	68	68	68	68	68						
294	116	116	116	116	92	92	92	92	116	116	116	116	92	92	92	92	116	116	116	85	85	85	85	85						
295																														
296																														
297																														
400	131	128	125	121	118	115	112	109	131	131	131	130	130	85	85	85	131	131	131	79	79	79	79	79						
401	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	29	29	29	29	29	29						
402	54	52	51	50	49	47	46	45	54	54	54	54	35	35	35	35	54	54	33	33	33	32	32	32						
403	89	78	78	78	78	78	78	78	89	78	78	78	78	78	78	78	89	78	78	78	78	78	53	53	53					
404	73	53	53	53	53	53	53	53	73	53	53	53	53	53	53	53	73	53	53	53	53	53	53	53						
405	114	114	114	113	113	113	113	114	114	114	113	113	113	113	113	113	114	114	85	84	84	84	84	84						
406	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	63	63	63					
407	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	63	63	63					
408	79	79	79	79	78	78	78	78	79	79	79	79	79	78	78	65	65	79	79	79	79	65	65	65						
409	85	83	81	79	77	75	73	71	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	70	69	69						
411	70	70	69	69	69	69	69	69	70	70	69	69	69	69	69	69	70	70	69	69	69	52	52	51	51					
412	99	96	94	92	89	87	84	82	99	99	99	99	62	62	62	62	99	99	57	57	57	57	57	57						
414	85	83	81	79	77	75	73	71	85	83	81	79	77	75	73	71	85	85	63	63	63	52	52	52						
415	129	129	129	129	86	86	86	86	129	129	129	129	86	86	86	86	129	129	80	80	80	80	80	80						
417	124	124	124	124	124	124	109	109	124	124	124	124	124	124	109	109	124	124	91	91	81	80	80	80						
421	144	144	144	127	127	127	127	127	144	144	144	127	127	127	127	127	144	144	127	127	93	93	93	93						
423	107	107	107	107	107	94	94	94	107	107	107	107	107	94	94	94	107	107	107	107	69	69	69	69						
424	97	71	63	63	62	62	62	62	97	71	71	71	71	71	71	71	97	71	63	63	62	62	62	62						
425	78	78	78	78	65	65	65	65	78	78	78	78	65	65	65	65	78	78	78	44	44	44	44	44						
427	126	126	126	126	125	111	110	110	126	126	126	126	125	111	110	110	126	126	82	81	81	81	81	81						
428	95	93	91	88	86	84	82	79	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	54	54	54	54	54						
429	105	104	104	104	92	92	92	92	105	104	104	104	92	92	92	92	105	104	104	68	68	68	68	68						
430	73	73	73	73	73	48	48	48	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	53	44	44	44	44	44						
431	124	124	124	124	124	109	109	109	124	124	124	124	124	109	109	109	124	124	124	79	79	79	79	79						
432	78	78	78	78	77	77	77	68	78	78	78	78	77	77	77	68	78	78	32	32	32	32	32	28						
433	127	127	127	126	82	81	81	127	127	127	127	126	82	81	81	127	127	127	127	76	75	75	75	75						
436	79	78	78	78	78	53	52	79	78	78	78	78	53	53	52	79	78	78	25	25	25	25	25	25						
437	87	85	83	81	79	77	75	72	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	70	70	70	70						
439	84	82	80	78	76	74	72	70	84	84	83	83	83	67	67	67	84	84	83	83	68	67	67	67						
442	112	112	112	112	90	90	90	112	112	112	112	112	90	90	90	90	112	112	91	90	90	90	90	90						
443	110	110	110	110	110	109	109	110	110	110	110	110	110	109	109	109	110	110	110	81	81	81	81	81						
444	140	110	110	110	92	92	92	92	140	110	110	110	92	92	92	92	140	110	92	92	92	92	92	92						
448	116	116	116	115	75	75	75	75	116	116	116	115	75	75	75	116	116	116	94	93	93	93	93	93						
449	126	123	120	117	113	110	107	104	126	123	120	117	113	110	107	104	126	126	125	75	74	74	74	74						
450	177	173	169	164	160	156	152	147	177	177	177	177	176	176	117	116	177	177	109	109	109	108	108	108						
451	129	126	123	120	117	113	110	107	129	129	129	129	82	82	82	82	129	129	41	41	40	40	40	40						
452	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	48	48	58	58	39	39	32	32	32	32						
453	103	100	98	95	93	90	88	86	103	100	98	95	93	90	88	86	103	102	101	65	65	64	64	64						
454	91	88	86	84	82	80	77	75	91	88	86	84	82	80	77	75	91	90	37	37	32	31	31	31						
455	90	90	90	90	89	89	89	89	90	90	90	90	89	89	89	89	90	90	34	34	28	28	28	28						
601	109	107	104	101	99	96	93	91	109	109	109	109	109	71	70	70	109	109	80	80	65	65	65	65						
602	96	96	96	96	62	62	61	61	96	96	96	96	62	62	61	61	96	96	77	77	62	62	61	61						
604	129	126	123	120	117	113	110	107	129	129	129	129	83	82	82	82	129	129	104	104	76	76	76	76						
606	121	118	115	112	109	106	103	100	121	121	121	121	77	77	77	77	121	121	97	97	71	71	71	71						
610	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61						
611	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	51	51	51	51						
612																														
613	233	227	221	216	210	204	199	193	233	232	149	149	149	148	148	148	233	232	74	74	74	74	74	73						
614	94	94	94	94	60	60	60	60	94	94	94	94	60	60	60	60	94	94	76	75	75	75	75	75						
615	132	129	126	123	119	116	113	110	132	132	132	132	132	131	85	85	132	132	132	107	107	106	85	85						
616	174	170	166	162	157	153	149	145	174	170	166	162	157	153	149	145	174	174	56	56	56	56	56	55						
617	142	139	135	132	128	125	122	118	142	142	142	142	142	142	91	90	142	142	45	45	45	45	45	45						
618	117	116	116	116	116	116	116	95	117	116	116	116	116	116	116	95	117	11												

Tabelle 23: CO₂-Absenkpfad

WE	BAU-Base-Szenario ¹⁾										BAU-Plus-Szenario ¹⁾										MIT-2kW-Szenario ¹⁾									
	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050						
001	23.1	22.5	22.0	21.4	20.9	20.3	19.7	19.2	23.1	23.1	23.0	23.0	4.1	4.0	4.0	4.0	3.9	23.1	23.1	4.1	4.1	4.0	4.0	4.0	3.9					
002	37.2	29.5	29.5	29.5	3.8	3.8	3.7	3.7	37.2	29.5	29.5	29.5	3.1	3.1	3.1	3.0	37.2	29.5	29.5	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8					
005	44.0	42.9	41.8	40.8	39.7	38.6	37.6	36.5	44.0	44.0	4.3	4.3	4.3	4.3	4.2	4.2	44.0	44.0	5.3	5.3	4.3	4.3	4.3	4.2	4.2					
006	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	1.9	1.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	1.9	1.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	1.9	1.9					
007	26.3	25.7	25.1	24.4	23.8	23.1	22.5	21.9	26.3	26.3	26.3	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	26.3	26.3	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6					
008	25.5	25.5	25.5	3.0	3.0	3.0	3.0	25.5	25.5	25.5	25.5	3.0	3.0	3.0	3.0	25.5	25.5	3.1	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0					
009	37.0	36.1	35.2	34.3	33.4	32.5	31.6	30.7	37.0	37.0	4.1	4.1	4.1	4.1	4.0	37.0	37.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0					
010	6.1	5.9	5.8	5.6	5.5	5.3	5.2	5.0	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	1.0	1.0	1.0	6.1	6.1	6.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9					
011	34.9	34.1	33.2	32.4	31.5	30.7	29.8	29.0	34.9	34.9	34.9	3.8	3.8	3.7	3.7	34.9	34.9	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	3.5	3.5	3.5					
012	33.7	32.9	32.1	31.3	30.5	29.6	28.8	28.0	33.7	33.7	33.7	3.7	3.7	3.7	3.7	33.7	33.7	33.7	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0					
014	19.6	19.1	18.6	18.2	17.7	17.2	16.7	16.3	19.6	19.6	19.5	19.5	19.5	19.4	3.1	3.1	19.6	19.6	3.8	3.8	3.0	3.2	3.0	2.9	2.9					
015	21.8	21.3	20.8	20.2	19.7	19.2	18.6	18.1	21.8	21.3	20.8	20.2	19.7	19.2	18.6	18.1	21.8	21.8	3.1	3.1	3.1	3.0	3.0	3.0	3.0					
020	32.1	31.3	30.5	29.7	29.0	28.2	27.4	26.6	32.1	31.3	30.5	29.7	29.0	28.2	27.4	26.6	32.1	32.0	32.0	32.0	32.0	10.3	10.3	10.3	10.2					
021	18.1	17.6	17.2	16.7	16.3	15.9	15.4	15.0	18.1	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	7.4	7.4	18.1	18.0	18.0	5.6	5.6	5.6	5.5	5.5	5.5					
022	17.2	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	17.2	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	1.7	1.7	17.2	13.6	13.6	13.6	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1					
033	27.6	26.9	26.2	25.6	24.9	24.2	23.6	22.9	27.6	27.6	3.3	3.3	3.3	3.3	3.2	27.6	27.6	4.0	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.0						
034	26.3	26.3	26.3	26.3	26.2	26.2	8.4	8.4	26.3	26.3	26.3	26.3	26.2	26.2	8.4	8.4	26.3	26.3	26.3	26.3	26.2	7.3	7.2	7.2	7.2					
036	26.2	26.2	26.2	2.5	2.5	2.5	2.5	26.2	26.2	26.2	26.2	2.5	2.5	2.5	2.5	26.2	26.2	26.2	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3					
037	25.1	24.5	23.9	23.3	22.7	22.0	21.4	20.8	25.1	24.5	23.9	23.3	22.7	22.0	21.4	20.8	25.1	25.1	4.1	4.1	4.1	3.3	3.3	3.3	3.3					
039	19.9	19.4	18.9	18.4	17.9	17.5	17.0	16.5	19.9	19.9	19.9	19.8	19.8	2.6	2.6	19.9	19.9	19.9	19.8	2.4	2.6	2.4	2.4	2.4	2.4					
040	26.1	25.5	24.8	24.2	23.6	22.9	22.3	21.7	26.1	26.1	26.1	2.7	2.7	2.7	2.6	26.1	26.1	26.1	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5					
048	34.1	33.9	33.8	33.7	33.6	6.6	6.5	6.4	34.1	33.9	33.8	33.7	33.6	6.6	6.5	6.4	34.1	33.9	33.8	5.4	5.3	5.2	5.1	5.0	5.0					
049	35.6	35.6	35.6	35.6	10.8	10.8	10.8	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	10.8	10.8	10.8	35.6	35.6	10.8	10.8	8.0	8.6	7.9	7.9	7.9	7.9					
050	14.5	14.2	13.8	13.5	13.1	12.8	12.4	12.1	14.5	14.2	13.8	13.5	13.1	12.8	12.4	12.1	14.5	14.2	13.8	13.5	13.1	12.8	12.4	12.1	12.1					
052	11.2	11.0	10.7	10.4	10.1	9.9	9.6	9.3	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	2.2	2.2	11.2	11.2	11.2	1.9	2.2	1.9	2.2	1.9	1.9	1.9					
053	57.9	57.9	57.8	57.8	39.3	39.2	39.2	39.2	57.9	57.9	57.8	57.8	39.3	39.2	39.2	39.2	57.9	57.9	39.3	39.3	28.9	31.3	28.8	28.8	28.8					
055	28.0	27.4	26.7	26.0	25.3	24.6	24.0	23.3	28.0	28.0	28.0	28.0	27.9	27.9	4.0	4.0	28.0	28.0	28.0	2.5	2.6	2.4	2.4	2.4	2.4					
056	36.6	35.7	34.8	33.9	33.1	32.2	31.3	30.4	36.6	36.6	36.6	36.5	36.5	36.5	4.0	4.0	36.6	36.6	36.6	36.5	2.9	3.0	2.8	2.8	2.8					
064	38.9	38.0	37.0	36.1	35.2	34.2	33.3	32.3	38.9	38.9	38.9	4.8	4.8	4.7	4.7	38.9	38.9	4.8	4.8	4.8	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7					
065	24.1	23.5	22.9	22.3	21.8	21.2	20.6	20.0	24.1	23.5	22.9	22.3	21.8	21.2	20.6	20.0	24.1	24.0	23.9	5.9	5.8	5.7	5.6	5.5	5.5					
066	47.7	47.6	47.6	47.6	47.6	47.6	47.5	19.9	47.7	47.6	47.6	47.6	47.6	47.6	47.5	19.9	47.7	47.6	47.6	47.6	4.6	4.5	4.5	4.5	4.5					
067	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	12.3	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	12.3	29.9	29.9	29.9	29.9	2.4	2.6	2.4	2.4	2.4	2.4					
069	16.5	16.5	5.8	5.8	5.8	5.7	5.7	16.5	16.5	4.8	4.8	4.8	4.8	4.7	4.7	16.5	16.5	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8					
070	51.1	49.8	48.6	47.4	46.1	44.9	43.6	42.4	51.1	51.1	51.0	5.2	5.1	5.1	5.1	51.1	51.1	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8					
074	34.9	34.1	33.2	32.4	31.5	30.7	29.8	29.0	34.9	34.9	3.7	3.7	3.6	3.6	3.6	34.9	34.9	4.5	4.5	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6					
075	27.7	27.7	27.7	5.2	5.2	5.2	5.2	27.7	27.7	27.7	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	27.7	27.7	27.7	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2					
076	35.7	34.8	34.0	33.1	32.2	31.4	30.5	29.6	35.7	35.7	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	35.7	35.7	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4					
077	36.1	35.3	34.4	33.5	32.6	31.8	30.9	30.0	36.1	36.1	36.1	4.7	4.7	4.7	4.6	36.1	36.1	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7					
078	38.2	38.1	38.1	38.1	38.1	38.1	15.9	38.2	38.1	38.1	38.1	38.1	38.1	38.1	38.1	15.9	38.2	38.1	38.1	14.8	14.8	2.2	2.1	2.1	2.1					
080	22.2	21.7	21.1	20.6	20.0	19.5	19.0	18.4	22.2	22.1	22.1	22.0	22.0	7.6	7.6	22.2	22.1	22.1	5.8	5.8	5.7	5.7	5.7	5.6	5.6					
081	37.8	37.8	37.8	37.7	37.7	4.2	4.2	4.1	37.8	37.8	37.8	37.7	37.7	4.2	4.2	4.1	37.8	37.8	37.8	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5	2.5					
082	38.2	38.2	38.2	38.2	38.2	1.9	1.9	38.2	38.2	38.2	38.2	38.2	38.2	1.9	1.9	38.2	38.2	38.2	38.2	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3					
083	21.1	20.6	20.1	19.6	19.1	18.6	18.0	17.5	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	2.4	2.4	21.1	21.1	21.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2					
084	37.5	36.6	35.7	34.8	33.8	32.9	32.0	31.1	37.5	37.5	37.5	8.8	8.8	8.8	8.8	37.5	37.5	11.1	11.1	8.1	8.8	8.1	8.1	8.1	8.1					
085	26.9	26.3	25.6	24.9	24.3	23.6	23.0	22.3	26.9	26.9	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	26.9	26.9	4.2	4.2	3.2	3.4	3.1	3.1	3.1	3.1					
086	18.5	18.5	18.5	4.8	4.7	4.7	4.7	18.5	18.5	3.9	3.9	3.9	3.9	3.8	18.5	18.5	18.5	18.5	3.7	3.7	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6					
088	34.6	11.0	11.0	10.9	10.9	10.9	10.9	34.6	11.0	11.0	10.9	10.9	10.9	10.9	10.8	34.6	11.0	11.0	10.9	8.2	8.8	8.2	8.1	8.1	8.1					
089	34.2	33.3	32.5	31.7	30.9	30.0	29.2	28.4	34.2	34.1	34.0	5.1	5.1	5.0	5.0	34.2	34.1	34.0	14.3	14.2	3.6	3.5	3.5	3.5	3.5					
090	16.6	16.6	16.6	16.5	9.9	9.9	9.9	16.6	16.6	16.6	16.5	9.9	9.9	9.9	9.9	16.6	16.6	16.6	16.5	7.4	8.0	7.4	7.4	7.4	7.4					
091	42.0	40.9	39.9	38.9	37.9	36.9	35.8	34.8	42.0	41.9	13.0	13.0	13.0	12.9	12.9	42.0	41.9	41.9	5.4	5.8	5.4	5.3	5.3	5.3	5.3					
093	16.5	16.1	15.7	15.3	14.9	14.5	14.1	13.7	16.5	16.1	15.7	15.3	14.9	14.5	14.1	13.7	16.5	16.5	16.4	16.4	3.1	3.6	3.1	3.1	3.1					
095	26.0	25.4	24.7	24.1	23.5	22.8	22.2	21.6	26.0	25.4	24.7	24.1	23.5	22.8	22.2	21.6	26.0	26.0	26.0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5					
096	23.0	22.5	21.9	21.4	20.8	20.2	19.7	19.1	23.0	23.0	23.0</																			

Tabelle 23: CO₂-Absenkpfad

WE	BAU-Base-Szenario ¹⁾									BAU-Plus-Szenario ¹⁾									MIT-2kW-Szenario ¹⁾								
	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050			
283	9.8	9.8	9.8	9.8	4.6	4.5	4.5	4.5	9.8	9.8	9.8	9.8	4.6	4.5	4.5	4.5	9.8	9.8	9.8	9.8	4.2	4.5	4.2	4.2			
284	37.3	36.4	35.5	34.6	33.7	32.8	31.9	31.0	37.3	37.3	37.3	37.3	37.3	4.8	4.8	4.8	37.3	37.3	37.3	2.7	2.7	2.7	2.7	2.6			
287	26.5	25.9	25.2	24.6	24.0	23.3	22.7	22.1	26.5	26.4	26.2	26.1	8.1	8.0	7.9	7.7	26.5	26.4	26.2	8.3	8.1	8.0	7.9	7.7			
288	18.8	3.3	3.3	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	18.8	3.3	3.3	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	18.8	3.3	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2			
294	12.6	12.6	12.6	12.6	10.0	10.0	10.0	10.0	12.6	12.6	12.6	12.6	10.0	10.0	10.0	10.0	12.6	12.6	12.6	9.3	9.3	9.2	9.2	9.2			
295																											
296																											
297																											
400	29.0	28.3	27.6	26.9	26.2	25.5	24.8	24.1	29.0	29.0	29.0	29.0	28.9	4.5	4.5	4.4	29.0	29.0	29.0	4.3	4.2	4.2	4.2	4.2			
401	9.0	8.8	8.6	8.4	8.2	7.9	7.7	7.5	9.0	8.8	8.6	8.4	8.2	7.9	7.7	7.5	9.0	9.0	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1			
402	11.9	11.6	11.3	11.0	10.8	10.5	10.2	9.9	11.9	11.9	11.9	11.9	1.8	1.8	1.8	1.8	11.9	11.9	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6			
403	26.0	17.6	17.6	17.6	17.5	17.5	17.5	17.5	26.0	17.6	17.6	17.6	17.6	17.5	17.5	17.5	26.0	17.6	17.6	17.6	17.5	2.9	2.9	2.9			
404	7.9	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	7.9	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	7.9	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8			
405	12.6	12.2	11.9	11.6	11.3	11.0	10.7	10.4	12.6	12.2	11.9	11.6	11.3	11.0	10.7	10.4	12.6	12.5	9.4	9.3	9.3	9.3	9.3	9.2			
406	9.4	9.2	9.0	8.8	8.5	8.3	8.1	7.8	9.4	9.2	9.0	8.8	8.5	8.3	8.1	7.8	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	6.9	6.9	6.9			
407	9.4	9.2	8.9	8.7	8.5	8.2	8.0	7.8	9.4	9.2	8.9	8.7	8.5	8.2	8.0	7.8	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	6.9	6.9	6.8			
408	22.3	22.3	22.2	22.2	22.2	22.2	17.2	17.1	22.3	22.3	22.2	22.2	22.2	22.2	7.3	7.2	22.3	22.3	22.2	22.2	7.3	7.3	7.3	7.2			
409	19.1	18.6	18.2	17.7	17.2	16.8	16.3	15.9	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.0	7.6	7.6	19.1	19.1	19.1	19.1	7.6	7.6	7.6	7.6			
411	7.7	7.5	7.3	7.2	7.0	6.8	6.6	6.4	7.7	7.5	7.3	7.2	7.0	6.8	6.6	6.4	7.7	7.7	7.7	7.7	5.8	6.2	5.7	5.7			
412	22.5	22.3	22.2	22.2	20.3	19.8	19.2	18.7	22.5	22.5	22.5	22.5	2.6	2.6	2.6	2.6	22.5	22.5	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3			
414	19.0	18.5	18.1	17.6	17.2	16.7	16.2	15.8	19.0	18.5	18.1	17.6	17.2	16.7	16.2	15.8	19.0	19.0	19.0	13.9	13.9	5.7	5.7	5.7			
415	28.9	28.9	28.8	28.8	7.1	7.1	7.1	7.0	28.9	28.9	28.8	28.8	28.8	7.1	7.1	7.0	28.9	28.9	6.6	6.6	6.6	6.6	6.5	6.5			
417	27.8	27.8	27.8	27.8	27.8	27.8	24.4	24.4	27.8	27.8	27.8	27.8	27.8	27.8	24.4	24.4	27.8	27.8	20.4	20.4	18.0	17.9	17.9	17.9			
421	32.7	32.7	32.7	28.7	28.7	28.7	28.7	28.7	32.7	32.7	32.7	28.7	28.7	28.7	28.7	28.7	32.7	32.7	28.7	28.7	20.9	22.7	20.9	20.9			
423	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	21.3	21.2	21.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	21.3	21.2	21.2	24.2	24.2	24.2	24.2	15.6	16.9	15.5	15.5			
424	21.8	15.9	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	21.8	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	21.8	15.9	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0			
425	22.9	22.9	22.9	22.9	4.2	4.2	4.2	4.2	22.9	22.9	22.9	22.9	4.2	4.2	4.2	4.2	22.9	22.9	22.9	22.9	2.9	2.9	2.9	2.9			
427	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	24.9	24.9	24.8	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	24.9	24.9	24.8	28.3	28.3	28.3	28.3	18.2	18.2	18.2	18.2			
428	21.3	20.8	20.3	19.7	19.2	18.7	18.2	17.7	21.3	21.3	21.3	21.2	21.2	21.2	5.2	5.2	21.3	21.3	21.3	21.2	3.7	4.3	3.7	3.7			
429	23.4	23.4	23.3	23.3	20.5	20.5	20.5	20.5	23.4	23.4	23.3	23.3	20.5	20.5	20.5	20.5	23.4	23.4	23.3	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1			
430	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	3.7	3.7	3.7	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	4.7	4.7	4.7	16.6	16.6	12.0	12.0	3.4	3.4	3.4	3.4			
431	28.2	28.2	28.2	28.2	28.2	24.7	24.7	24.7	28.2	28.2	28.2	28.2	28.2	24.7	24.7	24.7	28.2	28.2	28.2	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0			
432	17.3	16.9	16.5	16.1	15.6	15.2	14.8	14.4	17.3	16.9	16.5	16.1	15.6	15.2	14.8	14.4	17.3	17.3	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.8			
433	36.9	36.9	36.9	36.8	3.8	3.8	3.8	3.8	36.9	36.9	36.9	36.8	3.8	3.8	3.8	3.8	36.9	36.9	36.9	3.6	3.6	3.6	3.6	3.5			
436	22.8	22.7	22.7	22.7	22.7	4.3	4.3	4.3	22.8	22.7	22.7	22.7	4.3	4.3	4.3	4.3	22.8	22.7	22.7	22.7	2.2	2.2	2.2	2.2			
437	19.6	19.1	18.6	18.1	17.7	17.2	16.7	16.2	19.6	19.6	19.5	19.5	19.5	19.5	3.2	3.2	19.6	19.6	19.5	19.5	3.2	3.2	3.2	3.2			
439	18.5	18.0	17.6	17.1	16.7	16.2	15.8	15.3	18.5	18.5	18.4	18.4	18.4	3.3	3.3	3.3	18.5	18.5	18.4	18.4	3.4	3.3	3.3	3.3			
442	32.9	32.8	32.8	32.8	4.0	4.0	4.0	4.0	32.9	32.8	32.8	32.8	4.0	4.0	4.0	4.0	32.9	32.8	4.1	4.1	4.0	4.0	4.0	4.0			
443	12.1	11.8	11.5	11.2	10.9	10.7	10.4	10.1	12.1	11.8	11.5	11.2	10.9	10.7	10.4	10.1	12.1	12.1	12.1	12.1	9.0	9.7	8.9	8.9			
444	41.6	32.8	32.8	32.8	7.2	7.2	7.2	7.2	41.6	32.8	32.8	32.8	7.2	7.2	7.2	7.2	41.6	32.8	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2			
448	33.5	33.5	33.5	33.4	3.6	3.6	3.6	3.6	33.5	33.5	33.5	33.4	3.6	3.6	3.6	3.6	33.5	33.5	33.5	4.4	4.4	4.4	4.3	4.3			
449	28.3	27.6	26.9	26.2	25.5	24.8	24.2	23.5	28.3	27.6	26.9	26.2	25.5	24.8	24.2	23.5	28.3	28.3	28.3	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4			
450	38.8	37.9	37.0	36.0	35.1	34.1	33.2	32.3	38.8	38.8	38.7	38.7	38.6	6.3	6.3	6.2	38.8	38.8	38.7	6.1	6.1	6.0	5.9	5.9			
451	38.1	37.2	36.2	35.3	34.4	33.5	32.5	31.6	38.1	38.1	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	38.1	38.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2			
452	16.9	16.9	16.9	16.9	16.9	13.0	13.0	13.0	16.9	16.9	16.9	16.9	16.9	16.9	5.2	5.2	16.9	16.9	16.9	11.3	11.3	3.6	3.6	3.6			
453	21.3	20.7	20.2	19.7	19.2	18.7	18.2	17.7	21.3	20.7	20.2	19.7	19.2	18.7	18.2	17.7	21.3	21.3	21.1	21.0	5.8	6.2	5.6	5.5			
454	19.8	19.3	18.9	18.4	17.9	17.4	16.9	16.5	19.8	19.3	18.9	18.4	17.9	17.4	16.9	16.5	19.8	19.8	7.6	7.6	2.6	2.6	2.6	2.5			
455	26.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.9	26.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.9	26.0	20.0	7.3	7.3	3.2	3.2	3.2			
601	24.4	23.9	23.3	22.7	22.1	21.5	20.9	20.3	24.4	24.4	24.4	24.4	3.4	3.3	3.3	3.3	24.4	24.4	24.4	17.9	17.9	3.1	3.1	3.1			
602	28.1	28.1	28.1	28.0	2.8	2.8	2.8	2.8	28.1	28.1	28.1	28.0	2.8	2.8	2.8	2.8	28.1	28.1	3.5	3.5	2.8	2.8	2.8	2.8			
604	38.0	37.0	36.1	35.2	34.3	33.4	32.4	31.5	38.0	38.0	37.9	37.7	37.6	3.6	3.6	3.6	38.0	38.0	4.5	4.5	3.4	3.4	3.4	3.4			
606	35.7	34.8	33.9	33.1	32.2	31.3	30.5	29.6	35.7	35.6	35.6	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	35.7	35.6	4.2	4.2	3.1	3.1	3.1	3.1			
610	3.4	2.9	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8	3.4	2.9	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8	3.4	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8			
611	7.1	6.9	6.7	6.6	6.4	6.2	6.1	5.9	7.1	6.9	6.7	6.6	6.4	6.2	6.1	5.9	7.1	7.1	7.1	7.1	5.7	5.7	5.6	5.6			
612																											
613	68.3	66.7	65.0	63.3	61.7	60.0	58.4	56.7	68.3	68.3	6.7	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	68.3	68.3	3.6	3.6	3.6	3.5	3.5	3.5			
614	27.7	27.6	27.6	27.6	3.2	3.1	3.1	3.1	27.7	27.6	27.6	27.6	3.2														

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Thema «CO₂-Absenkpfad Immobilien-Anlageportfolio: Analyse des zusätzlichen Finanzbedarfs anhand eines Fallbeispiels» selbstständig verfasst und keine anderen Hilfsmittel als die angegebenen benutzt habe.

Alle Stellen die wörtlich oder sinngemäss aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, habe ich in jedem einzelnen Falle durch Angabe der Quelle (auch der verwendeten Sekundärliteratur) als Entlehnung kenntlich gemacht.

Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen und wurde auch noch nicht veröffentlicht.

Zürich, den 21.09.2020



A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized first letter 'A' followed by several loops and a horizontal line at the end, positioned above a horizontal line.