

:FutureCamp



ROADMAP

KLIMANEUTRALITÄT FÜR DÄMMSYSTEME, PUTZ UND MÖRTEL



Stand: Januar 2023

Herausgeber:

Verband für Dämmsysteme, Putz und Mörtel e.V.

Reinhardtstraße 14

10117 Berlin

Tel. +49 30 4036707 50

info@vdpm.info · www.vdpm.info

Autoren:

Dr. Roland Geres, David Heuer, Stefan Weigert

FutureCamp Climate GmbH

Aschauer Straße 30

81549 München

Tel. +49 1520 380 69 48

webkontakt@future-camp.de · www.future-camp.de

© Copyright 2023 – Alle Inhalte, insbesondere Texte, Fotografien und Grafiken, sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, einschließlich der Vervielfältigung, Veröffentlichung, Bearbeitung und Übersetzung, bleiben vorbehalten.

ROADMAP

KLIMANEUTRALITÄT FÜR
DÄMMSYSTEME, PUTZ
UND MÖRTEL

Inhalt

1	Zusammenfassung	4
1.1	Einleitung, Ziel und Methodik	4
1.2	Kernergebnisse der Pfade	11
2	Branchenprofil: Die deutsche Industrie für Dämmstoffe, Putz und Mörtel.....	20
3	Methodik und Vorgehensweise	24
3.1	Herangehensweise und Scope der Roadmap	24
3.2	Definition und Skizzierung der drei Pfade	25
3.3	Nutzung von Ökobilanzergebnissen/ EPDs	26
3.4	Weitere Datenquellen	27
3.5	Referenzwerke	28
3.5.1	Herleitung.....	28
3.5.2	Produkte & Kapazität.....	29
3.6	Grundlegende Annahmen und Berechnungsparameter	31
3.6.1	Annahmen zur deutschen Dämmstoff-, Putz- und Mörtelindustrie	31
3.6.2	Annahmen zu Emissionsfaktoren.....	32
3.6.3	Annahmen zu Energiepreisen und CO ₂ -Kosten.....	34
3.6.4	Betrachtete Kosten	36
3.7	Betrachtete Emissionsminderungen.....	36
4	Ausgangsbasis	42
4.1	Energieeinsatz und -träger.....	42
4.2	Emissionen	43
4.3	CO ₂ - und Energiekosten.....	48
5	Referenzpfad (Pfad 1)	50
5.1	Maßnahmen	50
5.2	Entwicklung des Energieeinsatzes	50
5.3	Entwicklung der CO ₂ -Emissionen.....	51
5.4	Entwicklung der betrachteten Kosten.....	52
5.5	Wesentliche Erkenntnisse	52
5.6	Steckbrief Referenzpfad (Pfad 1)	53
6	Reduktionspfad (Pfad 2)	54
6.1	Maßnahmen	54
6.2	Entwicklung des Energieeinsatzes	55
6.3	Entwicklung der CO ₂ -Emissionen.....	55
6.4	Entwicklung der energiebezogenen Kosten	56
6.5	Wesentliche Erkenntnisse	57
6.6	Steckbrief Reduktionspfad (Pfad 2)	58

7	Klimaneutralitätspfad (Pfad 3).....	59
7.1	Maßnahmen	59
7.2	Entwicklung des Energieeinsatzes	60
7.3	Entwicklung der CO ₂ -Emissionen.....	61
7.4	Entwicklung der betrachteten Kosten.....	62
7.5	Betrachtung der Kostenentwicklung bei höheren Preisen fossiler Energieträger	63
7.6	Wesentliche Erkenntnisse	64
7.7	Steckbrief Klimaneutralitätspfad (Pfad 3)	65
8	Gegenüberstellung der Ergebnisse	66
8.1	Entwicklung der Branche	66
8.2	Entwicklung Trockenmörtel	68
8.3	Entwicklung Nassproduktion.....	70
8.4	Entwicklung Frischmörtel	71
8.5	Entwicklung WDVS.....	72
9	Schlussfolgerungen.....	74
10	Anhang	76
10.1	Energiepreise	76
10.2	Annahmen zur Entwicklung von Emissionsfaktoren sowie zu Preisentwicklungen	77
10.3	Begleitkreis.....	79
11	Verzeichnisse.....	80
11.1	Quellenverzeichnis	80
11.2	Abbildungsverzeichnis	81
11.3	Tabellenverzeichnis.....	83
11.4	Abkürzungsverzeichnis	84

Haftungsausschluss

Die vorliegende Studie wurde im Auftrag des Verbands für Dämmsysteme, Putz und Mörtel e.V. durch die FutureCamp Climate GmbH (FutureCamp) erstellt. Zur Sicherstellung der Fehlerfreiheit der in dieser Studie dargestellten Informationen wurden angemessene Maßnahmen getroffen. Dennoch gibt FutureCamp keine Zusicherungen und Gewährleistungen für die Richtigkeit der getroffenen Aussagen und übernimmt keine Haftung für Ungenauigkeiten und Unvollständigkeiten. Gegenüber Parteien, die diese Studie nutzen, wird weder jetzt noch in Zukunft durch FutureCamp, seine Mitarbeiter oder Vertreter eine ausdrückliche oder implizite Zusicherung oder Gewährleistung gegeben oder eine Verantwortung oder Haftung übernommen. Jegliche Haftung ist hiermit ausdrücklich ausgeschlossen.

1 Zusammenfassung

1.1 Einleitung, Ziel und Methodik

Die vorliegende Studie Roadmap „Klimaneutralität für Dämmstoffe, Putz und Mörtel“ von FutureCamp im Auftrag des Verbandes für Dämmsysteme, Putz und Mörtel e.V. zeigt einen möglichen Weg für die Transformation dieser für den Gebäudesektor wichtigen deutschen Industrie in Richtung Treibhausgasneutralität bis zum Zieljahr der deutschen Klimapolitik 2045. Sie stellt die damit verbundenen Maßnahmen und Voraussetzungen deutlich dar. Dabei werden auch bis 2030 erreichbare Emissionsreduktionen ausgewiesen.

Ziel der Roadmap

Die Roadmap Klimaneutralität der Dämmsysteme-, Putz- und Mörtelindustrie hat das Ziel, verschiedene Emissionsreduktionspfade der Branche in Deutschland bis 2045 zu beschreiben. Dabei wird die Emissions- und damit verbundene Kostenentwicklung abgebildet, welche sich maßgeblich aus dem Umfang der Umsetzung neuer Technologien und Verfahren und den angenommenen politischen, produktionsbezogenen und energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen ergibt.

Mit der vorliegenden Roadmap wird aufgezeigt, wie die deutsche Industrie für Dämmsysteme, Putz und Mörtel das Ziel der Treibhausgasneutralität bis 2045 erreichen und zu Emissionsreduktionen bis 2030 beitragen kann. Grundlage dafür ist eine detaillierte Betrachtung der aktuellen Emissionen basierend auf den Einsätzen an Energieträgern und an den bedeutendsten Rohstoffen der Industrie. Dies ermöglicht es, die relevanten Prozesse und Handlungsfelder zur Reduktion der CO₂-Emissionen zu identifizieren und entsprechende Maßnahmen darzulegen.

Das Hauptaugenmerk der Studie liegt auf den möglichen Emissionsminderungen in den Produktionsstätten selbst sowie den Rezepturen der Produkte und damit auf deren Zusammensetzung.

Scope der Roadmap

Bestandteil der Studie sind die Emissionen der Branche. Dabei werden die direkten (Scope 1) und indirekten Emissionen aus dem Bezug von Energien (Scope 2) vollständig einbezogen.

Die Scope 1-Emissionen entstehen insbesondere durch den Brennstoffeinsatz in den Werken sowie den Betrieb der Fuhrparks. Hierzu zählen u. a. das Verbrennen von Erdgas und Heizöl sowie der Dieseleinsatz u. a. bei Staplern.

Im Scope 2 finden ausschließlich Emissionen aus dem Fremdstrombezug der Anlagen Berücksichtigung.

Ein wichtiger Teil der Betrachtung ist auch der Scope 3. Um den Besonderheiten der Branche Rechnung zu tragen, werden alle wesentlichen indirekten Emissionsquellen aus vorgelagerten Prozessen einbezogen. Hierzu gehören nicht nur der Transport der Vorprodukte wie Zement, Dispersionen oder Sand zu den Werken und der fertigen Produkte wie Trockenmörtel, nasse Produkte oder Frischmörtel zu den Verwendungsstellen, sondern auch die Emissionsfracht der Vorprodukte selbst. Der weitaus größte Anteil der Scope 3-Emissionen stammt hierbei aus den Produktionsprozessen der zugekauften Vorprodukte. Diese Emissionen können sowohl aus energiebedingten Emissionen als auch aus sogenannten prozessbedingten Emissionen stammen (beispielsweise Zement oder Kalkhydrat, hier sind rund zwei Drittel der Emissionen prozessbedingt)¹.

¹ Quelle: VDZ - Verein Deutscher Zementwerke (2020): Dekarbonisierung von Zement und Beton – Minderungs-pfade und Handlungsstrategien

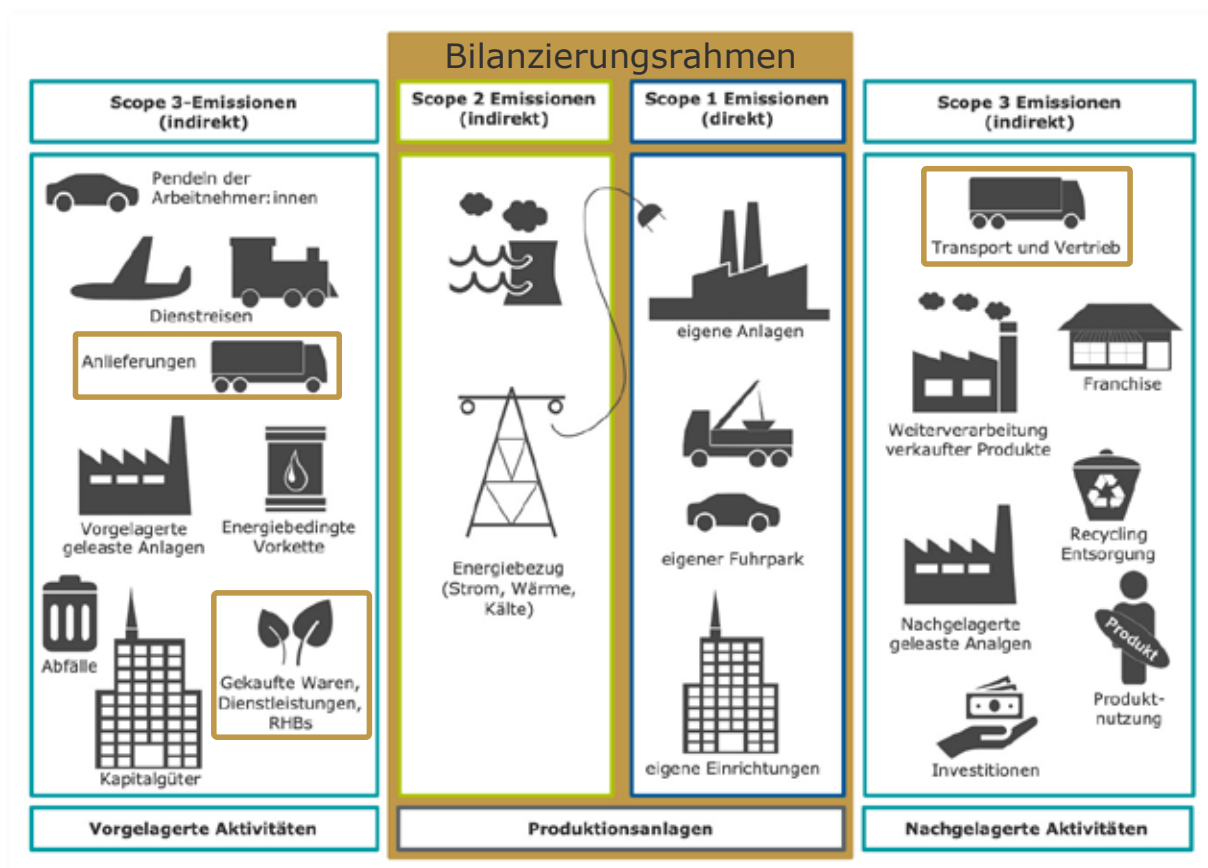


Abbildung 1: Für die Roadmap berücksichtigte Emissionsquellen; Quelle: FutureCamp

Die dargestellten Scopes werden auf drei Referenzwerke und ein aggregiertes virtuelles Werk angewendet.

Diese repräsentieren die derzeit (Ende 2021) vorhandenen Werke der Branche: 86 Trockenmörtel-, 6 Nassproduktions- und 133 Frischmörtelwerke.

Die drei Referenzwerke werden um ein virtuelles WDVS-Werk ergänzt, in dem die gesamte deutsche Jahresproduktion abgebildet ist. Dieses hat keinen eigenen Wärme- und Strombedarf und keinen eigenen Fuhrpark, da die damit verbundenen Emissionen aufgrund des definierten Scopes und Umfangs über die anderen Referenzanlagen bereits erfasst sind. Jedoch hat auch das virtuelle WDVS-Werk Scope 3-Emissionen.

Nachfolgende Grafiken stellen die Referenzwerke, die dafür angenommenen Kapazitäten und Materialzusammensetzungen im Überblick dar.

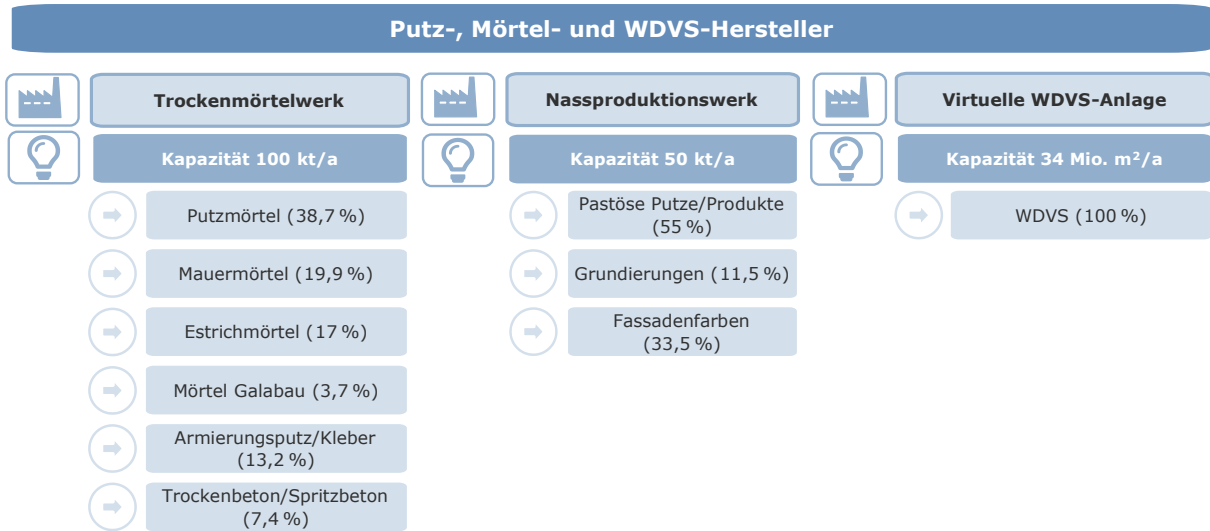


Abbildung 2: Produkte, Produktanteile & Kapazität der Referenzwerke Trockenmörtel-, Nassproduktions- und WDVS-Werk

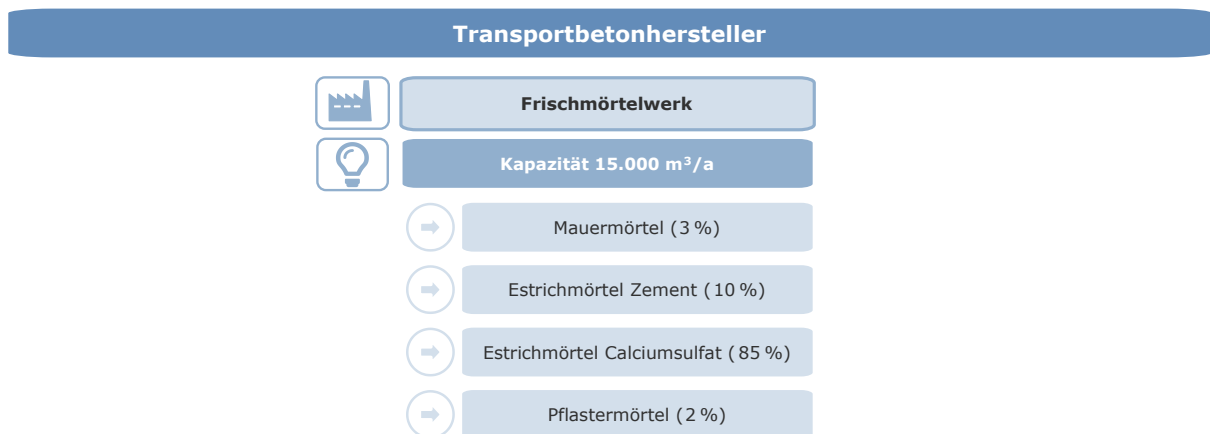


Abbildung 3: Produkte, Produktanteile & Kapazität Frischmörtelwerk

Die Betrachtung eigener Energiebedarfe, Transporte und Emissionen der Vorprodukte erlauben auf diese Weise eine Näherung an die betriebliche Realität, ohne auf unternehmensindividuelle Daten eingehen zu müssen – auch wenn sich diese Realität in der Praxis in jedem Standort und jedem Unternehmen unterschiedlich darstellt.



Abbildung 4: Rohstoffe für Mörtel; Bildquelle: VDPM

Ausgangspunkt – die Startbilanzen 2021

In dieser Roadmap wurde das Jahr 2021 als Ausgangsjahr für alle Pfade zugrunde gelegt. Die Treibhausgasemissionen der deutschen VDPM-Industrie betragen demnach rund 4,64 Mio. t CO₂ im Jahr 2021, ermittelt anhand der Brennstoff- und Materialeinsätze 2020/21 als repräsentatives Jahr.

Im Einzelnen stellen sich die Emissionen für die definierten Referenzanlagen für das Jahr 2021 wie nachfolgend zusammengefasst dar. Bereits an dieser Stelle wird erkennbar, dass die Emissionsschwerpunkte vor allem im Scope 3 liegen:

Tabelle 1: Emissionen im Basisjahr*

Einzelne Referenzanlage	Emissionen in t CO ₂			
	Scope 1	Scope 2	Scope 3	Σ Scope 1 - 3
Trockenmörtelwerk	1.285	317	37.343	38.945
Nassproduktionswerk	143	364	71.884	72.392
Frischmörtelwerk	18	29	2.665	2.712
Virtuelle WDV5-Anlage	-	-	1.647.668	1.647.668
Summe alle Anlagen				
Trockenmörtel	110.508	27.247	3.211.485	3.349.241
Nassproduktionswerk	861	2.183	431.305	434.350
Frischmörtelwerk	2.421	3.833	357.094	363.348
Virtuelle WDV5-Anlage, bereinigt	-	-	495.521	495.521
Gesamte Branche	113.790	33.264	4.495.406	4.642.460

Für die virtuelle WDV5-Anlage wurde eine Bereinigung vorgenommen bezüglich der Emissionen, die bereits über die im Prozess vorgelagerten definierten Referenzanlagen Trockenmörtel und Nassproduktion erfasst sind (*das sind 1.152.147 t CO₂e von insgesamt 1.647.668). Betrachtet werden 86 Trockenmörtel-, 6 Nassproduktions- und 134 Frischmörtelwerke.

Die Herausforderung: Wege zur Klimaneutralität

Wie andere Branchen auch steht die Dämmsystem-, Putz- und Mörtelindustrie vor tiefgreifenden Veränderungen, um ihren Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele aus dem Abkommen von Paris und dem deutschen Klimaschutzgesetz zu leisten. Zentrale Vorprodukte werden derzeit noch mit großen Mengen an fossilen Energieträgern erzeugt oder deren Herstellung setzen prozessbedingt große Mengen an Emissionen frei. Bei der Herstellung von Zement bzw. Zementklinker etwa werden große Mengen an CO₂ emittiert. Rund 67 % davon entfallen auf rohstoffbedingte Prozessemissionen aus der Entsäuerung des Kalksteins und rund 33 % auf energiebedingte CO₂-Emissionen aus dem Einsatz der Energieträger.

Das Ziel der Klimaneutralität bis 2045 ist in Deutschland durch das Klimaschutzgesetz definiert, es enthält auch konkrete sektorale Minderungsziele bis 2030. Dies ist auch für die Roadmap hier ein wesentlicher Bezugspunkt.

Bereits bis 2030 sollen die Emissionen² insgesamt um 65 % gegenüber 1990 sinken. Für das Jahr 2040 gilt nach der Novelle ein Minderungsziel von mindestens 88 %. Auf dem Weg dorthin sieht das Gesetz in den 2030er Jahren konkrete jährliche Minderungsziele vor. Bis zum Jahr 2045 soll Deutschland Treibhausgasneutralität erreichen: Es muss dann also ein Gleichgewicht zwischen Treibhausgasemissionen und deren Abbau herrschen.³

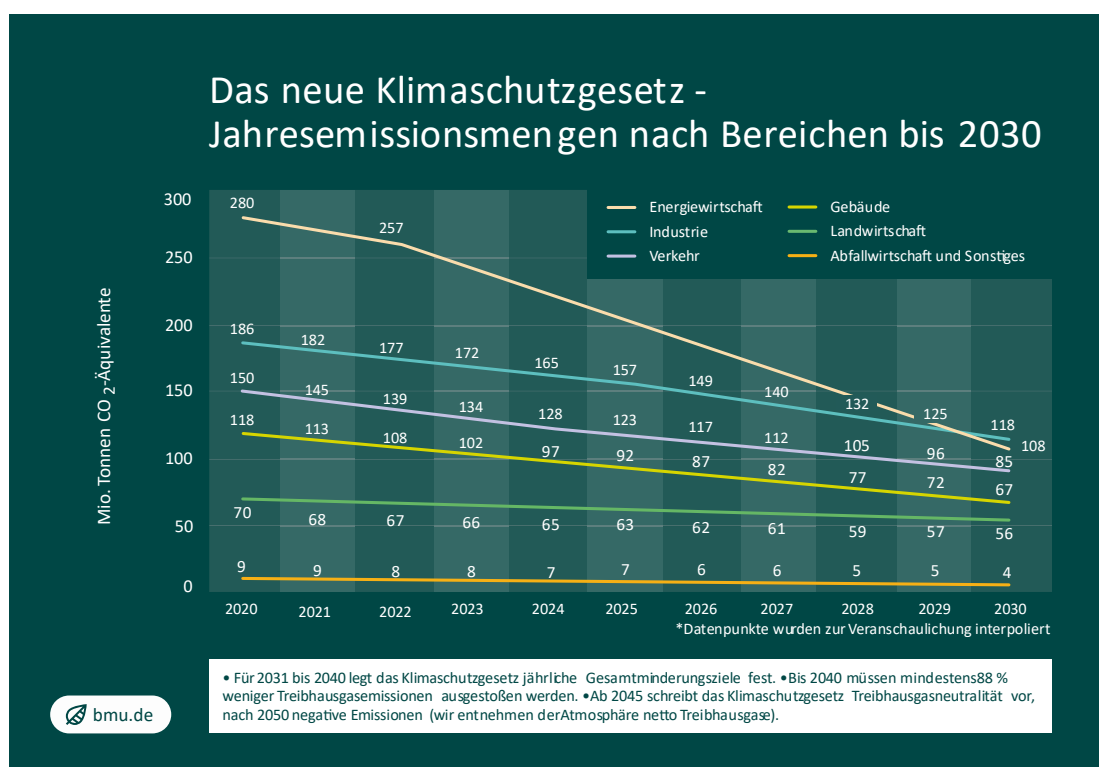


Abbildung 5: Das novellierte Klimaschutzgesetz 2021 – Sektorziele und Jahresemissionsmengen

² Das Gesetz bezieht sich auf die Treibhausgase Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Distickstoffoxid (N₂O), Schwefelhexafluorid (SF₆), Stickstofftrifluorid (NF₃) sowie teilfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFKW) und perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFKW).

³ <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutzgesetz-2021-1913672>, Abruf 30.06.2022

Eine Ableitung für die hier betrachtete Branche ist u. a. wegen der Heterogenität nur bedingt möglich. Daher wird vereinfachend auf den Minderungspfad für die Industrie Bezug genommen (Abbildung 5). Für die Industrie ist für den Zeitraum bis 2030 eine Emissionsreduktion um 68 Mio. t oder 36 % das Ziel. Hier kann die Dämmsystem-, Putz- und Mörtel-industrie beitragen: Im Klimaneutralitätspfad können in den eigenen direkten (Scope 1) und indirekten (Scope 2) Emissionen rund 40 % Minderung erreicht werden, was dann aber nicht nur weitere Elektrifizierung und den Einsatz von Grünstrom beinhaltet, sondern auch den Einsatz von grünem Synthesegas (Trocknungsprozesse).

Die Erreichung der Klimaneutralität ist für die im VDPM organisierten Unternehmen darüber hinaus eine große Herausforderung, da sie in der Regel keinen direkten Einfluss auf die Herstellung und damit CO₂-Last der Vorprodukte haben und auf der anderen Seite die Scope 3-Emissionen aus der Herstellung für mehr als 90 % der Treibhausgasemissionen der Branche stehen. Die Branche ist auch dort bereit, ihren Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Da die Scope 3-Emissionen einen dominierenden Einfluss in der Treibhausgasbilanz der Branche haben, werden dann folgerichtig bei den Pfaden zur Emissionsentwicklung auch Maßnahmen benannt, die zu einer Reduktion dieser Emissionen beitragen.

Pfade

In der Roadmap werden drei unterschiedliche Pfade entwickelt und dargestellt. Für alle Pfade gleich ist der Fokus auf die eigenen Produktionsanlagen in Deutschland und die Umsetzung dort möglicher Maßnahmen unter der Annahme gleichbleibender Produktion und ohne Berücksichtigung möglicher Substitutionseffekte im Baustoffwettbewerb.⁴

In allen Pfaden wird die Emissionsentwicklung ebenso aufgezeigt wie die Entwicklung von (direkten und indirekten) CO₂-Kosten sowie die Kosten für Energieträger (in den Werken und im Transport). Mögliche Veränderungen bei allen anderen Kosten, insbesondere den Preisen für die Vorprodukte, werden hingegen nicht in die Betrachtung einbezogen.

Da als Basisjahr für die Startbilanzen 2021 gesetzt wurde, wurde bei den zu treffenden Annahmen insbesondere bezüglich der Energiekosten aus Konsistenzgründen auch das Niveau des Jahres 2021 angesetzt. Die Entwicklungen aufgrund des Ukraine-Krieges und das daraus folgende deutlich höhere Niveau der Energiekosten werden im Zuge einer Sensitivitätsbetrachtung im Klimaneutralitätspfad wiedergegeben.

Pfad 1 dient als **Referenzpfad**, um einen Vergleichswert für die weiteren Pfade zu definieren. In diesem Pfad kommen keine neuen Technologien und Produktionsprozesse zum Einsatz, sondern es wird von „business as usual“ ausgegangen. Moderate Effizienzsteigerungen werden abgebildet. Zudem werden bereits heute bekannte externe Rahmenbedingungen z. B. der Bezug von zunehmend klimaneutralem Strom des deutschen Strommixes bis 2045 oder des Absinkens der energiebedingten CO₂-Emissionen bei der Produktion von Zement ebenfalls bis Mitte des Jahrhunderts zugrunde gelegt. Hinzu kommen angenommene Optimierungen bei den Transportstrecken.

Der Referenzpfad schreibt somit den Status quo in der Branche in die Zukunft ohne eigene gezielte Emissionsreduktionsaktivitäten fort und liefert zudem im Vergleich mit den weiteren Pfaden entscheidende Erkenntnisse zu den entstehenden zusätzlichen Belastungen auf dem Weg zur Klimaneutralität für die Branche.

In **Pfad 2** werden größere eigene Anstrengungen unternommen, um dem Ziel der Treibhausgasneutralität näher zu kommen. Allerdings werden noch nicht alle dafür notwendigen Maßnahmen aufgrund bestehender Restriktionen umgesetzt. In den Werken werden in diesem Pfad weitere Maßnahmen zur Emissionsreduktion in allen Scopes umgesetzt. Daher trägt der Pfad den Namen **Reduktionspfad**. Im Reduktionspfad (Pfad 2) werden bestimmte unternehmensgetriebene Entwicklungen modelliert, zusätzlich zu den

⁴ Alle in Betracht gezogenen Maßnahmen sowie die dazugehörigen Annahmen z. B. zu Rezepturänderungen finden sich in den nachfolgenden Kapiteln.

angenommenen Entwicklungen im Referenzpfad. Hierzu zählen etwa der zunehmende Einsatz von Zement mit gesenkten Klinkeranteilen (CEM II-Varianten), die Verwendung von Rezepturen mit geringeren Anteilen emissionsintensiver Vorprodukte, aber auch gezielter Einsatz von Grünstrom. Ziel des Reduktionspfades ist, mit als wirtschaftlich und technisch tragbar erscheinendem Mehraufwand den Weg zur Klimaneutralität einzuschlagen. Jedoch werden in diesem Pfad noch an der Realität orientierte Limitationen beachtet. Diese liegen nicht allein im zur Verfügung stehende Investitionsbudget für die Umsetzung von Maßnahmen zum Klimaschutz, sondern auch und gerade in der konkreten Marktnachfrage, Normungen oder etwa Zulassungsprüfungen.

Neben der weiteren Absenkung der Emissionen in den Werken wird im Reduktionspfad im Ergebnis insbesondere von einer deutlicheren Verringerung der Scope 3-Emissionen ausgegangen.

In **Pfad 3**, dem **Klimaneutralitätspfad**, wird dagegen auf sämtliche Restriktionen verzichtet. In diesem Pfad werden insbesondere auch die Aussagen aus anderen hier einschlägigen Branchenroadmaps (hier: Zement- und Chemieindustrie) in vollem Umfang berücksichtigt. Dabei wird keine Rücksicht auf die wirtschaftlichen Auswirkungen dieser Entscheidungen genommen. Die Reduktion der Emissionen auf null bis 2045 wird durch Umsetzung von Maßnahmen bis zur Zielerreichung erzwungen. Die dabei entstehenden Kosten (etwa im Rahmen gestiegener Einkaufspreise für Vorprodukte) werden bestimmt und interpretiert. Auch die Scope 3-Emissionen aus Transportdienstleistungen werden durch die Umstellung auf klimaneutrale Transporte vollständig reduziert.

Im Klimaneutralitätspfad erfolgt im Ergebnis ein Absinken der Emissionen in allen Scopes auf 0 – jedoch werden auch Abhängigkeiten von den Entwicklungen in vorgelagerten Industrien noch deutlicher.

Auftraggeber und Begleitkreis

Die vorliegende Roadmap wurde vom Verband für Dämmsysteme, Putz und Mörtel e.V. in Auftrag gegeben. Die hier enthaltenen Äußerungen sind jedoch Aussagen der Verfasser. Annahmen zu wettbewerbssensitiven Parametern, z. B. Energiepreisen, beruhen auf öffentlich zugänglichen Quellen.

Vor dem Hintergrund der betriebswirtschaftlichen Perspektive der vorliegenden Roadmap und zur Berücksichtigung der spezifischen Rahmenbedingungen der betrachteten Branche wurde ein Begleitkreis in die Erarbeitung der Studie eingebunden. Der Begleitkreis besteht aus den im Anhang 10.3 gelisteten Vertreter:Innen des Bundesverbandes und der dort organisierten Unternehmen sowie aus externen Beratern. Neben Workshops zur Diskussion methodischer und technischer Fragen wurden auch technologiespezifische Abfragen unter den Teilnehmern durchgeführt. In enger Abstimmung mit dem Verband wurden daraus aggregierte Annahmen zu den betrachteten Handlungsoptionen abgeleitet, die den Verlauf der Pfade maßgeblich bestimmen. Dies bedeutet jedoch weder, dass sich die im Begleitkreis Mitwirkenden einzelne Annahmen oder Aussagen zu eigen machen, noch lassen Aussagen in diesem Dokument Rückschlüsse auf Planungen oder Entscheidungen einzelner Unternehmen zu.

Die Verfasser dieses Textes bedanken sich ausdrücklich bei den Mitwirkenden – ohne die praktischen Kenntnisse, Hinweise und dezidierten Diskussionen in den zahlreichen Sitzungen wäre diese Roadmap nicht möglich gewesen.

1.2 Kernergebnisse der Pfade

Relevante Maßnahmen und Verlauf der CO₂-Emissionen

Bereits im Referenzpfad (Pfad 1) sind Emissionsrückgänge zu verzeichnen, die jedoch trotz weiterer Fortschritte deutlich nicht ausreichen, um das Ziel der Treibhausgasneutralität zu erreichen.

Im Reduktionspfad (Pfad 2) gelingt es dagegen schon, die Emissionen deutlich zu reduzieren und damit dem Ziel der Klimaneutralität näher zu kommen. Klimaneutralität wird aber auch in diesem Pfad nicht erreicht.

Tabelle 2: Entwicklung der Emissionen im Reduktionspfad (Pfad 2)

	Trocken- mörtelwerk	Nass- produktions- werk	Frisch- mörtelwerk	Virtuelle WDVS-Anlage	Gesamte Branche
Emissionen in Tsd. t CO ₂ /a					
2021	38,9	72,4	2,7	1.647,7	4.642,5
2030	32,6	69,0	1,9	1.535,1	3.970,7
2045	26,1	62,3	1,8	1.390,8	3.352,2

Das Ziel der Treibhausgasneutralität wird schließlich im Klimaneutralitätspfad (Pfad 3) erreicht, jedoch nur unter der Bedingung, dass in den vorgelagerten Prozessen (Zementherstellung und Chemieindustrie) eine Dekarbonisierung vollständig gelingt – bis hin zum Einsatz von Carbon Capture and Storage (CCS)-Technologien z. B. bei der Zementproduktion und des vollständigen Ersatzes fossiler Ausgangsmaterialien („Feedstocks“) in der Chemieindustrie.⁵

Die folgenden Tabellen fassen die Emissionsentwicklungen zusammen und benennen zugleich die wichtigsten Maßnahmen.

⁵ Quellen: VDZ - Verein Deutscher Zementwerke (2020): Dekarbonisierung von Zement und Beton – Minderungspfade und Handlungsstrategien; FutureCamp/Dechema (2019); Roadmap Chemie 2050 – Auf dem Weg zu einer treibhausgasneutralen chemischen Industrie in Deutschland; BVK - Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e. V. (Oktober 2020): Roadmap Kalkindustrie 2050: Über die klimaneutrale Produktion zur klimapositiven Industrie

Tabelle 3: Trockenmörtelwerk: Übersicht über die Emissionsentwicklung der drei betrachteten Pfade

	Referenzpfad (Pfad 1)	Reduktionspfad (Pfad 2)	Klimaneutralitätspfad (Pfad 3)																																																																																																								
Beschreibung Maßnahmen		Zusätzliche Maßnahmen ggü. Pfad 1 (nicht abschließend):	Zusätzliche Maßnahmen ggü. Pfad 2 (nicht abschließend):																																																																																																								
	- kontinuierliche Effizienzsteigerung beim Einsatz der Energieträger - Reduktion energiebezogene Emissionen bei der Produktion von Zement und Kalkhydrat (1/3) bis 2045 - Reduktion Emissionsfaktoren Strom und Erdgas - Effekt Auslaufen REA-Gips durch Kohleausstieg	- Reduktion Zement- (um 12 %) und Kalkhydrat- (um 3 %) sowie CaSO₄-Gehalt und übrige emissionsintensive Stoffe um 13 % bis 2045 - Wechsel CEM I zu CEM II - Einsatz von Zementersatzprodukten	- Umstellung auf grünes Synthesegas - Einsatz von Wärmepumpen - Elektrifizierung Werksverkehr (direkte und indirekte) Elektrifizierung Transporte - Reduktion Emissionsfaktor Zement und Kalkhydrat auf null																																																																																																								
Emissionsentwicklung der drei betrachteten Pfade																																																																																																											
Verlauf CO ₂ -Emissionen	<table border="1"> <caption>CO₂-Emissionsentwicklung (t CO₂)</caption> <thead> <tr> <th>Jahr</th> <th>Pfad 1</th> <th>Pfad 2</th> <th>Pfad 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2021</td><td>38.945</td><td>38.945</td><td>38.945</td></tr> <tr><td>2022</td><td>38.945</td><td>38.945</td><td>38.945</td></tr> <tr><td>2023</td><td>38.945</td><td>38.945</td><td>38.945</td></tr> <tr><td>2024</td><td>38.945</td><td>38.945</td><td>38.945</td></tr> <tr><td>2025</td><td>38.945</td><td>38.945</td><td>38.945</td></tr> <tr><td>2026</td><td>38.945</td><td>38.945</td><td>38.945</td></tr> <tr><td>2027</td><td>38.945</td><td>38.945</td><td>38.945</td></tr> <tr><td>2028</td><td>38.945</td><td>38.945</td><td>38.945</td></tr> <tr><td>2029</td><td>38.945</td><td>32.578</td><td>32.578</td></tr> <tr><td>2030</td><td>38.945</td><td>35.289</td><td>32.578</td></tr> <tr><td>2031</td><td>38.945</td><td>35.289</td><td>32.578</td></tr> <tr><td>2032</td><td>38.945</td><td>35.289</td><td>32.578</td></tr> <tr><td>2033</td><td>38.945</td><td>35.289</td><td>32.578</td></tr> <tr><td>2034</td><td>38.945</td><td>35.289</td><td>32.578</td></tr> <tr><td>2035</td><td>38.945</td><td>35.289</td><td>32.578</td></tr> <tr><td>2036</td><td>38.945</td><td>35.289</td><td>32.578</td></tr> <tr><td>2037</td><td>38.945</td><td>35.289</td><td>32.578</td></tr> <tr><td>2038</td><td>38.945</td><td>35.289</td><td>32.578</td></tr> <tr><td>2039</td><td>38.945</td><td>35.289</td><td>32.578</td></tr> <tr><td>2040</td><td>38.945</td><td>35.289</td><td>32.578</td></tr> <tr><td>2041</td><td>38.945</td><td>35.289</td><td>32.578</td></tr> <tr><td>2042</td><td>38.945</td><td>35.289</td><td>32.578</td></tr> <tr><td>2043</td><td>38.945</td><td>35.289</td><td>32.578</td></tr> <tr><td>2044</td><td>38.945</td><td>35.289</td><td>32.578</td></tr> <tr><td>2045</td><td>31.163</td><td>26.115</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>			Jahr	Pfad 1	Pfad 2	Pfad 3	2021	38.945	38.945	38.945	2022	38.945	38.945	38.945	2023	38.945	38.945	38.945	2024	38.945	38.945	38.945	2025	38.945	38.945	38.945	2026	38.945	38.945	38.945	2027	38.945	38.945	38.945	2028	38.945	38.945	38.945	2029	38.945	32.578	32.578	2030	38.945	35.289	32.578	2031	38.945	35.289	32.578	2032	38.945	35.289	32.578	2033	38.945	35.289	32.578	2034	38.945	35.289	32.578	2035	38.945	35.289	32.578	2036	38.945	35.289	32.578	2037	38.945	35.289	32.578	2038	38.945	35.289	32.578	2039	38.945	35.289	32.578	2040	38.945	35.289	32.578	2041	38.945	35.289	32.578	2042	38.945	35.289	32.578	2043	38.945	35.289	32.578	2044	38.945	35.289	32.578	2045	31.163	26.115	0
Jahr	Pfad 1	Pfad 2	Pfad 3																																																																																																								
2021	38.945	38.945	38.945																																																																																																								
2022	38.945	38.945	38.945																																																																																																								
2023	38.945	38.945	38.945																																																																																																								
2024	38.945	38.945	38.945																																																																																																								
2025	38.945	38.945	38.945																																																																																																								
2026	38.945	38.945	38.945																																																																																																								
2027	38.945	38.945	38.945																																																																																																								
2028	38.945	38.945	38.945																																																																																																								
2029	38.945	32.578	32.578																																																																																																								
2030	38.945	35.289	32.578																																																																																																								
2031	38.945	35.289	32.578																																																																																																								
2032	38.945	35.289	32.578																																																																																																								
2033	38.945	35.289	32.578																																																																																																								
2034	38.945	35.289	32.578																																																																																																								
2035	38.945	35.289	32.578																																																																																																								
2036	38.945	35.289	32.578																																																																																																								
2037	38.945	35.289	32.578																																																																																																								
2038	38.945	35.289	32.578																																																																																																								
2039	38.945	35.289	32.578																																																																																																								
2040	38.945	35.289	32.578																																																																																																								
2041	38.945	35.289	32.578																																																																																																								
2042	38.945	35.289	32.578																																																																																																								
2043	38.945	35.289	32.578																																																																																																								
2044	38.945	35.289	32.578																																																																																																								
2045	31.163	26.115	0																																																																																																								
Emissionsentwicklung	Bis 2030: Senkung auf 35,3 Tsd. t CO₂	Bis 2030: Senkung auf 32,6 Tsd. t CO₂	Bis 2030: Senkung auf 27,8 Tsd. t CO₂																																																																																																								
	Bis 2045: Senkung auf 31,2 Tsd. t CO₂	Bis 2045: - Senkung auf 26,1 Tsd. t CO₂ - Zusätzlich 76,2 Tsd. t CO₂ kumulierte Einsparungen ggü. Referenzpfad	Bis 2045: - Senkung auf 0 t CO₂ - Zusätzlich 320,5 Tsd. t CO₂ kumulierte Einsparungen ggü. Referenzpfad																																																																																																								

Tabelle 4: Nassproduktionswerk: Übersicht über die Emissionsentwicklung der drei betrachteten Pfade

	Referenzpfad (Pfad 1)	Reduktionspfad (Pfad 2)	Klimaneutralitätspfad (Pfad 3)																
Beschreibung		Zusätzliche Maßnahmen ggü. Pfad 1 (nicht abschließend):	Zusätzliche Maßnahmen ggü. Pfad 2 (nicht abschließend):																
	- kontinuierliche Effizienzsteigerung beim Einsatz der Energieträger - Reduktion Emissionsfaktoren Strom und Erdgas	- Reduktion Gehalt Polymerdispersionen (um 12,5 %) und - Titandioxid / andere Pigmente (um 26 %) bis 2045	- Elektrifizierung Werksverkehr (direkte und indirekte) Elektrifizierung Transporte - Reduktion Emissionsfaktor chemischer Vorprodukte - Einsatz von Wärmepumpen																
	Emissionsentwicklung der drei betrachteten Pfade																		
Verlauf CO ₂ -Emissionen	<table border="1"> <caption>CO₂-Emissionsentwicklung (t CO₂)</caption> <thead> <tr> <th>Jahr</th> <th>Pfad 1</th> <th>Pfad 2</th> <th>Pfad 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2021</td><td>72.392</td><td>72.392</td><td>72.392</td></tr> <tr><td>2030</td><td>72.242</td><td>68.988</td><td>50.502</td></tr> <tr><td>2045</td><td>72.005</td><td>62.307</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>			Jahr	Pfad 1	Pfad 2	Pfad 3	2021	72.392	72.392	72.392	2030	72.242	68.988	50.502	2045	72.005	62.307	0
Jahr	Pfad 1	Pfad 2	Pfad 3																
2021	72.392	72.392	72.392																
2030	72.242	68.988	50.502																
2045	72.005	62.307	0																
Emissionsentwicklung	Bis 2030: Senkung auf 72,2 Tsd. t CO₂	Bis 2030: Senkung auf 69,0 Tsd. t CO₂	Bis 2030: Senkung auf 50,5 Tsd. t CO₂																
	Bis 2045: Senkung auf 72,0 Tsd. t CO₂	Bis 2045: - Senkung auf 62,3 Tsd. t CO₂ - Zusätzlich 128,4 Tsd. t CO₂ kumulierte Einsparungen ggü. Referenzpfad	Bis 2045: - Senkung auf 0 t CO₂ - Zusätzlich 722,1 Tsd. t CO₂ kumulierte Einsparungen ggü. Referenzpfad																

Tabelle 5: Frischmörtelwerk: Übersicht über die Emissionsentwicklung der drei betrachteten Pfade

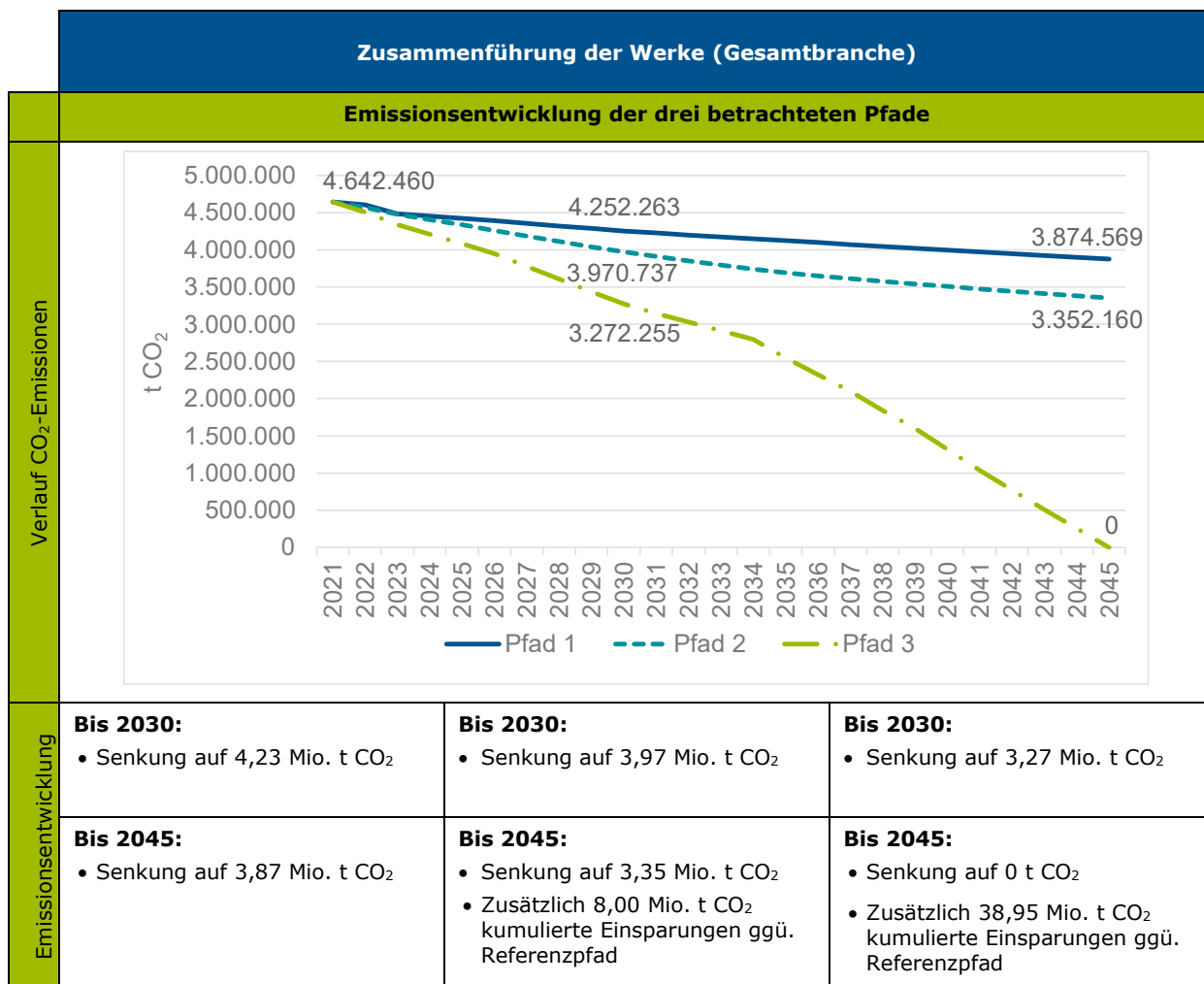
	Referenzpfad (Pfad 1)	Reduktionspfad (Pfad 2)	Klimaneutralitätspfad (Pfad 3)																
Beschreibung Maßnahmen		Zusätzliche Maßnahmen ggü. Pfad 1 (nicht abschließend):	Zusätzliche Maßnahmen ggü. Pfad 2 (nicht abschließend):																
	- kontinuierliche Effizienzsteigerung beim Einsatz der Energieträger - Reduktion energiebezogene Emissionen bei der Produktion von Zement (1/3) bis 2045 - Reduktion Emissionsfaktoren Strom und Erdgas - Anhydrit: Effekt Auslaufen REA-Gips durch Kohleausstieg	- Reduktion Zement- und Anhydritgehalt um jeweils 7,5 % bis 2045 - Wechsel auf CEM-II-Variante	- Elektrifizierung Werksverkehr - Elektrifizierung Transporte - Einsatz von Wärmepumpen - Reduktion Emissionsfaktor Zement (ab 2030) auf null sinkend																
Emissionsentwicklung der drei betrachteten Pfade																			
Verlauf CO ₂ -Emissionen	<table border="1"> <caption>CO₂-Emissionen (t CO₂)</caption> <thead> <tr> <th>Jahr</th> <th>Pfad 1</th> <th>Pfad 2</th> <th>Pfad 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2021</td><td>2.712</td><td>2.712</td><td>2.712</td></tr> <tr><td>2030</td><td>2.152</td><td>1.945</td><td>1.217</td></tr> <tr><td>2045</td><td>1.993</td><td>1.788</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>			Jahr	Pfad 1	Pfad 2	Pfad 3	2021	2.712	2.712	2.712	2030	2.152	1.945	1.217	2045	1.993	1.788	0
Jahr	Pfad 1	Pfad 2	Pfad 3																
2021	2.712	2.712	2.712																
2030	2.152	1.945	1.217																
2045	1.993	1.788	0																
Emissionsentwicklung	Bis 2030:	Bis 2030:	Bis 2030:																
	Senkung auf 2,2 Tsd. t CO₂	Senkung auf 1,9 Tsd. t CO₂	Senkung auf 1,2 Tsd. t CO₂																
Emissionsentwicklung	Bis 2045:	Bis 2045:	Bis 2045:																
	Senkung auf 2,0 Tsd. t CO₂	- Senkung auf 1,8 Tsd. t CO₂ - Zusätzlich 4,8 Tsd. t CO₂ kumulierte Einsparungen ggü. Referenzpfad	- Senkung auf 0 t CO₂ - Zusätzlich 26,9 Tsd. t CO₂ kumulierte Minderungen ggü. Referenzpfad																

Tabelle 6: virtuelle WDVS-Anlage: Übersicht über die Emissionsentwicklung der drei betrachteten Pfade

	Referenzpfad (Pfad 1)	Reduktionspfad (Pfad 2)	Klimaneutralitätspfad (Pfad 3)																				
Beschreibung		Zusätzliche Maßnahmen ggü. Pfad 1 (nicht abschließend):	Zusätzliche Maßnahmen ggü. Pfad 2 (nicht abschließend):																				
	Minderungen bei internen Vorprodukten der Branche	Optimierung Transportstrecken	- Elektrifizierung Transport - Reduktion Emissionsfaktoren relevanter Vorprodukte																				
	Emissionsentwicklung der drei betrachteten Pfade																						
Verlauf CO ₂ -Emissionen	<table border="1"> <caption>CO₂-Emissionsentwicklung (t CO₂)</caption> <thead> <tr> <th>Jahr</th> <th>Pfad 1</th> <th>Pfad 2</th> <th>Pfad 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2021</td><td>1.647.668</td><td>1.647.668</td><td>1.647.668</td></tr> <tr><td>2030</td><td>1.600.076</td><td>1.600.076</td><td>1.228.579</td></tr> <tr><td>2035</td><td>1.580.000</td><td>1.535.085</td><td>1.228.579</td></tr> <tr><td>2045</td><td>1.545.731</td><td>1.390.798</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>			Jahr	Pfad 1	Pfad 2	Pfad 3	2021	1.647.668	1.647.668	1.647.668	2030	1.600.076	1.600.076	1.228.579	2035	1.580.000	1.535.085	1.228.579	2045	1.545.731	1.390.798	0
Jahr	Pfad 1	Pfad 2	Pfad 3																				
2021	1.647.668	1.647.668	1.647.668																				
2030	1.600.076	1.600.076	1.228.579																				
2035	1.580.000	1.535.085	1.228.579																				
2045	1.545.731	1.390.798	0																				
Emissionsentwicklung	Bis 2030: Senkung auf 1,60 Mio. t CO₂	Bis 2030: Senkung auf 1,54 Mio. t CO₂	Bis 2030: Senkung auf 1,23 Mio. t CO₂																				
	Bis 2045: Senkung auf 1,55 Mio. t CO₂	Bis 2045: - Senkung auf 1,39 Mio. t CO₂ - Zusätzlich 2,17 Mio. t CO₂ kumulierte Einsparungen ggü. Referenzpfad	Bis 2045: - Senkung auf 0 t CO₂ - Zusätzlich 14,09 Mio. t CO₂ kumulierte Minderungen ggü. Referenzpfad																				

Unter Berücksichtigung der 86 Trockenmörtel-, 6 Nassproduktions- und 134 Frischmörtelwerke sowie der virtuellen Referenzanlage für WDVS ergeben sich für die Gesamtbranche die Ergebnisse aus der nachfolgenden Tabelle.

Tabelle 7: gesamte Branche: Übersicht über die Emissionsentwicklung der drei betrachteten Pfade



Entwicklung energiebezogener und CO₂-Kosten

Für alle Pfade wurde die Entwicklung der energiebezogenen und CO₂-Kosten für die Gesamtbranche ebenfalls modelliert (s. Abbildung 6). Auch dafür waren Annahmen zu treffen, insbesondere bezüglich des CO₂-Preises und zu den Energieträgern. Aus Konsistenzgründen wurden zu den Energieträgern noch die Preise vor der krisenhaften Entwicklung im Jahr 2022 zugrunde gelegt.

Da die betrachteten Kosten überwiegend auf CO₂-Kosten zurückzuführen sind, hat die Einsparung dieser Kosten einen positiven Verlauf auf die Kostenentwicklung im Klimaneutralitätspfad. In den Pfaden 1 und 2 werden die Einsparungen von steigenden Preisen überlagert, sodass es hier zu Kostensteigerungen kommt. Insgesamt gilt es zu beachten, dass der massive Rückgang im Pfad 3 vor allem auf CO₂-Einsparungen im Scope 3 zurückzuführen ist. Nicht betrachtet ist dabei, dass die dann emissionsärmer hergestellten Vorprodukte ggf. und, wenn dem nicht entgegengewirkt wird, auch erheblich teurer werden können. Dies kann etwa auf den Einsatz von hochpreisigen regenerativen Energieträgern oder teurerer innovativer Technologien wie CCS/CCU⁶ zurückzuführen sein. Auch Kapitalkosten für Investitionen zur Erzielung dieser Minderungen sind nicht berücksichtigt.

⁶ CCS (Carbon Capture and Storage): Das bei der Produktion entstehende CO₂ wird abgeschieden und gelagert. CCU (Carbon Capture and Use): Das bei der Produktion entstehende CO₂ wird abgeschieden und anschließend genutzt.

Insgesamt ist daher davon auszugehen, dass der Klimaneutralitätspfad nicht mit geringeren (Gesamt-)Kosten für die Branche einhergeht. Der Verlauf zeigt, dass selbst bei ausschließlicher Betrachtung der CO₂- und internen Energiekosten das Niveau im Klimaneutralitätspfad bis etwa 2040 über dem Kostenniveau des Basisjahres liegt. Daher müssen weiter wirtschaftliche Anreize für Emissionsminderungen geschaffen werden, CO₂-Kosten allein reichen nicht aus, um die Transformation anzuschieben.

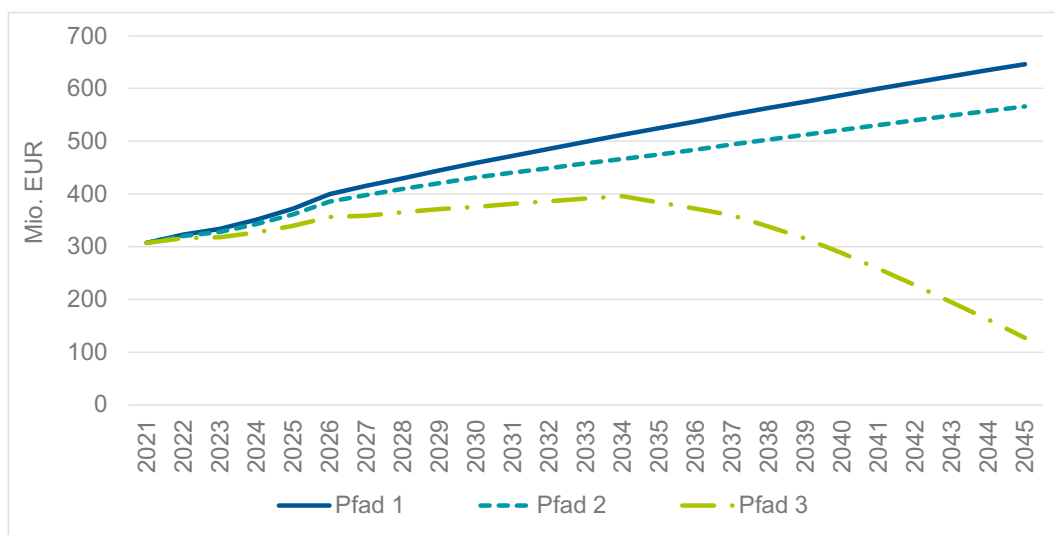


Abbildung 6: Entwicklung betrachteter Kosten – Gegenüberstellung der drei Pfade

Zusammenfassende Schlussfolgerungen und Kernbotschaften

Aus den Ergebnissen der im Projekt angestellten Untersuchungen lassen sich die nachfolgenden Schlussfolgerungen ableiten.

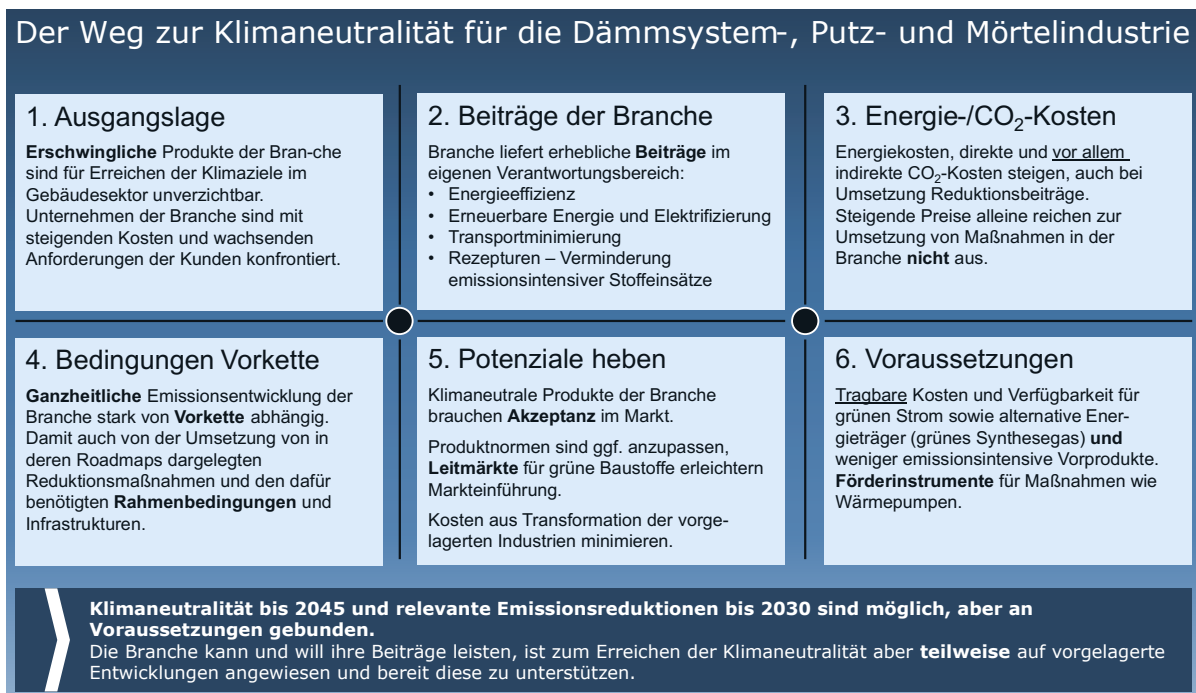


Abbildung 7: Der Weg zur Klimaneutralität für die Dämmsystem-, Putz- und Mörtelindustrie auf einen Blick.

Die dargestellten Ergebnisse zeigen, dass die Dämmsysteme-, Putz- und Mörtelindustrie bis 2045 klimaneutral werden und bereits bis 2030 mit erheblichen Emissionsreduktionen zu europäischen und nationalen Klimaschutzzielen beitragen kann.

Darüber hinaus sind die Produkte der Branche notwendige Bestandteile dafür, um die in der EU und Deutschland gesetzten Klimaziele im Gebäudebestand zu erreichen.

Besonders relevante Maßnahmen in den Beschaffungs- und Produktionsprozessen der Industrie selbst und damit Beiträge der Branche können konkret benannt werden – siehe dazu die oben wiedergegebenen Übersichten. Mit Umsetzung dieser Maßnahmen sind Innovationen in der Branche verbunden – jedoch auch erhebliche eigene Anstrengungen.

Aus den oben dargestellten Übersichten ist erkennbar, dass nur eine Kombination von Emissionsreduktionsmaßnahmen zum Ziel der Klimaneutralität führen kann:

- In den Werken selbst und den zu den Produktionsprozessen gehörenden Transporten muss die Energieeffizienz, vor allem aber die Elektrifizierung von Prozessen sowie der Einsatz erneuerbarer Energien und teilweise auch von grünem Synthesegas im Vordergrund stehen. Wie andere Branchen auch kann die Dämmsysteme-, Putz- und Mörtelindustrie hier zusätzliche Beiträge leisten, die über die angenommene Entwicklung externer Faktoren (insbesondere die Veränderungen im Strommix) deutlich hinausgehen, und im Reduktionspfad bis 2030 insgesamt rund 19 %, bis 2045 rund 30 % der Emissionen im Vergleich zu 2021 einsparen. Im Klimaneutralitätspfad führen zusätzliche Anstrengungen bis 2030 zu einer Reduktion von 39 %, bis 2045 werden 100 % der Emissionen gemindert.
- Mit Blick auf die branchenspezifischen Produktionsprozesse sowie Produkte ist vor allem die Verminderung des Einsatzes emissionsintensiver Vorprodukte in Angriff zu nehmen. Mit zum Beispiel veränderten Rezepturen und dem Einsatz alternativer Ausgangsmaterialien sind technische und organisatorische Fragen in den Werken und bei der Beschaffung verbunden. Darüber hinaus sind hier auch andere Aspekte von besonderer Bedeutung, zum Beispiel für Produkte geltende Normen und die notwendige Akzeptanz bei den Anwendern – der Branche kommt hier auch eine vermittelnde und mitgestaltende Rolle zu. Dies kann bis 2030 im hier gewählten Scope einschließlich der emissionsintensiven Vorprodukte im Reduktionspfad (Pfad 2) immerhin schon rund 14 %, bis 2045 rund 18 % der Emissionen im Vergleich zu 2021 einsparen. Im Klimaneutralitätspfad liegt die Einsparung 2030 bereits bei 29 % und 2045 dann bei 100 %.
- Eine vollständige Klimaneutralität ist beim hier gewählten Scope einschließlich der emissionsintensiven Vorprodukte aber nur möglich, wenn auch in den entsprechenden Vorketten – namentlich der Chemie-, Kalk- und Zementindustrie – die in diesen Branchen selbst angestrebte Transformation gelingt.⁷ Dies kann die Dämm-, Putz- und Mörtelindustrie nicht herbeiführen, aber durch entsprechende Angebote im Markt unterstützen.

Es ist deshalb auch für die Dämm-, Putz- und Mörtelindustrie von elementarer Bedeutung, dass die – seitens der genannten, die Vorprodukte herstellenden Branchen – besonders relevanten politischen Rahmenbedingungen, wie z. B. die Verfügbarkeit regenerativen Stroms zu erschwinglichen Preisen, möglichst frühzeitig und dauerhaft gegeben sind. Mit Blick auf die hier betrachtete Branche lassen sich spezifische Voraussetzungen benennen:

- Die Produkte der Dämmsystem-, Putz- und Mörtelindustrie müssen gerade für die notwendigen energetischen Verbesserungen bei Bestandsgebäuden **erschwinglich** bleiben.

⁷ Insoweit wird hier auf die oben genannten vorliegenden Publikationen und Studien der Fachverbände Chemie, Kalk und Zement verwiesen.

- Steigende Energie- und CO₂-Kosten erhöhen zum einen Kosten und Preise auch dieser Branche, setzen zum anderen auch zusätzliche Einsparanreize. Dennoch reichen insbesondere höhere direkte oder indirekte CO₂- und Energiepreise allein sehr deutlich nicht als Anreiz aus.
- Staatliche **Fördermechanismen** für Investitionen, um den erheblichen Kostenanstieg zu dämpfen und damit zugleich schneller zu Emissionsreduktionen zu kommen, bleiben wichtig. Das gilt sowohl für solche, die auf Querschnittsmaßnahmen zur Energieeffizienz oder Eigenproduktion erneuerbarer Energie zielen, als auch für solche, die auf Markteinführung und -durchdringung neuerer Technologien abzielen, wie z. B. der Einsatz von Wärmepumpen.
- Der Bedarf an Förderungen wird auch davon beeinflusst, ob sich für klimafreundlichere Produkte höhere Preise im Markt erzielen lassen. Das gilt insbesondere dann, wenn für den (teilweisen) Ersatz emissionsintensiver Vorprodukte höhere Kosten für Substitute (oder z. B. für durch CCS klimaneutralen Zement) zu tragen sind. Hierzu können sowohl staatlich induzierte **Leitmärkte** als auch die öffentliche **Beschaffung** beitragen.
- Klimafreundliche Produkte müssen im Markt **Akzeptanz** finden und ggf. auch auf die Bereitschaft der Kunden, bestehende technische Produktnormen anzupassen, wenn dies ohne Beeinträchtigung z. B. der Sicherheit und anderer für den speziellen Fall wesentliche Kriterien möglich ist – auch hier muss sich die zurecht höhere Gewichtung von Klimaschutzzielen widerspiegeln.

Die Dämm-, Putz- und Mörtelindustrie kann so direkt und indirekt zum Klimaschutz beitragen.

2 Branchenprofil: Die deutsche Industrie für Dämmstoffe, Putz und Mörtel

Moderne Werkmörtel haben den früher aus Sand und Bindemittel auf der Baustelle hergestellten Baustellenmörtel vollständig ersetzt. Dies führte nicht nur zu einer Rationalisierung der Baustellen, sondern gleichzeitig zu einer erheblichen Qualitätssteigerung. Dabei zählen zu den Qualitätsansprüchen auch die ökologischen Aspekte. Die Hersteller von Dämmsystemen, Putz und Mörtel gehören mit ihren Produkten zu den innovativsten Unternehmen innerhalb der Bauwirtschaft.

Um was für Produkte geht es?

Wärmedämm-Verbundsysteme sind das Hauptprodukt für die Erreichung eines klimaneutralen Gebäudebestandes. Mauermörtel sind die wichtigste Komponente, um aus Mauersteinen tragfähige Wände zu machen. Außenputze schützen die Gebäude dauerhaft vor Witterungseinflüssen. Innenputze sind nicht nur ein Gestaltungselement, sondern tragen auch zu einem gesunden Raumklima bei. Estrichmörtel ergänzen sich mit effizienten Fußbodenheizungen und sind die Basis für hochwertige Bodenbeläge. Fliesenkleber sorgen dafür, dass aus keramischen Fliesen ein ästhetisch schöner Wand- oder Bodenbelag wird, der die Wände auch in Küchen und Bädern bestens schützt.

Die Produkte im Einzelnen

- Mauermörtel
- Putzmörtel für außen und innen
- farbiger Edelputz
- Estrichmörtel
- Klebe- und Armierungsmörtel
- Wärmedämm-Verbundsysteme
- Wärmedämmputz
- Bergbaumörtel
- Trockenbeton oder Trockenspritzbeton
- Sanierputz
- Renovierputz
- Spachtel- und Ausgleichsmassen
- Fliesenkleber
- Brandschutzmörtel und andere Spezialprodukte

Mörtelarten

Mineralische Werkmörtel sind dadurch gekennzeichnet, dass sie als Bindemittel Kalk, Zement, Anhydrit und/oder Calciumsulfat (Gips, Anhydrit) enthalten. Mengenmäßig größter Bestandteil sind jedoch mineralische Gesteinskörnungen wie Kalkstein, Natursand, Marmor oder Quarz mit einem überwiegenden Kornanteil zwischen 0,25 und 4 mm. Als mineralische Leichtzuschläge werden z. B. Perlite, Blähglas oder Blähton eingesetzt. Daneben können auch organische Leichtzuschläge, wie z. B. Kügelchen aus expandiertem Polystyrol, enthalten sein. Faserverstärkte Mörtel, z. B. Faserleichtputze, enthalten darüber hinaus geeignete Fasern, z. B. aus Polypropylen oder Polyester.

Zusatzstoffe und Zusatzmittel werden gezielt zur Steuerung bestimmter Eigenschaften, z. B. der Wasserabweisung oder der Verarbeitbarkeit, zugegeben. Anorganische Farbpigmente sind z. B. Zusatzstoffe, die eine besonders dauerhafte Farbgebung ermöglichen.

Mineralische Werkmörtel werden als Werk-Trockenmörtel im Sack oder Silo oder als Werk-Frischmörtel im Fahrmischer ausgeliefert.

Organisch gebundene Mörtel („Pastöse Produkte“) enthalten als eigenschaftsbestimmende Bindemittel meist Polymerdispersion, Kali-Wasserglas (z. B. Silikatputze) und/oder eine Siliconharzemulsion (z. B. Siliconharzputze). Organisch gebundene Werkmörtel werden in Nassproduktionswerken hergestellt und gebrauchsfertig im Eimer oder speziellen Kleinsilos ausgeliefert.

Lieferformen

Werk-Trockenmörtel ist ein fertiges (trockenes) Gemisch der Ausgangsstoffe, dem bei der Aufbereitung auf der Baustelle nur noch Wasser zugemischt wird, um eine verarbeitbare Konsistenz zu erreichen. Werk-Trockenmörtel wird in Säcken oder im Silo auf die Baustelle geliefert.



Abbildung 8: Trockenmörtelsilos auf der Baustelle; Bildquelle: Caparol)

Werk-Frischmörtel wird gebrauchsfertig in verarbeitbarer Konsistenz in Fahrmischern (wie Transportbeton) auf die Baustelle geliefert. Überwiegend wird auf diese Art Fließestrichmörtel hergestellt.



Abbildung 9: Anlieferung von Fließestrich als Werk-Frischmörtel mit dem Fahrmischer;
Bildquelle: Schwenk Zement)

„Pastöse Produkte“ ist der Sammelbegriff für organisch gebundene Mörtel, die gebrauchsfertig im Eimer oder in speziellen Silos auf die Baustelle geliefert werden und direkt verarbeitet werden können. Die Herstellwerke werden in dieser Studie als „Nassproduktionswerke“ bezeichnet.



Abbildung 10: Pastöse Produkte mit organischen Bindemitteln werden in Nassproduktionswerken hergestellt und überwiegend im Eimer ausgeliefert; Bildquelle: Sto SE

Wärmedämm-Verbundsysteme (abgekürzt „WDVS“) werden in Kombination mit Mauerwerk oder anderen Untergründen verwendet, wenn die wärmedämmenden Eigenschaften der (tragenden) Außenwand verbessert werden sollen. Sie bestehen aus Dämmplatten (z. B. Mineralwolleplatten, Polystyrolplatten, Holzfaserplatten), die an den Außenwänden eines Gebäudes befestigt und anschließend mit dem zugehörigen Putzsystem verputzt werden. Das Putzsystem besteht aus einem Armierungsputz mit Gewebeeinlage und einem Oberputz. Meist werden die Dämmplatten mit einem mineralischen Klebemörtel, einem pastösen Dispersionskleber oder mit speziellem PU-Schaum auf dem Untergrund verklebt. Zusätzlich erfolgt in der Regel eine Verdübelung der Dämmplatten mit systemzugehörigen Dübeln.



Abbildung 11: Wärmedämm-Verbundsysteme dienen der Dämmung von Außenwänden im Neubau und bei Bestandsgebäuden: Bildquelle: ©kiono - stock.adobe.com

Mengen

Insgesamt wurden in Deutschland im Jahr 2021 rund 36 Mio. Quadratmeter WDVS verlegt und rund 9 Mio. Tonnen Trockenmörtel hergestellt. Für die Zwecke der Studie wird von einer Gesamtzahl von 86 Trockenmörtelwerken, von 6 Nassproduktionswerken und von 133 Frischmörtelwerken ausgegangen.

Entstehung von Treibhausgasen

In den Herstellwerken entstehen Treibhausgase nur zu einem kleinen Anteil durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe oder indirekt durch den Strombezug. Diese Scope 1- und Scope 2-Emissionen spielen insgesamt gesehen nur eine untergeordnete Rolle, da der relevantere Anteil der Gesamtemissionen auf die Vorkette der Produkte zurückzuführen ist. Innerhalb dieser Vorkette sind aufgrund ihrer hohen Emissionslast und ihres relativ hohen Massenanteils Zement, Kalkhydrat, Polymerdispersionen, Titandioxid (als Weißpigment) und andere Pigmente sowie Anhydrit/Gips von besonderer Bedeutung. In den drei Transformationspfaden werden im Folgenden Strategien diskutiert, diese Emissionslast zu mindern.

3 Methodik und Vorgehensweise

Die Studie beleuchtet mögliche Entwicklungen in den Referenzanlagen der deutschen Dämmstoff-, Putz- und Mörtelindustrie unter Berücksichtigung ihrer relevantesten Vorprodukte. Dabei werden drei Pfade dargestellt, die diese Entwicklungen bei unterschiedlichen Annahmen darlegen. Im Blickpunkt befinden sich die notwendigen Rahmenbedingungen, die es der Branche ermöglichen, den Weg zur Klimaneutralität erfolgreich zu beschreiten, aber auch die Hemmnisse, die dem im Weg stehen.

Für externe Einflussfaktoren, wie z.B. die Entwicklung von Energie- und CO₂-Preisen, wurden Annahmen getroffen und keine eigenen Untersuchungen durchgeführt.

3.1 Herangehensweise und Scope der Roadmap

Es werden die gesamten Emissionen der deutschen Dämmstoff-, Putz- und Mörtelindustrie untersucht. Dabei wird von 86 Trockenmörtelwerken, 6 Nassproduktionswerken und 133 Frischmörtelwerken ausgegangen. Für die Anlagen wurden Energieeinsätze auf Basis realer Erfahrungen aus Anlagen abgeschätzt. Aus den Energieeinsätzen werden die Emissionen berechnet. Zusätzlich wird der Gesamtmarkt WDVS mit einer virtuellen Referenzanlage betrachtet. Die Emissionen aus dem Antransport von Rohstoffen und Vorprodukten sowie aus dem Transport der fertigen Produkte zum Kunden werden ebenfalls berücksichtigt. Aus Transparenzgründen werden teilweise Ergebnisse für einzelne Referenzanlagen und nicht nur für die gesamte Branche dargestellt.

Der Scope der erfassten THG-Emissionen umfasst damit neben den Scope 1- und 2-Emissionen die wesentlichen Treiber aus dem Scope 3. Dabei handelt es sich um Transporte, Vorprodukte und Rohstoffe (Abbildung 12).

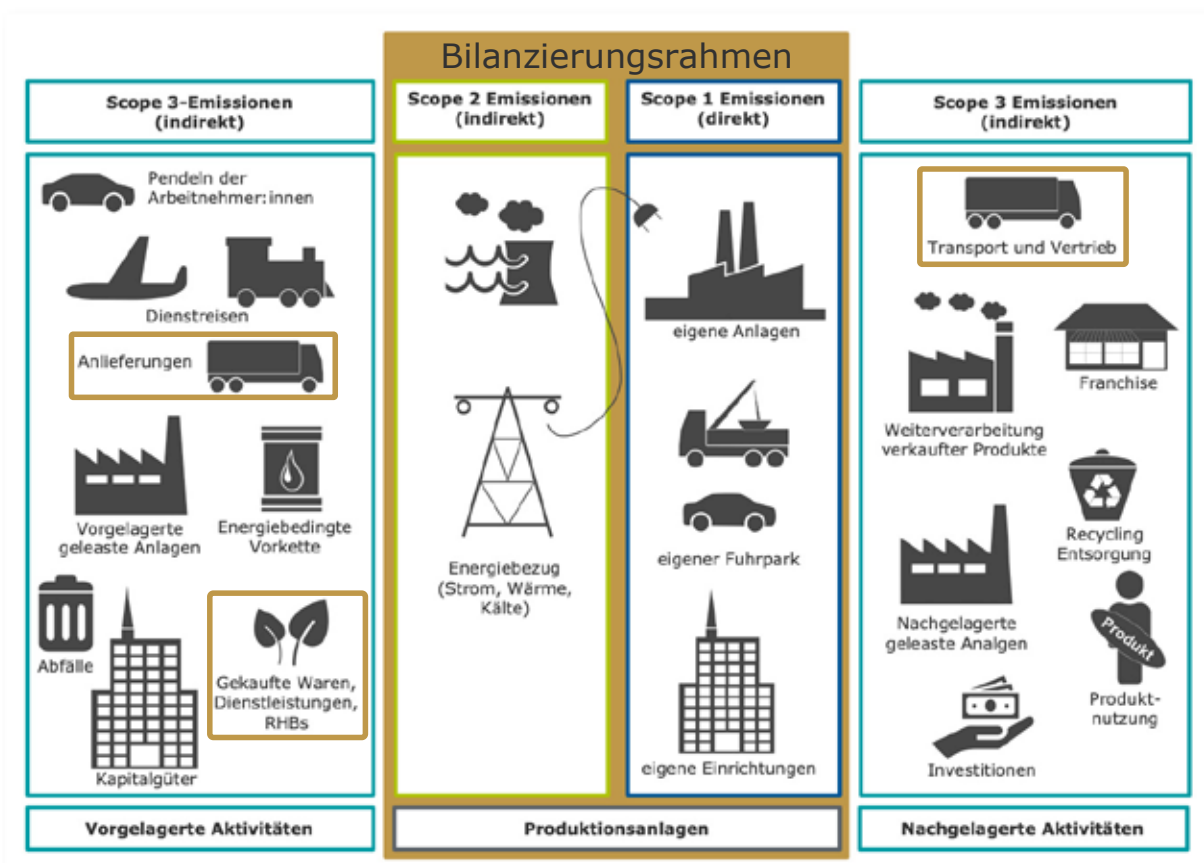


Abbildung 12: Für die Roadmap berücksichtigte Emissionsquellen; Quelle: FutureCamp

In den verschiedenen Scopes werden damit folgende Emissionsquellen im Rahmen der Studie betrachtet:

- In Scope 1 sind die direkten Emissionen der Referenzwerke in Deutschland erfasst. Dies umfasst energiebedingte Emissionen durch die Verbrennung von fossilen Energieträgern und die Emissionen aus dem eigenen Fuhrpark.
- In Scope 2 werden ausschließlich die Emissionen aus dem Bezug von Strom betrachtet.
- Die relevanten Scope 3-Emissionen der Branche umfassen die Herstellung von Vorprodukten, den Abbau von Rohstoffen und Transporte.

Zentrale Anknüpfungspunkte für die hier angestellten Berechnungen sind die unten näher beschriebenen Referenzwerke, deren jährliche Produktionsmengen, die dort produzierten Produktarten und deren Rezepturen sowie die Energieverbräuche. Besonders relevant sind die verwendeten Vorprodukte, die einen großen Teil der indirekten Emissionen verursachen. Direkte Emissionen aus eigenen Anlagen spielen hingegen eine deutlich untergeordnete Rolle. Auch der Strombezug ist im Vergleich zu anderen Industriezweigen nachrangig. Bedeutende Minderungsoptionen liegen somit in alternativen Rezepturen bzw. emissionsärmeren Einsatzstoffen. Im Folgenden werden diese Optionen daher mit beleuchtet.

3.2 Definition und Skizzierung der drei Pfade

Im weiteren Verlauf werden auf Basis unterschiedlicher Annahmen drei verschiedene Szenarien für die Entwicklung der Branche dargestellt. Die drei Pfade werden jeweils ausführlich beschrieben und miteinander verglichen.

Der **Pfad 1 – Referenzpfad** liefert über den Betrachtungshorizont einen Vergleichswert auf Basis aktuell bekannter und etablierter Rahmenbedingungen. Der **Referenzpfad** ermöglicht es damit, Ergebnisse der anderen Pfade im zeitlichen Verlauf besser einzuordnen. In diesem Pfad werden keine dezidierten Minderungsmaßnahmen ergriffen, die über das bereits etablierte Vorgehen in den Werken hinausgehen. Es werden dennoch gewisse Effizienzsteigerungen abgebildet. Darüber hinaus werden erwartbare Entwicklungen wie Änderungen im deutschen Strommix oder auch bei Vorprodukten aufgegriffen.

In **Pfad 2 – Reduktionspfad** werden explizite Anstrengungen unternommen, um die Emissionen der Branche abzusenken. Dabei wird der Fokus auf aus Expertensicht denkbare Änderungen hinsichtlich des Einsatzes und der Zusammensetzung von Vorprodukten gelegt. Dadurch wird sowohl die Einsatzmenge emissionsintensiver Stoffe reduziert als auch teilweise deren Emissionsfracht. Der Reduktionspfad beschreibt einen möglichen Weg unter aktuellen Rahmenbedingungen und bei ambitioniertem Vorgehen der Hersteller.

Der **Pfad 3 – Klimaneutralitätspfad** beleuchtet dagegen, welche Maßnahmen ergriffen und welche Rahmenbedingungen gelten müssen, damit die Branche vollständig emissionsfrei werden kann. Der **Klimaneutralitätspfad** zeigt damit auf, welche Voraussetzungen für eine emissionsneutrale Produktion gegeben sein müssen und in welchen Feldern intern wie extern Handlungsdruck besteht.

3.3 Nutzung von Ökobilanzergebnissen/ EPDs

Der VPDM und andere Branchen-/Fachverbände wie der Verband der deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie (VdL) sind Inhaber mehrerer Umwelt-Produktdeklarationen (EPDs⁸) in Form von Muster-EPDs, die die Mitgliedsunternehmen als Basis für eigene Umwelt-Produktdeklarationen unter bestimmten Voraussetzungen individualisieren, also auf sich übertragen können. EPDs dienen dem Bereitstellen von produktbezogenen Umweltinformationen. Die internationale Norm DIN EN ISO 14025 bildet die Grundlage, um Produkte in einer quantitativen Form zu kennzeichnen.

Insbesondere in der Baustoffindustrie werden sog. Typ-III-Umweltdeklarationen erstellt. Sie beruhen auf einer Ökobilanz, enthalten umfangreiche quantitative und verifizierte Informationen und richten sich ganz überwiegend an Hersteller in der Lieferkette, Gewerbe und Handel. Sie erfordern eine unabhängige Verifizierung durch Dritte.

In Deutschland fungiert hierzu das Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), eine Initiative von Bauproduktherstellern, als Betreiber des Typ-III-Umweltdeklarationsprogramms für Bauprodukte in Übereinstimmung mit DIN EN ISO 14025 und DIN EN 15804. Dem IBU ist als ein Gremium unabhängiger Dritter ein externer Sachverständigenrat (SVR) angeschlossen, der die Konformität der, von den Produktgruppenforen erarbeiteten, produktspezifischen Anforderungen (PCR-Anleitungen) für bestimmte Produktgruppen wie Ziegel, Porenbeton, Baumetalle, Holzwerkstoffe oder Dämmstoffe mit den normativen Vorgaben sicherstellt. Fertiggestellte Ökobilanzen werden beim Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU) eingereicht und verifiziert.

Die der Typ-III-Deklaration zugrunde liegende Ökobilanz erlaubt es, Verbandsmitgliedern, nicht nur ökologische „Hotspots“ entlang der Wertschöpfungskette zu erkennen und so ihre Produkte und Lieferketten in Bezug auf Umweltgesichtspunkte zu optimieren, sondern auch zu identifizieren, welche Verfahren und Grundstoffe ein hohes (relatives) Treibhauspotential (englisch global warming potential, greenhouse warming potential, GWP) aufweisen. Diese in den EPDs enthaltenen Informationen eignen sich auch für die Ableitung von Aussagen, für Kontrollzwecke und Plausibilisierung entlang der Erarbeitung der „Roadmap Klimaneutralität“ und sind daher für die VDPM-Roadmap soweit möglich genutzt worden. Vorteile sind:

- Umfangreiche Informationen: Über die Ökobilanz hinaus enthalten, sind auch technische Informationen, etwa zu verwendeten Grundstoffen, der Emissionscharakteristik oder zum Herstellprozess eines Bauprodukts sowie dessen Referenz-Nutzungsdauer.
- Konservativität: Die in den Muster-EPD ausgewählten Produkte weisen die höchsten Umweltlasten dieser Produktgruppe in Bezug auf die Berechnung der Ökobilanz auf. Die Original-Rezepturen sollen der Roadmap als Basis für die produktbezogenen Betrachtungen dienen, und zwar was die Inhaltsstoffe und enthaltenen Masse-Prozent anbelangt.
- Praxisnähe: Die Angaben etwa für bautechnische Daten oder Konzentrationsangaben sind durchschnittliche praxisübliche Werte für diese Produktgruppe. Auch Angaben zu praxisnahen durchschnittlichen Transportstrecken sind hier zu finden.
- Hohe Glaubwürdigkeit: Die EPDs liefern die Datengrundlage für die ökologische Gebäudebewertung im Rahmen der Nachhaltigkeitsbewertung und -zertifizierung von Bauwerken. Die EPDs sind ein wichtiges Instrument der produktbezogenen Umweltkommunikation und werden von dritter Seite verifiziert.
- Gleiche Datenbasis: Durch die Nutzung von bereits verifizierten Daten werden homogenere Ergebnisse erzielt.

⁸ Im internationalen Sprachgebrauch ist für Umweltdeklarationen nach Typ III die Bezeichnung Environmental Product Declaration (Umweltproduktdeklaration, abgekürzt EPD) üblich geworden.

- Gleichartigkeit: Neben den VDPM-EPDs sollen für Zwecke der Roadmap auch Muster-Umweltproduktdeklarationen für bauchemische Produkte als Datenbasis herangezogen werden. Auch diese vom VdL gehaltenen EPDs werden über das Institut Bauen und Umwelt als Programmbetreiber erstellt.

Einschränkungen bei der Nutzbarkeit für VDPM-Roadmap

Als Basisdaten wurden die EPDs mit zugehörigen Hintergrundberichten des VDPM und VdL verwendet, soweit verfügbar. Die Ökobilanz/LCA der Muster-EPDs enthalten, wie dargelegt, wichtige Informationen für die Roadmap. Für relevante Parameter fehlen jedoch die Aufschlüsselungen. Die aggregierte Darstellung für das Produktionsstadium und die hiermit einhergehende Kumulierung der Werte für Produktion (A1-A3) macht diese für die Zwecke dieser Arbeit nur bedingt nutzbar. Die individuellen Ökobilanzergebnisse erfolgen für jedes Vorprodukt mit Hilfe der Indikatoren Primärenergiebedarf und Treibhausgaspotenzial. Als Handlungsoptionen ist die aufwändige Rückrechnung aus GWP-Kategorien A1-A3 oder die Herleitung mit eigener Recherche der Emissionsfaktoren notwendig.

Für die Zwecke dieser Studie werden die Daten aus den EPDs durch eigene Recherche der Emissionsfaktoren ergänzt bzw. ganz ersetzt. Im Zentrum stehen hierbei die Emissionsfaktoren (EF) der Grundstoffe.

Aus den EPDs werden also der Rohstoffeinsatz der Produkte in den Werken, die Transportentfernungen der Rohstoffe zu den Werken und die Transportstrecken des Produkts zum Verwendungsort entnommen. Über die Transportmengen und -strecken wurden die Emissionen für den Transport bestimmt. Die Emissionen der eingesetzten Rohstoffe ergeben sich über Einsatzmenge und zugehörigen Emissionsfaktor.

Der Ersteller der Ökobilanz⁹ hat 2013 ein Punktesystem genutzt, welches jedem verwendeten Vorprodukt eine individuell berechnete Punktzahl in Bezug auf dessen GWP zuschreibt. Die Punktwerte wurden aus den spezifischen Ökobilanzergebnissen der jeweiligen Vorprodukte anhand der Indikatoren Primärenergiebedarf und Treibhauspotential berechnet. Dieses System soll der Roadmap, wie oben dargelegt, als Ankerpunkt für die grundsätzliche Beurteilung der Klimawirksamkeit eingesetzter Vorprodukte dienen, wird aber durch FutureCamp durch weitere Daten ergänzt. Mit Hilfe des Punktesystems können eigene Ergebnisse schnell plausibilisiert werden.

Für das Nassproduktionswerk und die virtuelle WDVS-Anlage liegen keine vergleichbaren Punktesysteme vor. Hier werden die von FutureCamp ermittelten Emissionsfaktoren genutzt. Eine überschlägige Plausibilisierung ist hier etwa über die GWP-Werte in den EPDs dennoch möglich.

3.4 Weitere Datenquellen

Als Basisjahr der Berechnung wird das Jahr 2020 gewählt, da hierfür bereits zu Projektbeginn eine gute Datenlage bestand. Diese Daten werden als Basis ins Jahr 2021 fortgeschrieben.

Die eingesetzten Energieträgermengen gehen auf eine Datenerhebung des VDPM zurück. Relevante Energieträger sind Erdgas, Heizöl EL, Diesel und Strom. Die Scope 1- und Scope 2-Emissionen sind ausschließlich auf die genutzten Energieträger zurückzuführen. Daher können sie auf Grundlage der eingesetzten Energieträger über die relevanten Emissionsfaktoren bestimmt werden.

In welchem Umfang CO₂-Emissionen durch den Einsatz bestimmter Stoffe, durch Rezepturänderungen, geänderte Inhaltsstoffe oder durch Einsatz von Recycling-Material reduziert werden könnten, wurde ebenfalls mittels einer Datenerhebung des VDPMs abgefragt. Bezugsgröße sind jeweils die Referenzwerke.

⁹ Izabela Kosińska und Johannes Kreissig (2013): Umwelt-Produktdeklaration für Werkmörtel, Erarbeitung von Muster-Produktdeklarationen, Projektteil „Ökobilanz“, PE International AG, S. 15ff.

Die Produktionsmengen der Gesamtbranche wurden Marktberichten für 2020 entnommen, die der VDPM regelmäßig in Auftrag gibt.

3.5 Referenzwerke

3.5.1 Herleitung

Die Definition von Referenzwerken ist ein zentraler Schritt in der Erarbeitung der Klimaneutralitäts-Roadmap für den VDPM. Durch die Herleitung von Referenzanlagen wird die gesamte Bandbreite der Branche abgebildet. Grundidee ist, dass die Referenzanlagen im Schnitt die tatsächlichen Produktstätten repräsentieren. Hierdurch werden Ableitungen bzw. Hochrechnungen für die eigenen Produktionsstätten der Mitgliedsunternehmen möglich, ohne auf individuelle Daten einzelner Unternehmen zu referenzieren.

Um eine repräsentative, branchenweite Abbildung zu erhalten, sollen die Referenzwerke alle Produkte produzieren, für die aktuell relevante Muster-EPDs vom VDPM und VdL gehalten werden. Ergänzt wird dies um zwei Gips-Putzprodukte, die dem Trockenmörtelwerk zugeordnet sind. Lediglich der Bereich Farben wird auf das Produkt „Fassadenfarben auf Dispersionsbasis“ beschränkt, um den ursprünglich abgestimmten Scope der Klimaneutralitäts-Roadmap nicht zu sehr auszuweiten, jedoch trotzdem eine möglichst breite Branchenabdeckung zu erhalten.

Für die Referenzwerke werden alle direkten und indirekten Emissionen der Anlagen (Scope 1 und 2) und die beschriebenen Scope 3-Emissionen berücksichtigt. Wie bereits beschrieben, besteht gegenüber anderen Industriebranchen eine insgesamt stark erhöhte Scope 3-Relevanz der Referenzanlagen. Diese soll daher in der Roadmap besondere Beachtung finden. Insbesondere auf Basis der EPDs wird auf die zu betrachtenden Produkte, ihre Rezepturen mit Grund- und Ausgangsstoffen sowie vor- und nachgelagerte Transporte eingegangen. Wenn keine EPD-Daten vorliegen, werden Marktdaten oder Expertenschätzungen ergänzt.

Für die zwei grundsätzlichen Herstellergruppen wurden vier Referenzanlagen festgelegt (siehe Abbildung 13). Die erste Herstellergruppe besteht aus den Putz-, Mörtel- und WDVS-Herstellern. Hierbei wurden als Referenzanlagen ein Trockenmörtelwerk, ein Nassproduktionswerk und eine virtuelle WDVS-Anlage festgelegt. Die zweite Herstellergruppe sind die Transportbetonhersteller. Hierbei wird ein Frischmörtelwerk als Referenzanlage betrachtet.

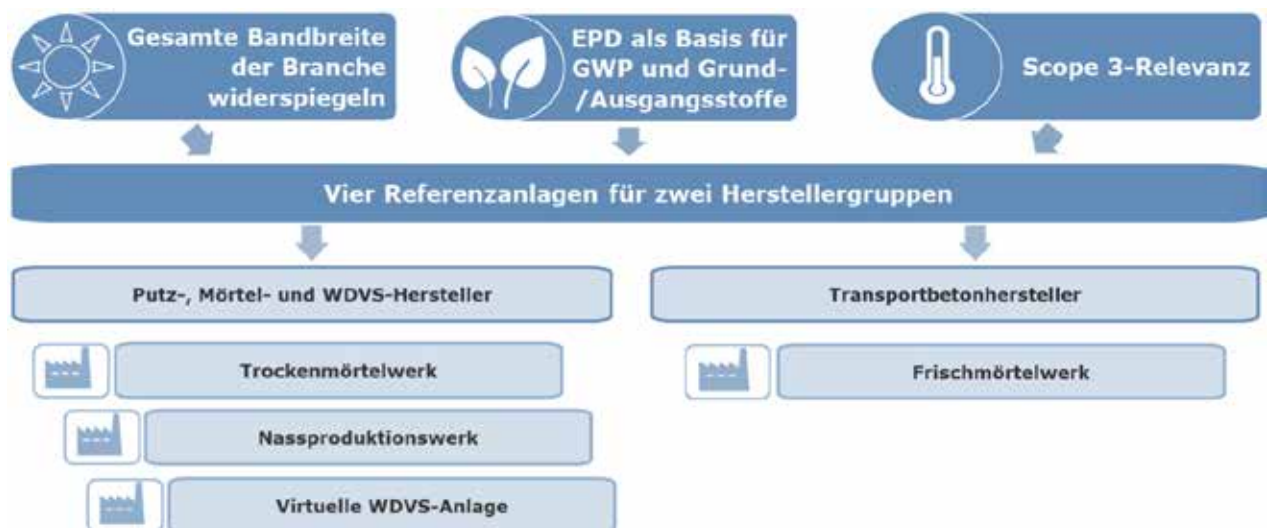


Abbildung 13: Herleitung der Referenzwerke

3.5.2 Produkte & Kapazität

Das Trockenmörtelwerk verfügt über eine Kapazität von 100 kt/a und stellt Putzmörtel, Mauermörtel, Estrichmörtel, Gipsputz, Mörtel Galabau, Armierungsputz/Kleber sowie Trockenbeton/Spritzbeton her. Das Nassproduktionswerk weist eine Kapazität von 50 kt/a auf und stellt pastöse Putze/Produkte, Grundierungen und Fassadenfarben her. Die virtuelle WDVS-Anlage verfügt über eine Kapazität von 34 Mio. m²/a und stellt nur WDVS auf Basis von EPS-, Steinwolle- und Holzweichfaserplatte-Dämmstoffen her.

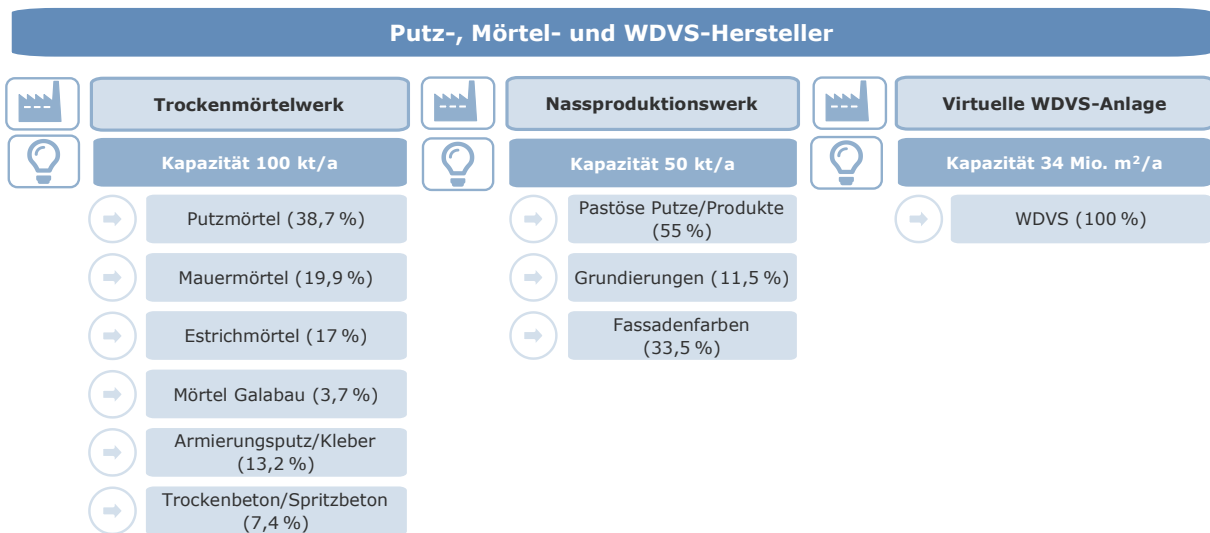


Abbildung 14: Produkte, Produktanteile & Kapazität der Referenzwerke Trockenmörtel-, Nassproduktions- und WDVS-Anlage

Die Referenzanlage Frischmörtelwerk der Transportbetonhersteller verfügt über eine Kapazität von 15.000 m³/a. Dem Frischmörtelwerk sind die Produktgruppen Mauermörtel, Estrichmörtel und Pflastermörtel zugewiesen.

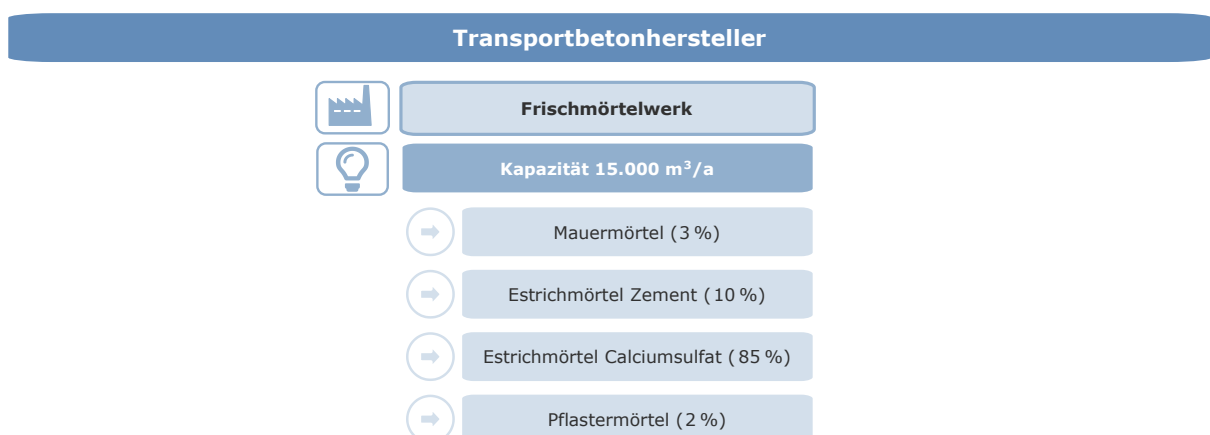


Abbildung 15: Produkte, Produktanteile & Kapazität Frischmörtelwerk

Für alle Referenzanlagen wurde eine Startbilanz berechnet, die auf den Referenzrezepturen und jeweiligen Marktanteilen der Produkte beruht. Diese Emissionen gilt es auf dem Weg zur Klimaneutralität zu reduzieren. Da die größte CO₂-Last aus den Vorketten stammt, steht die Branche vor der großen Herausforderung, auch solche Emissionen zu vermeiden, auf die sie nur bedingt Einfluss hat. Die nachfolgende Tabelle gibt wieder, welche Ausgangsmaterialien dabei einen besonders relevanten Einfluss auf die Scope 3-Emissionen der Referenzanlagen haben.

Tabelle 8: Ausgangsmaterialien mit besonders relevantem Einfluss auf Scope 3-Emissionen

Werk	Besonders emissionsrelevante Grundstoffe	Anteil an den Vorkettenemissionen
Trockenmörtelwerk	Zement	43,61 %
	Kalkhydrat [Ca(OH) ₂]	14,30 %
	Calciumsulfat	3,59 %
		Summe 61,50 %
Nassproduktionswerk	Polymerdispersionen	14,59 %
	Poly(Styrol-(Meth)acrylsäureester-Butadien) Dispersion (FK 50 %)	28,20 %
	TiO ₂ und andere Pigmente	34,45 %
		Summe 77,24 %
Virtuelle WDV-S-Anlage interne Vorprodukte	Mineralischer Kleber	41,68 %
	Organischer Kleber	30,11 %
	Silikonharz	15,98 %
		Summe 87,76 %
Virtuelle WDV-S-Anlage* externe Vorprodukte	EPS	42,49 %
	Mineralfaserplatte Steinwolle	26,03 %
	Mineralfaser Lamelle Steinwolle	22,25 %
		Summe 90,77 %
Frischmörtelwerk	Zement	28,94 %
	Anhydrit	27,92 %
		Summe 56,86 %

*Marktanteile nach Dämmstoff: EPS 55 %; Steinwolle 31 %, Übrige 14 %

3.6 Grundlegende Annahmen und Berechnungsparameter

In jedem der drei Pfade wird der Verlauf der Rohstoffeinsätze, Energieträgereinsätze, Emissionen und damit einhergehender Kosten bis 2045 modelliert. Dafür sind einige grundlegende **Annahmen** zu treffen, die **für alle drei Pfade** gleichermaßen gelten. Dieses Vorgehen gewährleistet die spätere Vergleichbarkeit der Pfade. Explizit kenntlich gemacht werden hingegen Annahmen, die zwischen den Pfaden variieren.

3.6.1 Annahmen zur deutschen Dämmstoff-, Putz- und Mörtelindustrie

Produktionsentwicklung

Über den gesamten Betrachtungszeitraum wird die Produktionsleistung der Branche konstant gehalten. Nur so können aussagekräftige Vergleiche sowohl zwischen den Pfaden als auch in Hinblick auf das Ausgangsniveau getroffen werden. Substitutionseffekte oder ein Wachstum des Gesamtmarkts werden nicht berücksichtigt. In der Realität wird der Output der Branche von Jahr zu Jahr schwanken, dennoch bleiben die Handlungsfelder zur Emissionsreduktion davon unberührt.

Referenzwerke

Die Dämmsystem-, Putz- und Mörtelindustrie besteht aus einer heterogenen Mischung aus kleineren und größeren Werken mit unterschiedlichen Voraussetzungen. Um im Rahmen der Studie die Entwicklungen in den Werken mit vertretbarem Aufwand modellieren zu können, wurden die o.g. Referenzwerke definiert. Die Werke basieren insbesondere auf den herangezogenen EPDs und den qualifizierten Einschätzungen der Mitwirkenden des Begleitzirkels.

Für die Referenzwerke werden Maßnahmen aus übergreifender und vereinfachter Sicht modelliert. Dies ermöglicht es Orientierungen, aber keine direkten Schlussfolgerungen für reale Anlagen beteiligter Unternehmen abzuleiten. In der Realität gilt es, Anlagenspezifika in die Entscheidungen mitaufzunehmen. Die Modellierung bildet einzelne Maßnahmen immer anteilig am Gesamtmarkt (Beispiel Elektrifizierung Werksverkehr) ab. Tatsächlich werden in der Praxis einzelne Werke oder Prozesse komplett umgestellt werden, während andere Werke später folgen.

Effizienzsteigerung Energieeinsatz

In den betrachteten Anlagen konnten in der jüngeren Vergangenheit bereits beachtliche Effizienzgewinne verzeichnet werden. Dennoch können auch weiterhin einige Potenziale gehoben werden. Dabei gibt es, je nach dem aktuellen Stand der energetischen Optimierung, ausgeprägte Unterschiede zwischen den einzelnen Werken. Im Schnitt wird von einem möglichen Startwert für Effizienzgewinne von 0,5% im Jahr ausgegangen. Mit der Zeit wird es jedoch immer schwieriger, zusätzliche Potenziale zu heben, weshalb der Wert bis 2040 asymptotisch auf 0 absinkt. Danach wird das energetische Optimierungspotenzial als erschöpft angesehen. Real können die Effizienzsteigerungen einzelner Werke in beide Richtungen vom angesetzten Wert abweichen. Erzielt werden die Effizienzsteigerungen etwa durch den Einsatz moderner Querschnittstechnologien, aber auch die organisatorische und prozessuale Optimierung bestehender Verfahren.

Die Effizienzsteigerungen werden auf den gesamten internen Energieeinsatz angewendet. Abbildung 16 veranschaulicht den erzielten Effekt.

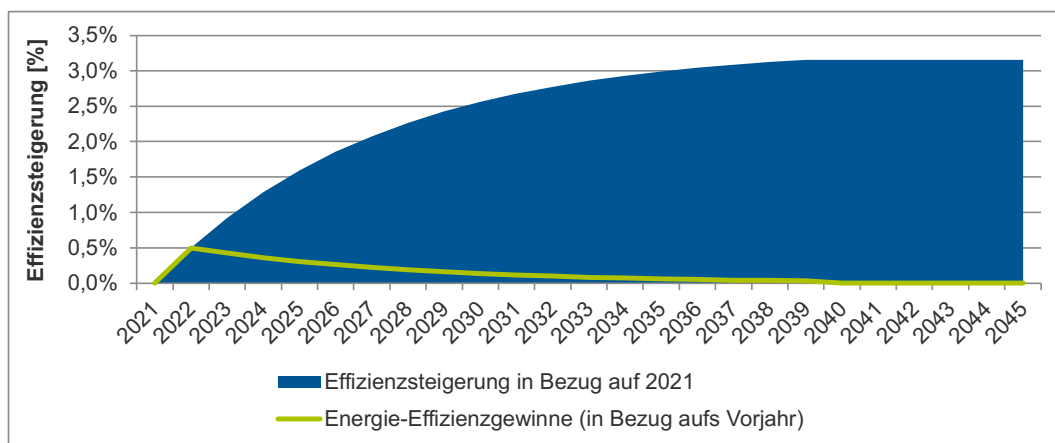


Abbildung 16: Allgemeine Effizienzgewinne Energieeinsatz

3.6.2 Annahmen zu Emissionsfaktoren

Die Emissionsfaktoren der Energieträger beruhen auf den direkten Emissionen, die durch die Verbrennung der Brennstoffe verursacht werden. Der Emissionsfaktor Strom ergibt sich auf Basis der spezifischen Emissionsfaktoren für die Stromerzeugung in Deutschland. Emissionen aus der Vorkette zur Bereitstellung der Energieträger bleiben hier unberücksichtigt.

Erdgas

Aufgrund der Erneuerbaren Energien Richtlinie – RED II wird in der Studie angenommen, dass der Emissionsfaktor Erdgas durch die Beimischung von Biogas oder anderem klimaneutralem Gas im Netz langfristig moderat absinkt. Er sinkt im zeitlichen Verlauf der Roadmap von 0,056 t CO₂/GJ auf etwa 0,049 t CO₂/GJ ab. Für die Betrachtungen hier spielt es keine Rolle, welches klimaneutrale Gas dem Erdgasnetz beigemischt wird.

Tabelle 9: Entwicklung Emissionsfaktor Erdgas

Jahr	Emissionsfaktor in t CO ₂ /GWh Erdgas
2021	201,6
2030	191,5
2040	180,9
2045	175,8

Strom

Für den Emissionsfaktor des deutschen Strommixes wurde ein auf Berechnungen beruhender Pfad hinterlegt, der sich im Anhang findet. Der Emissionsfaktor sinkt bedingt durch die kontinuierlich ausgebauten Einspeisung erneuerbarer Energien und den Verzicht auf den Einsatz von fossilen Energieträgern, insbesondere den Kohleausstieg, bis 2045 auf null. Voraussetzung ist die Umsetzung des Kohleausstiegs nach aktueller Gesetzeslage.

Im Referenzpfad wird direkt mit dem Emissionsfaktor des deutschen Strommix gerechnet. Im Reduktionspfad dagegen wird zusätzlich linear der Anteil von zugekauftem Grünstrom erhöht, sodass der bezogene Strom der Industrie bereits 2040 klimaneutral ist. Im Klimaneutralitätspfad wird diese Entwicklung noch beschleunigt und ab 2030 ausschließlich Grünstrom bezogen. Bedingt durch den Zukauf von Grünstrom unterscheiden sich damit die anzuwendenden Emissionsfaktoren zwischen den Pfaden.

Tabelle 10: Entwicklung Emissionsfaktor Strom¹⁰

Jahr	Emissionsfaktor in t CO ₂ /GWh		
	Dt. Strommix	Strommix Pfad 2	Strommix Pfad 3
2021	397,3	397,3	397,3
2030	252,2	132,7	0
2040	72,2	0	0
2045	0,0	0	0

Zement und Kalkhydrat

Der Weg zur Klimaneutralität ist für die Verarbeiter von Zement und die Zementindustrie in Deutschland eine große Herausforderung. „Hintergrund ist, dass bei der Herstellung von Zement bzw. seinem Vorprodukt Zementklinker große Mengen an CO₂ freigesetzt werden. Rund zwei Drittel davon entfallen auf rohstoffbedingte Prozessemissionen aus der Entsäuerung des Kalksteins und rund ein Drittel auf energiebedingte CO₂-Emissionen aus dem Einsatz der Brennstoffe.“¹¹ Diese Entwicklung der Vorkettenemissionen aus der Herstellung des Zements ist auch von großer Bedeutung für die Gesamtbilanz weiterverarbeitender Branchen, wie für die Hersteller von Putz, Mörtel und Estrich.

Neben dem Verein Deutscher Zementwerke e.V. (VDZ)¹² hat sich auch der Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e.V.¹³ konkrete Ziele gesetzt, wie die Ziele des Pariser Abkommens erfüllt werden können. Diese Ergebnisse werden sowohl in Bezug auf Zement als auch Kalkhydrat im Referenzpfad als nennenswerte Minderungen in der Vorkette bis 2045 angenommen, und zwar um den energiebedingten Anteil (ein Drittel der Emissionen). Der Emissionsfaktor bleibt daher nicht konstant auf dem heutigen Niveau, sondern sinkt kontinuierlich ab. Im Klimaneutralitätspfad wird hingegen ein Absinken ab 2030 auf null analog zu den beiden Roadmaps angenommen.

Eventuelle Mehrkosten durch die Emissionsminderungen in der Zement- oder Kalkherstellung sind nicht Bestandteil der Studie. Daher werden keinerlei Mehrkosten in dieser Hinsicht in der Modellierung berücksichtigt.

¹⁰ In den Pfaden 2 und 3 wird ab einem bestimmten Zeitpunkt der Emissionsfaktor von Strom auf null gesetzt. Zu diesem Zeitpunkt kommt im Werk nur noch Grünstrom zum Einsatz. Dieser kann z. B. durch einen Energieversorger bezogen oder auch durch eigene Anlagen (z. B. PV) erzeugt werden.

¹¹ Verein Deutscher Zementwerke e.V. (VDZ) (2020): Dekarbonisierung von Zement und Beton – Minderungspfade und Handlungsoptionen, S. 5

¹² Verein Deutscher Zementwerke e.V. (VDZ) (2020): Dekarbonisierung von Zement und Beton – Minderungspfade und Handlungsoptionen

¹³ Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e.V. (2020): Roadmap Kalkindustrie 2050



Abbildung 17: Kalksteinbruch und Kalkwerk; Kalk ist ein wichtiger Rohstoff für die Mörtelherstellung;
Bildquelle: Schäfer Kalk)

Weitere Emissionsfaktoren

Neben den schon genannten Rohstoffen kommen weitere Stoffe zum Einsatz, die bei den Ausgangsbilanzen auch benannt werden. Die dazugehörigen Faktoren wurden soweit möglich öffentlich zugänglichen Quellen entnommen, den o.g. EPDs und ergänzend auch der (kostenpflichtigen) spezifischen Datenbank Ecoinvent.

3.6.3 Annahmen zu Energiepreisen und CO₂-Kosten

Energiepreise sind volatil und können auch deutliche regionale und unternehmensbezogene Unterschiede aufweisen. Der Fokus dieser Roadmap liegt nicht auf den Entwicklungen am Energiemarkt, sondern auf den Auswirkungen der unterschiedlichen Handlungsoptionen auf die hier betrachtete Branche. Um eine Vergleichbarkeit mit der heutigen Situation zu gewährleisten und aus Gründen der Vereinfachung, werden daher konstante Preise für die etablierten Energieträger Strom, Erdgas, Heizöl und Diesel hinterlegt. Die hinterlegten Preise orientieren sich am Energiebedarf der Industrie. Im Klimaneutralitätspfad wird jedoch auch eine Variation mit deutlich höheren Energiepreisen betrachtet, die das aktuell von der Branche zu tragende aufgrund des Ukraine-Krieges deutlich höhere Niveau der Energiekosten widerspiegelt.¹⁴

CO₂-Kostenbestandteile aus dem nationalen Emissionshandel der Brennstoffe wurden nicht in den Energiepreisen berücksichtigt, da diese Kosten separat betrachtet werden. Der angenommene Strompreis¹⁵ wurde um den CO₂-Anteil aus dem europäischen Emissionshandel bereinigt. Die dort inkludierten CO₂-Kosten werden ebenfalls gesondert betrachtet.

Zusätzlich zu den konventionellen Energieträgern wie Erdgas und Strom wird im Rahmen der Studie der Einsatz von regenerativ produziertem Synthesegas betrachtet. Derzeit stehen Herstellung und Vertrieb dieser Alternativen noch am Anfang, aber es wird mit Hochdruck an diesen Themen gearbeitet. Ohne die Bereitstellung klimaneutraler Brennstoffe kann die Klimawende nicht gelingen. Daher werden für die Preise von Synthesegas Prognosewerte aus der Literatur verwendet. Hier ist über den Zeitraum, den

¹⁴ Zur Betrachtung der Kostenentwicklung bei höheren Preisen fossiler Energieträger siehe Kapitel 7.5.

¹⁵ Neben den Kosten für Beschaffung, Vertrieb und Netzentgelte sind auch sämtliche Umlagen und Steuern im Preis enthalten.

die Studie abdeckt, ein Rückgang der Preise vorgesehen, da mit zunehmender Etablierung der Prozesse und flächendeckender Marktdurchdringung von sinkenden Herstellungskosten ausgegangen werden kann.

Die angenommenen Energiepreise und Entwicklungen sind im Anhang offengelegt.

CO₂-Kosten

Sämtliche CO₂-Emissionen werden im Rahmen der Studie voll bepreist. Das betrifft damit auch die Scope 3-Emissionen aus der Vorkette. Diese Kosten kommen auch bei den Energieträgern zusätzlich zu den eigentlichen Energiepreisen zum Tragen und werden gesondert ausgewiesen. Es wird darauf verzichtet, Effekte aus kostenlosen Zuteilungen im Rahmen des EU-ETS zu berücksichtigen. Teile der deutschen Industrie, auch die Zementhersteller, erhalten zwar derzeit einen Teil ihrer notwendigen Emissionszertifikate kostenlos zugeteilt, aber der Ausstattungsgrad kann zwischen Zulieferern erheblich variieren¹⁶. Darüber hinaus lässt sich nicht feststellen, ob die Einsparungen (vollständig) an die Kunden weitergegeben werden. Außerdem muss man davon ausgehen, dass die kostenlosen Zuteilungen im zeitlichen Verlauf des hier betrachteten Zeithorizonts bis 2045 weiter absinken bzw. auslaufen. Diese Annahme wird auch durch die im Juli 2021 veröffentlichten Vorschläge der EU-Kommission u. a. zu Änderungen in der EU-Richtlinie zum Emissionshandel bekräftigt. Daher wird auch aus Gründen der Vergleichbarkeit darauf verzichtet, Effekte aus der kostenlosen Zuteilung miteinzubeziehen. Für die Stromerzeugung werden bereits jetzt keine kostenlosen Zertifikate mehr zugeteilt.

Ambitionssteigerungen der deutschen und europäischen Klimapolitik führen folglich absehbar zu weiter steigenden realen Preisen für Treibhausgasemissionen. Dies betrifft die beiden genannten Systeme. Daher wird in der Roadmap ein Preisanstieg für Emissionsberechtigungen bzw. Emissionen hinterlegt. Für den Preis aus dem EU-ETS wird ein linearer Verlauf von einem Startwert von 50 EUR/EUA (Anfang 2021) auf 125 EUR/EUA (2045) angesetzt. Der Preis aus dem nationalen Emissionshandelssystem (nEHS) unterliegt in den ersten fünf Jahren definierten Festpreisen (Startwert 2021 25 EUR/t CO₂, 2026 max. 65 EUR/t CO₂). Nach der Festpreisphase wird davon ausgegangen, dass sich die beiden Preise angleichen. Dies gilt unabhängig davon, ob es auch nach 2025 bei einem nationalen System bleibt oder aber, wie im Juli 2021 von der EU-Kommission vorgeschlagen, ein zweites europäisches Handelssystem für Kraftstoffe und Brennstoffe eingeführt wird.¹⁷

Stromherkunft

Im Referenzpfad wird für die Stromherkunft der deutsche Strommix hinterlegt. Laut Zielsetzung der Bundesregierung wird dieser bis 2045 zu 100 % aus Grünstrom bestehen. Um ein schnelleres Absinken der Emissionen zu erreichen, ist der frühere Einsatz von Grünstrom denkbar und wird für die Pfade 2 und 3 entsprechend modelliert (siehe Tabelle 10).

Der Bezug von Grünstrom kann grundsätzlich über unterschiedliche Wege realisiert werden, z. B. Grünstrom vom Stromversorger mittels Herkunftsnachweisen (HKN), Power Purchase Agreements (PPA) oder den Bau eigener Anlagen. Es ist davon auszugehen, dass sich die Stromkosten der verschiedenen Alternativen im Mittel über die Branche nicht nennenswert unterscheiden. Für die Roadmap wird daher zur Vereinfachung nur der Ansatz über Stromversorger und HKN für die Bestimmung des Strompreises gewählt.

Nicht näherer Untersuchungsgegenstand der Studie ist der Einsatz von eigenen Anlagen und unter welchen Umständen dies wirtschaftlich sinnvoll wäre. Grundsätzlich wird dies

¹⁶ Gleiches gilt im übertragenen Sinne für mögliche teilweise finanzielle Kompensationen zu Kosten aus dem nationalen Emissionshandelssystem in Deutschland.

¹⁷ Die im Rahmen des „Fit for 55“-Klimapakets der EU-Kommission vorgesehene Ausweitung des EU-Emissionshandels (ETS) auf Gebäude und Verkehr konnte auch am 8.6.2022 keine Einigung im EU-Parlament erzielt werden. Das Gesetz wurde zurück an den Unterausschuss verwiesen, um einen neuen Kompromiss zu finden, der von einer Mehrheit des EU-Parlaments getragen werden kann.

aber nicht ausgeschlossen und kann bei entsprechenden Voraussetzungen an den Standorten für Windkraftanlagen und insbesondere Photovoltaik auf bereits bestehenden Grundstücks- oder Dachflächen durchaus interessant sein.

3.6.4 Betrachtete Kosten

Mit der Studie erfolgt keine umfassende Kostenbetrachtung möglicher Entwicklungen der betrachteten Branche. Es werden ausschließlich

- Kosten für interne Energieträger und
- CO₂-Kosten

betrachtet. Mit den betrachteten Kosten sind immer nur diese gemeint. Der Großteil der Minderungen bezieht sich auf Emissionen, die außerhalb des Einflussbereichs der untersuchten Branche stattfinden. Die dafür anfallenden Kosten liegen damit ebenfalls außerhalb des Einflussbereichs der beteiligten Unternehmen und können von diesen nicht sinnvoll abgeschätzt werden. Daher wird auf deren Betrachtung verzichtet.

Sämtliche Kosten werden in heutigen bzw. jeweils angenommenen nominalen und konstanten Preisen ausgewiesen. Es wird keine Inflationsrate angenommen, da sie beim Vergleich verschiedener Pfade keine Rolle spielt.

3.7 Betrachtete Emissionsminderungen

Um das Ziel der Klimaneutralität zu erreichen, müssen Alternativen zu bestehenden und konventionellen Fertigungsverfahren etabliert werden. Darunter fallen auch Optimierungen der Rezepturen oder der Ersatz bestimmter Rohstoffe. Dies kann z. B. die Entwicklung neuer Zemente oder eines „Zementersatzstoffes“ mit einem geringeren CO₂-Fußdruck als konventioneller Zement betreffen. Gerade für die betrachtete Putz- und Mörtelindustrie ist dies bedeutsam, da Zemente in den Produkten einen maßgeblichen Anteil an den Scope 3-Emissionen haben.

Durch den Begleitkreis wurden nachfolgend ausgewählte Minderungsmaßnahmen und dazugehörige Annahmen entwickelt.

Reduktion THG-relevanter Grundstoffe

Im Reduktionspfad werden relevante Entwicklungen der Branche abgebildet, Treibhausgase zu reduzieren, die sich über den Einkauf und die Verwendung von THG-relevanten Grundstoffen erzielen lassen.

Die **Einsatzmengen** an Rohstoffen und die Rohstoffe selbst werden zwischen den Pfaden **variiert**. Grundlage für dieses Vorgehen ist eine Datenerhebung im Begleitkreis, in welchem Umfang CO₂-Emissionen in den einzelnen Referenzwerken durch den Einsatz bestimmter Stoffe, durch Rezepturänderungen, geänderte Inhaltsstoffe oder durch Einsatz von Recycling-Material reduziert werden können. Die Erhebung zeigt auch die ernsthaften Bemühungen in der Branche, CO₂ auch in der Vorkette zu reduzieren.

Diese Entwicklungen werden im **Reduktionspfad** abgebildet und gelten damit entsprechend der hier verwendeten Methodik **auch** als **Basis** für den **Klimaneutralitätspfad**. In diesem wird der Einsatz emissionsmindernder Änderungen noch deutlich verstärkt.

Es wird davon ausgegangen, dass diese Änderungen in gewissem Umfang möglich sind, ohne die Funktionalität der Produkte zu beeinträchtigen. Hierfür ist jedoch noch Aufwand an F&E notwendig, der im Rahmen der Studie allerdings nicht tiefer betrachtet wird.

Trockenmörtelwerk

Im Trockenmörtelwerk werden im **Reduktionspfad** zusätzlich zu den in Tabelle 11 genannten Reduktionen folgende Maßnahmen umgesetzt:

- ein vollständiger Wechsel von CEM I- zu CEM II-Varianten wird bis 2030 vollzogen (ab sofort, bis 2030 linear sinkend),
- durch Optimierungen in der Logistik reduzieren sich die Transportstrecken um 10 % bis 2045¹⁸,
- Einsatz von zertifiziertem Grünstrom.

Im **Klimaneutralitätspfad** wird zusätzlich folgendes angenommen:

- Elektrifizierung des Werksverkehrs
- Wechsel auf klimaneutrales Synthesegas in der Sandtrocknung
- Übergang auf Zementersatzprodukte zu 80 % (ab sofort, linear, bis 2045)
- Zement CO₂-Last sinkt bis 2045 bis auf null (CCS erst ab 2035)
- Zusätzliche 5 % Reduktion der Transportstrecken

Tabelle 11: Trockenmörtelwerk: Reduktion besonders THG-relevanter Grundstoffe

Reduktion der Einsatzmengen emissionsintensiver Stoffe			
	bis 2030	bis 2035	bis 2045
Zement	3 %	10 %	12 %
Kalkhydrat	2 %	3 %	3 %
Übrige	4 %	8 %	13 %



Abbildung 18: Modernes Trockenmörtelwerk; Bildquelle: Sievert SE

¹⁸ Im Rahmen des 3. Begleitkreises wurde ein Einsparpotenzial durch Streckenoptimierung (einschließlich Nutzung digitaler Dienstleistungen) in Höhe von bis zu 17 % genannt. Konservativ wird in Pfad 2 mit 10 % und in Pfad 3 mit 15 % gerechnet.

Nassproduktionswerk

Im Nassproduktionswerk werden für Pfad 2 die in Tabelle 12 genannten Reduktionen modelliert. Es wird ein zeitlich leicht versetzter Einsatz dieser Basisannahmen in den 6 Nassproduktionswerken angenommen.

- Durch Optimierungen in der Logistik reduzieren sich die Transportstrecken um 10 % bis 2040.
- Einsatz von zertifiziertem Grünstrom.

Für Pfad 3 kommen zusätzliche Effekte zum Tragen

- Elektrifizierung Werksverkehr
- Einsatz von Wärmepumpen anstelle fossiler Energieträger
- Reduktion der Emissionsfracht relevanter chemischer Vorprodukte
- Zusätzliche Optimierung in der Logistik

Tabelle 12: Nassproduktionswerk: Reduktion besonders THG-relevanter Grundstoffe

Reduktion der Einsatzmengen emissionsintensiver Stoffe			
	bis 2030	bis 2035	bis 2045
Polymerdispersionen	2,5 %	7,5 %	12,5 %
TiO ₂ und andere Pigmente	10 %	20 %	26 %



Abbildung 19: Nassproduktionswerk für organisch gebundene Mörtel;
 Bildquelle: Sto SE

Frishmörtelwerk

Im Frishmörtelwerk werden zusätzlich zu den in Tabelle 13 genannten Reduktionen folgende weitere Maßnahmen angenommen:

- Durch Einsatz eines C-M gegenüber einem A-S Zements vermindern sich die Emissionen der eingesetzten Zemente um ca. 35 %. Dies entspricht dem aktuellen Stand der neuen in den Frishmörtelwerken verwendeten Zementsorten und den daraus resultierenden Minderungen. Der Einsatz des C-M Zements wird 2023-2025 in die Modellierung übernommen. Die Reduktionen kommen im Wesentlichen durch optimierte Zusammensetzung hinsichtlich der Klinker-Anteile und der Zusatzstoffe zustande.
- durch Optimierungen in der Logistik reduzieren sich die Transportstrecken um 10 % bis 2040.
- Einsatz von zertifiziertem Grünstrom.

Im Klimaneutralitätspfad erfolgen weitere Reduktionen:

- Elektrifizierung Werksverkehr
- Einsatz von Wärmepumpen anstelle fossiler Energieträger
- Zusätzliche Optimierung in der Logistik
- Einsparungen in der Vorkette durch CCU/CCS

Tabelle 13: Frishmörtelwerk: Reduktion besonders THG-relevanter Grundstoffe

Reduktion der Einsatzmengen emissionsintensiver Stoffe			
	bis 2030	bis 2035	bis 2045
Zement	2,5 %	7,5 %	7,5 %
Anhydrit	7,5 %	7,5 %	7,5 %



Abbildung 20: Werk zur Herstellung von Transportbeton und Werk-Frishmörtel; Bildquelle: ©Iwona – stock.adobe.com

WDVS

Im Pfad 2 baut die WDVS-Anlage auf den Minderungen der vorgeschalteten Werke auf. Die Optimierungen im Transport finden zusätzlich statt. Im Klimaneutralitätspfad werden darüber hinaus Emissionsminderungen der relevantesten Vorprodukte betrachtet.



Abbildung 21: Verarbeitung eines Wärmedämm-Verbundsystems;
Bildquelle: Knauf Gips KG

Für alle Referenzwerke werden ferner die nachfolgenden Maßnahmen angenommen.

Stapler

In den Werken kommen aktuell Stapler unterschiedlicher Größenordnung zum Einsatz. Derzeit werden diese teilweise noch mit Diesel betrieben. In Pfad 3 werden alle Stapler batterieelektrisch betrieben. Synthetische Kraftstoffe als Alternative bleiben aufgrund der erwarteten hohen Kosten außen vor. Auf der Basis von Grünstrom hergestellte klimaneutrale synthetische Kraftstoffe benötigen deutlich mehr Strom als die direkte Nutzung in batterieelektrischen Fahrzeugen.

Transport

Im Transportwesen wird sich die Branche allgemeinen Entwicklungen anschließen, diese jedoch nicht entscheidend vorantreiben können. Um die Emissionen aus dem Transport zu reduzieren, werden im Klimaneutralitätspfad emissionsfreie Alternativen herangezogen. Dabei handelt es sich um batterieelektrische wie auch Fahrzeuge mit Brennstoffzelle, in diesem Sinne also indirekte Elektrifizierung. Die klimaneutralen Alternativen erreichen gemäß Transport & Environment¹⁹ noch im Betrachtungszeitraum Kostenparität mit den Verbrennern und können damit auch flächendeckend eingesetzt werden.

Im Referenzpfad und Reduktionspfad werden weiterhin dieselbetriebene LKWs eingesetzt.

¹⁹ Transport & Environment (2020): Comparison of hydrogen and battery electric trucks: Methodology and underlying assumptions

Annahmen zu Technologieverfügbarkeiten und Einsatzzeitpunkte

Der flächendeckende Einsatz klimaneutraler Energieträger ist an eine entsprechende Verfügbarkeit und das Vorhandensein der dafür notwendigen Infrastruktur gekoppelt. Der Anpassungsbedarf der Infrastruktur in den Werken ist bei den jeweiligen Maßnahmen berücksichtigt, regionale Infrastruktur muss allerdings bereitgestellt werden und wird für die Modellierung vorausgesetzt. Um zu berücksichtigen, dass eine entsprechende Infrastruktur für Wasserstoff noch nicht gegeben ist, wird der breitere Einsatz von Synthesegas erst ab dem Jahr 2028 in Betracht gezogen. Restriktionen für die verfügbaren Mengen an klimaneutralem Synthesegas und Strom werden angesichts des im Vergleich zu anderen Branchen niedrigen Bedarfs nicht gesetzt.

4 Ausgangsbasis

4.1 Energieeinsatz und -träger

Der direkte Energieträgereinsatz der Branche wird dominiert durch die Sandtrocknung aus dem Bereich Trockenmörtel. Dabei entfällt der Großteil des Verbrauchs auf die dafür verwendeten Energieträger Erdgas und Heizöl EL. Zusätzlich werden geringere Mengen dieser Brennstoffe zu Heizzwecken eingesetzt. Erdgas ist hier der bedeutendste Energieträger und macht knapp die Hälfte des Einsatzes aus. Heizöl liegt mit gut einem Drittel auf Rang 2. Mit 14 % ist Strom der drittwichtigste Energieträger für die Branche. Der Rest entfällt auf den Einsatz von Diesel im Werksverkehr.

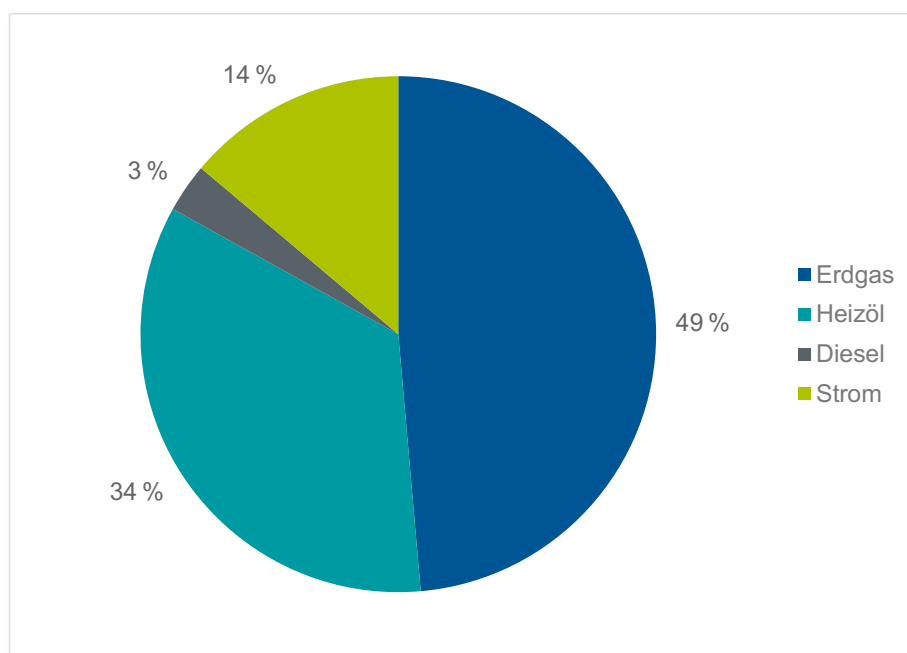


Abbildung 22: Aufteilung des Energieträgereinsatzes im Basisjahr 2021

Trockenmörtelwerk (Produktionsmenge 100.000 t/a)

Der im Vergleich zu anderen Industrien geringe Energieverbrauch verteilt sich im Trockenmörtelwerk auf Erdgas, Heizöl, Diesel und Strom und beträgt in Summe knapp 7 GWh. Etwa 80 % des gesamten Energiebedarfs sind auf die Sandtrocknung zurückzuführen. Der Fuhrpark im Werk ist in der Ausgangsbasis teilelektrifiziert.

Tabelle 14: Energieeinsatz im Trockenmörtelwerk

Energieträger	Einsatzmenge in MWh
Erdgas	3.360
Heizöl EL	2.330
Diesel	200
Strom	800

Nassproduktionswerk (Produktionsmenge 50.000 t/a)

Auch das Nassproduktionswerk hat im Vergleich zu anderen Industriebetrieben einen geringen Energieverbrauch. Er verteilt sich auf Strom und Erdgas. Der Werksverkehr ist bereits elektrifiziert.

Tabelle 15: Energieeinsatz im Nassproduktionswerk

Energieträger	Einsatzmenge in MWh
Erdgas	790
Strom	920

Frishmörtelwerk (Produktionsmenge 15.000 m³/a)

Der Energieeinsatz im Frishmörtelwerk fällt noch deutlich geringer aus als in den beiden anderen Referenzwerken.

Tabelle 16: Energieeinsatz im Frishmörtelwerk

Energieträger	Einsatzmenge in MWh
Heizöl EL	60
Diesel	10
Strom	70

Dem **virtuellen WDVS-Werk** (Produktionsmenge 34 Mio. m²/a, entspricht der gesamten deutschen Jahresproduktion) wurden keine eigenen Verbrauchswerte zugeordnet. Die Anlagen werden in der Realität gemeinsam mit den anderen vorgestellten Referenzanlagen betrieben und haben sehr geringe Energieeinsätze. Diese sind bei den vorgelagerten Anlagen inbegriffen.

4.2 Emissionen

Der überwiegende Anteil der Emissionen der Branche entfällt allerdings nicht auf den eigenen Energieeinsatz, sondern auf die vorgelagerte Produktion der eingesetzten Materialien. Die dabei anfallenden Emissionen übersteigen den Ausstoß in den eigenen Werken sehr deutlich. Gemeinsam mit den Transportemissionen bilden diese die betrachteten Scope 3-Emissionen. Diese stehen für 97 % der in der Studie betrachteten Emissionen (Abbildung 23). Nur 2 % entfallen auf den eigenen Brennstoffeinsatz also Scope 1, der Bezug von Strom ist für 1 % der Emissionen (Scope 2) verantwortlich. Insgesamt betragen die Emissionen 4,6 Mio. t CO₂ im Basisjahr.

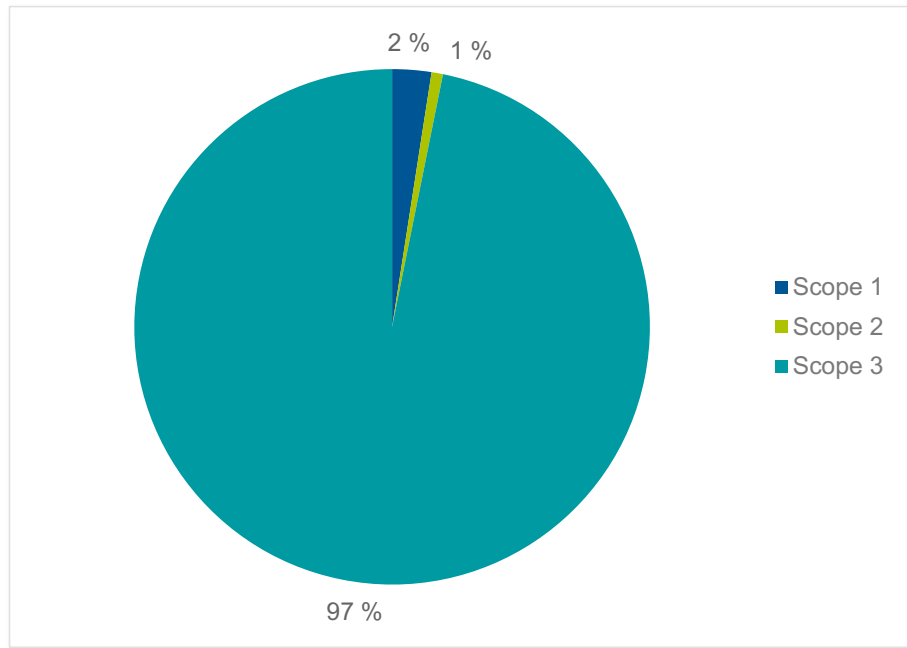


Abbildung 23: Verteilung der Emissionen nach Scopes im Basisjahr 2021

Zur genaueren Betrachtung der Emissionsquellen bietet sich ein Blick auf die einzelnen Referenzanlagen an.

Referenzwerk Trockenmörtel

Auch im Bereich Trockenmörtel dominieren die Scope 3-Emissionen das gesamte Bild (vgl. Abbildung 24). Diese stehen hier für 96 % der gesamten Emissionen in Höhe von etwa 39.000 t CO₂ pro Werk. Der größte Anteil ist hierbei auf den Zementeinsatz zurückzuführen. Dieser ist in der Ausgangsbasis allein für knapp 14.000 t CO₂ verantwortlich. Aber auch der Einsatz von Kalkhydrat spielt mit etwa 4.600 t CO₂ eine wichtige Rolle. Die Anlieferung der Rohstoffe zu den Werken und von dort der Transport zu den Baustellen ist mit Emissionen von über 5.200 t CO₂ ebenfalls ein wesentlicher Treiber.

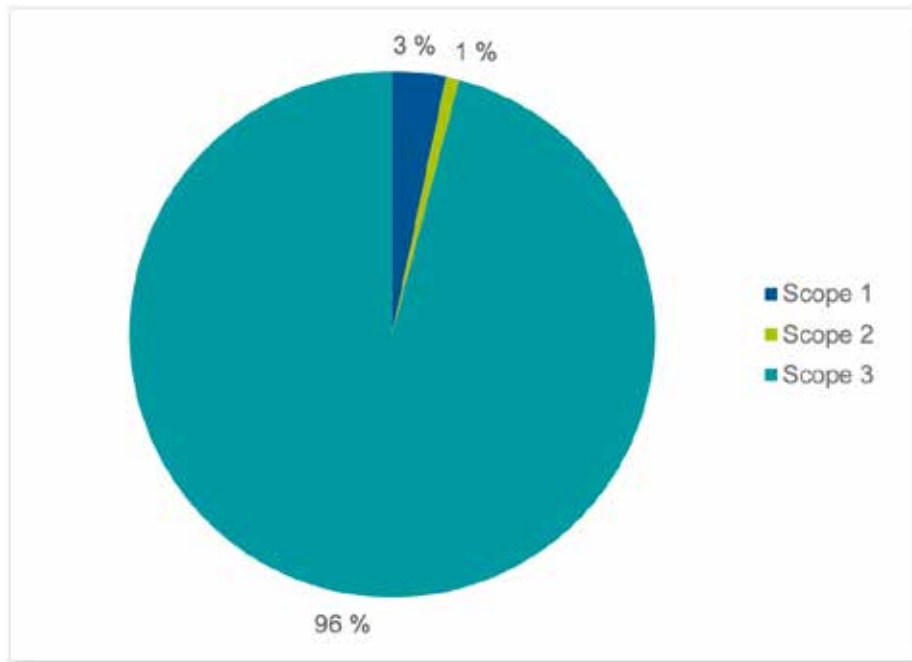


Abbildung 24: Emissionen nach Scopes Trockenmörtel

Die direkten Emissionen der Werke sind ausschließlich auf den Einsatz von Energieträgern zurückzuführen. Der Hauptteil entfällt dabei auf Erdgas und Heizöl EL für die Sandtrocknung. Beide stehen für knapp 40 % der energiebedingten Emissionen (vgl. Abbildung 25). Insgesamt belaufen sich diese in der Ausgangsbasis auf ca. 1.600 t CO₂ pro Werk. Strom steht mit 20 % für etwa die Hälfte der Emissionen aus Heizöl EL. Der Einsatz von Diesel für den Werksverkehr verursacht noch 3 % der energiebedingten Emissionen.

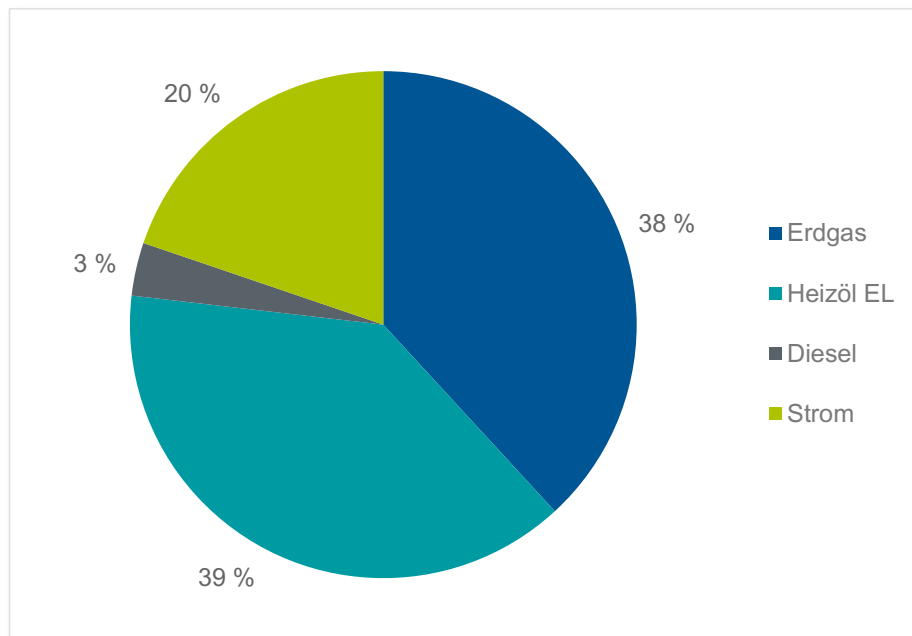


Abbildung 25: Emissionen nach Energieträgern Trockenmörtel

Insgesamt verursacht der Bereich Trockenmörtel etwas mehr als 3,3 Mio. t CO₂ und steht damit für den größten Teil der betrachteten Emissionen der Branche.

Referenzwerk Nassproduktion

Wie in der gesamten Branche dominieren auch im Bereich Nassproduktion die Scope 3-Emissionen, hier allerdings noch deutlicher, wie in Abbildung 26 veranschaulicht ist. Mit 99 % an den Gesamtemissionen von etwa 72.400 t CO₂ ist der Scope 3 hier von über-ragender Bedeutung. Der Großteil entfällt auch hier auf die Produktion der Vorprodukte. Die wichtigsten Emissionsquellen darunter sind verschiedene Kunststoffdispersionen mit rund 27.500 t CO₂ sowie Titandioxid und andere Pigmente mit etwa 22.100 t CO₂ pro Werk. Auch hier schlagen die Antransporte der Vorprodukte und der Transport der Produkte mit nennenswerten Anteilen zu Buche. Knapp 7.700 t CO₂ pro Werk entfallen darauf.

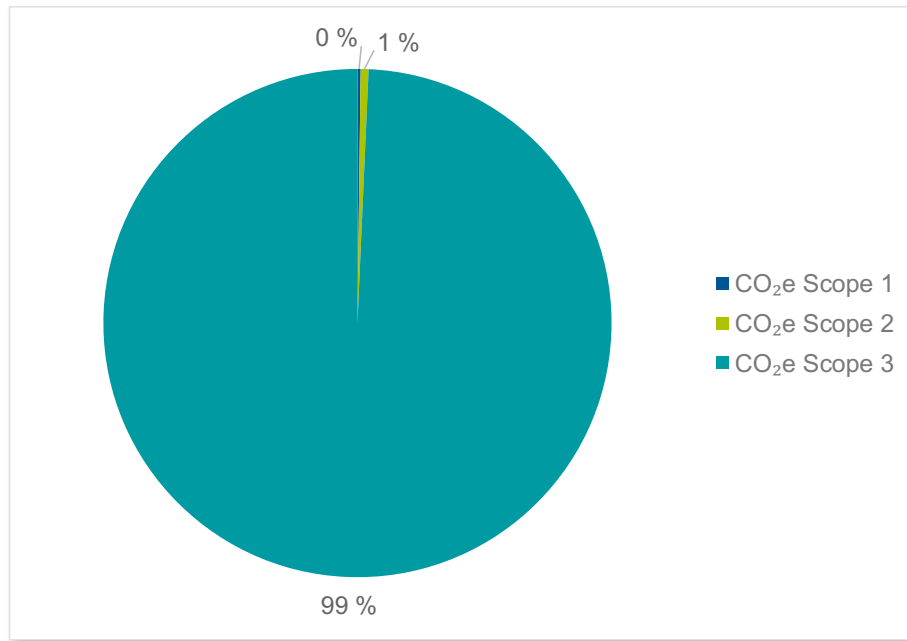


Abbildung 26: Emissionen nach Scopes Nassproduktion

Die eigenen Emissionen aus dem Einsatz von Energieträgern sind gegenüber dem Scope 3 von nachgelagerter Bedeutung. Dennoch muss das vorrangige Ziel sein, auch diese zu mindern und daher sind sie zu betrachten. Anders als im Bereich Trockenmörtel überwiegen beim Nassproduktionswerk die Emissionen durch den Einsatz von Strom diejenigen aus der Verbrennung von Brennstoffen deutlich. Insgesamt entstehen durch den Einsatz der Energieträger etwa 500 t CO₂ pro Werk im Basisjahr.

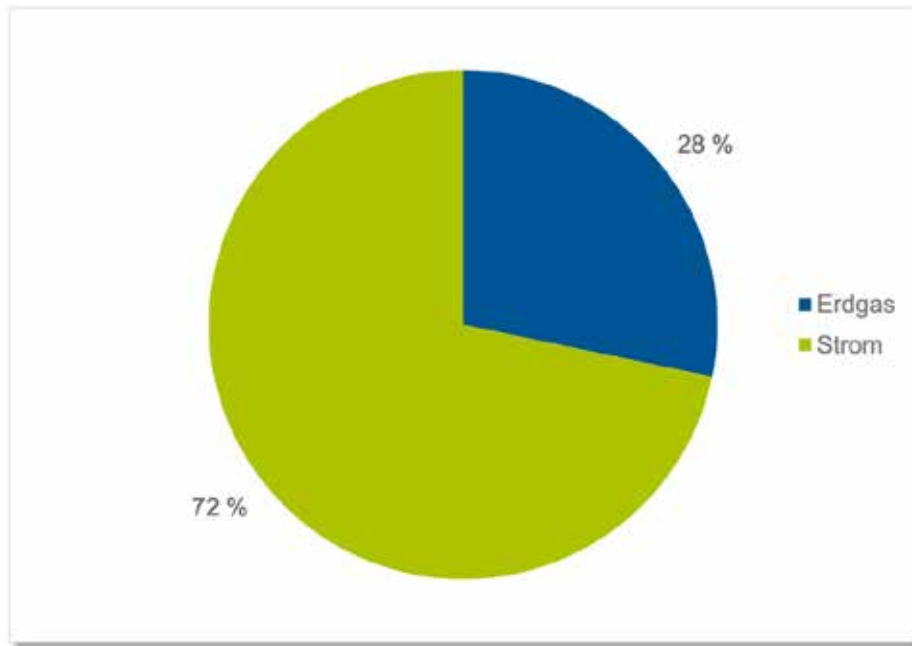


Abbildung 27: Emissionen nach Energieträgern Nassproduktion

Der Bereich Nassproduktion verursacht im Ausgangsjahr über alle Werke etwa 434.000 t CO₂ und damit etwa 9 % der Emissionen der Gesamtbranche.

Referenzwerk Frischmörtel

Auch hier ist der Scope 3 der Haupttreiber der Emissionen (vgl. Abbildung 28), aber bei einem deutlich niedrigeren Emissionsniveau pro Anlagen von nur etwa 2.700 t CO₂. Mit 98 % liegt der Anteil der Scope 3-Emissionen ebenfalls höher als in der gesamten Branche. Scope 1 und 2 liegen bei jeweils etwa 1 %. Zement und Anhydrit sind die emissionsrelevantesten Vorprodukte und stehen jeweils für über 500 t CO₂ pro Werk. Die Transporte nehmen in der relativen Bedeutung gegenüber den anderen Werken deutlich zu und verursachen mit knapp 700 t CO₂ etwa ein Viertel der Emissionen des Referenzwerks.

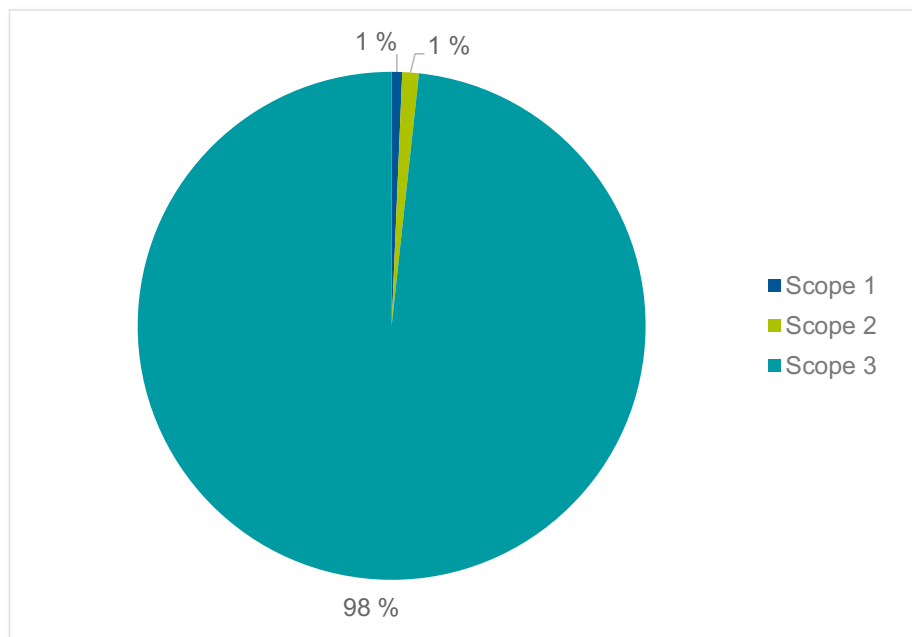


Abbildung 28: Emissionen nach Scopes Frischmörtel

Die Emissionen aus Energieträgern von insgesamt weniger als 50 t CO₂ pro Werk verteilen sich auf den Einsatz von Strom, Heizöl und Diesel, wobei Strom mit 61 % (vgl. Abbildung 29) den Hauptteil trägt.

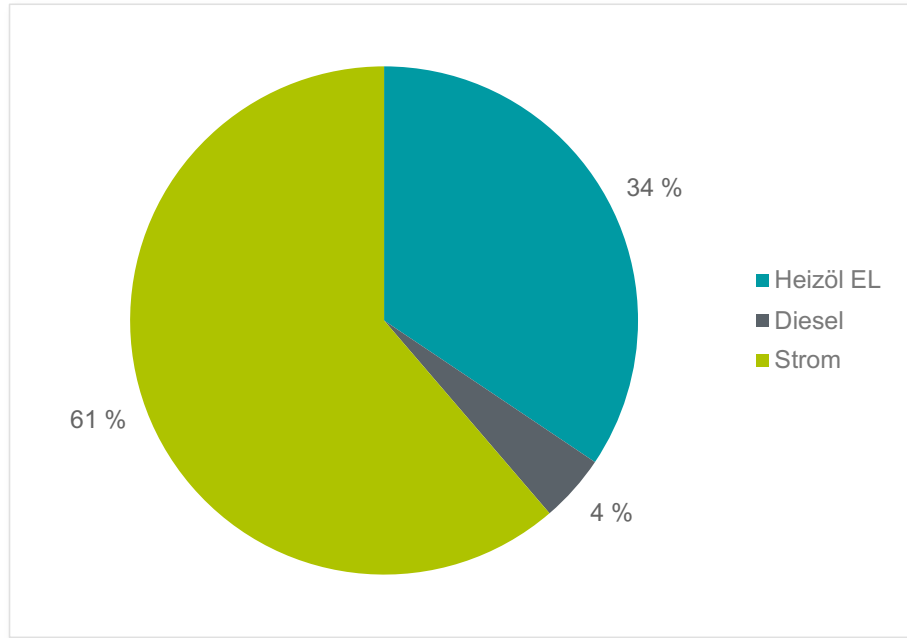


Abbildung 29: Emissionen nach Energieträgern Frischmörtel

Durch die größere Anzahl an Werken belaufen sich die Emissionen aus dem Bereich Frischmörtel in Summe dennoch auf etwa 363.000 t CO₂ im Basisjahr und damit knapp 8 % der gesamten Branche.

Referenzanlage WDVS

Die virtuelle Referenzanlage WDVS bildet im Gegensatz zu den anderen Referenzanlagen den gesamten Markt und nicht einzelne Werke ab. Direkte Energieeinsätze werden nicht gesondert betrachtet, da diese in der Produktion von geringer Bedeutung sind. In der Realität findet die WDVS-Produktion an Standorten statt, die im Rahmen der anderen Referenzanlagen betrachtet werden. Die geringen direkten Energieeinsätze sind darüber bereits berücksichtigt. Hier werden damit nur Scope 3-Emissionen für WDVS betrachtet. Darüber hinaus werden in der WDVS-Herstellung teilweise Produkte weiterverarbeitet, die aus den Bereichen Trockenmörtel oder Nassproduktion stammen. Die Emissionen dieser Vorprodukte werden gesondert betrachtet, um auf die Gesamtbranche bezogen keine Doppelzählungen vorzunehmen. Insgesamt werden dem Bereich WDVS gut 1,6 Mio. t CO₂ zugerechnet. Davon stammen allerdings beinahe 1,2 Mio. t CO₂ aus den ohnehin betrachteten eigenen Anlagen der Branche. Von den externen Vorprodukten trägt Steinwolle mit etwa 226.000 t CO₂ am stärksten zu den Emissionen bei, gefolgt von EPS mit knapp 199.000 t CO₂. Der Transport zur Baustelle verursacht hier etwa 27.000 t CO₂.

4.3 CO₂- und Energiekosten

Im Rahmen der Studie wird auch betrachtet, welche Kostenauswirkungen die Veränderungen zur Einsparung von Emissionen mit sich bringen. Dabei werden ausschließlich die CO₂-Kosten, sowie die Kosten der internen Energieträger betrachtet. Weitere Einflüsse, wie etwa andere Betriebskosten oder Kapitalkosten für die Umsetzung von Maßnahmen werden nicht betrachtet. Auch erfolgt insbesondere keine Betrachtung der Kosten für die emissionsärmere Produktion von Vorprodukten. Dies wird der relevanteste

Treiber für Kostenänderungen auf dem Weg zu einer klimaneutralen Produktion der Branche. Er liegt jedoch außerhalb ihres Einflussbereichs und kann derzeit nicht sinnvoll abgeschätzt werden. Zudem ist denkbar, dass klimafreundliche Vorprodukte nicht zwangsläufig teurer sind, wenn bereits diskutierte spezifische Förderinstrumente, wie zum Beispiel Klimaschutzverträge zur Anwendung kommen²⁰.

Damit bilden die betrachteten Kosten lediglich einen Teilaspekt ab und können, gerade im Fall von Einsparungen, nicht mit den tatsächlichen Gesamtkosten dieser Entwicklung gleichgesetzt werden. Die betrachteten Kosten belaufen sich im Basisjahr auf 307 Mio. €. Davon entfallen 87 % auf CO₂-Kosten aus dem Scope 3 (vgl. Abbildung 30). Diese sind zwar somit in der Regel nicht direkt als CO₂-Kosten von der Branche zu tragen, werden aber über den Produktpreis (Vorprodukte) oder die Dienstleistungsgebühr (Transporte) an diese weitergegeben. Die Kostenbelastung für die Scope 1- bzw. 2- Emissionen ist mit 2,7 Mio. € (1 %) bzw. 1,8 Mio. € (0,54 %) im Verhältnis dazu gering.

Die Kosten für den eigenen Einsatz von Energieträgern dagegen liegen mit etwa 35,5 Mio. € (12 %) um ein Vielfaches höher.

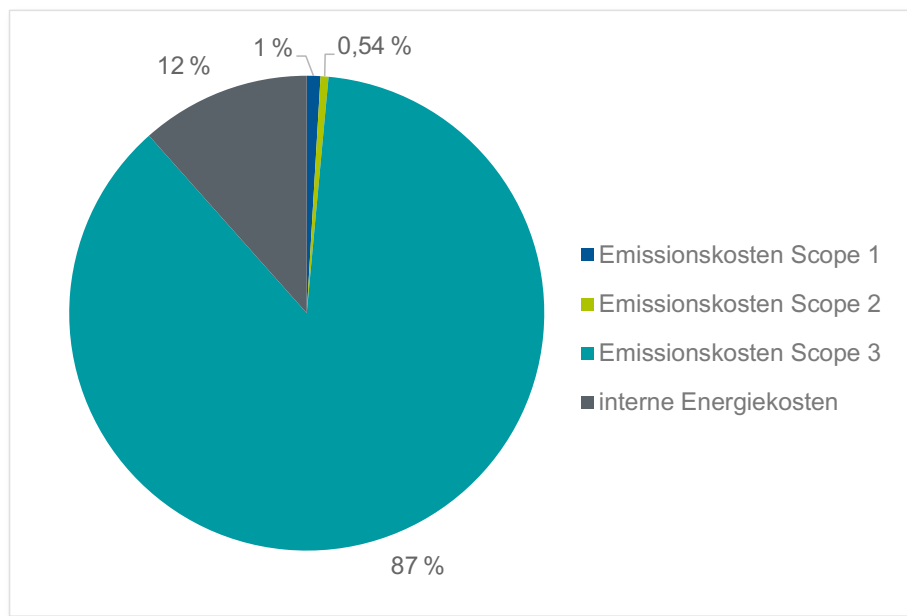


Abbildung 30: Verteilung der betrachteten Kosten Basisjahr

²⁰ Agora Industrie: Klimaschutzverträge für die Industrietransformation (insbesondere Zement)

5 Referenzpfad (Pfad 1)

Der Referenzpfad schreibt den heutigen Stand der Technik mit bereits bekannten Entwicklungen der äußeren Rahmenbedingungen in die Zukunft fort. Hauptzweck ist das Generieren einer sinnvollen Vergleichslinie für die beiden anderen Pfade.

5.1 Maßnahmen

Da der Referenzpfad eine Fortschreibung der bestehenden Situation darstellen soll, werden keine expliziten Minderungsmaßnahmen über heute bekannte Veränderungen hinaus vorgenommen. Intern in den Werken führen Effizienzgewinne zu einem Rückgang des Energieeinsatzes. Diese zusätzlichen Einsparungen werden allerdings von Jahr zu Jahr geringer, da das Potenzial mit der Zeit ausgeschöpft ist. Darüber hinaus werden Änderungen beim bereitgestellten Energiemix berücksichtigt. Der deutsche Strommix soll bis 2045 vollkommen regenerativ bereitgestellt werden. Ein entsprechender Weg wird hinterlegt. Auch der Emissionsfaktor von Erdgas sinkt durch die Beimischung regenerativer Anteile gemäß der Renewable Energy Directive II (RED II) ab. Außerdem finden erwartbare Entwicklungen in der Vorkette einiger Vorprodukte Berücksichtigung. Vor allem die energiebedingten Emissionen der Herstellung von Zement, Kalkhydrat und Anhydrit werden absehbar sinken. Dies ist berücksichtigt. Durch den Kohleausstieg sinkt darüber hinaus die Verfügbarkeit von REA-Gips, weshalb dieser zunehmend durch emissionsärmere Alternativen ersetzt wird.

5.2 Entwicklung des Energieeinsatzes

Bedingt durch die angesprochenen Effizienzgewinne sinkt der Energieeinsatz im Referenzpfad moderat ab. Von etwa 603 GWh erfolgt ein Rückgang auf 585 GWh. An der Verteilung der Energieträger ändert sich nichts. Erdgas bleibt der wichtigste Energieträger, gefolgt von Heizöl EL. Beides wird weiterhin hauptsächlich zur Sandtrocknung für die Trockenmörtelproduktion benötigt.

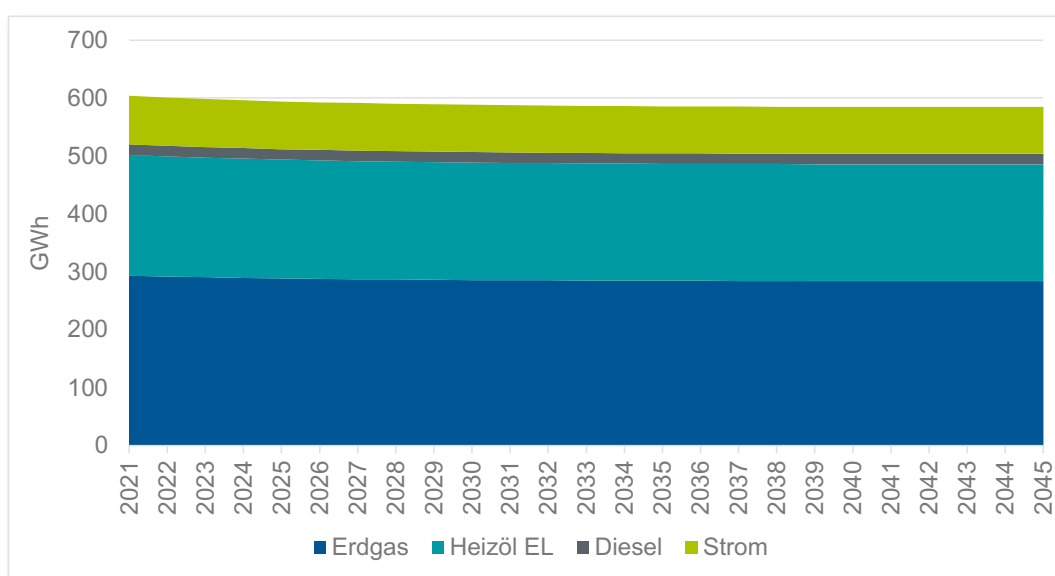


Abbildung 31: Entwicklung des Energieeinsatzes im Referenzpfad

5.3 Entwicklung der CO₂-Emissionen

Die unter 5.1 beschriebenen Änderungen führen bereits im Referenzpfad zu einer spürbaren Reduktion der Emissionen. Die gesamten Emissionen der Branche werden von 4,6 Mio. t CO₂ auf 3,9 Mio. t CO₂ im Jahr 2045 gesenkt. Dies entspricht einer Minderung von knapp 17 %. Auch bis 2030 werden die Emissionen bereits um etwa 8 % reduziert. Die Scope 3-Emissionen bleiben über den gesamten Zeitverlauf von herausgehobener Bedeutung und sind auch für diese Minderungen essenziell.

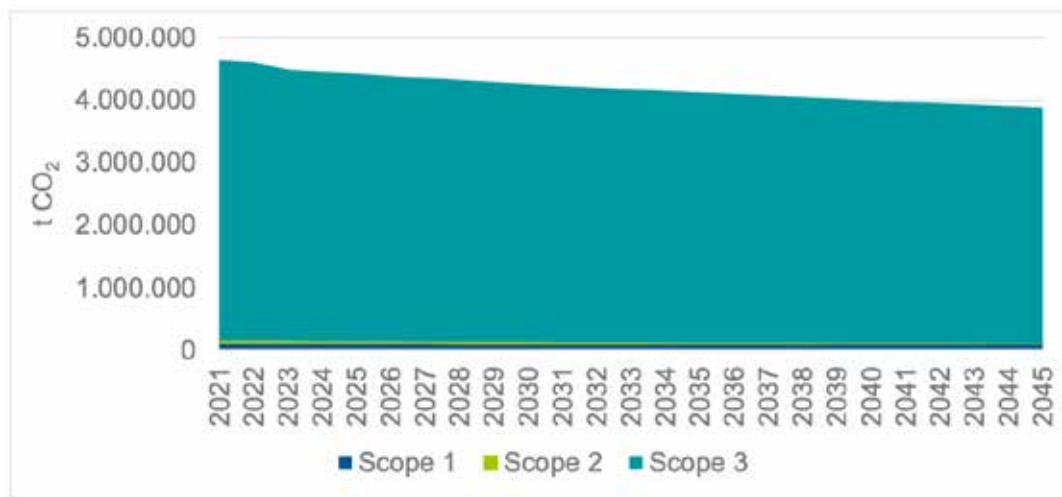


Abbildung 32: Entwicklung der Emissionen nach Scopes im Referenzpfad

Erst eine getrennte Betrachtung für Scope 1 und 2 ermöglicht es, die Effekte in diesen Bereichen und damit im direkten Einfluss der betrachteten Branche zu erkennen (vgl. Abbildung 33). Besonders deutlich zu erkennen ist hier der Rückgang im Scope 2. Dieser ist auf den absinkenden Emissionsfaktor des deutschen Strommixes zurückzuführen. Im Jahr 2045 sind die Scope 2-Emissionen dann vollständig gemindert. Der Knick im Jahr 2023 ist auf den Ausstieg aus der Kernkraft zurückzuführen, der kurzzeitig den Trend bricht. Im Scope 1 werden nur geringe Einsparungen durch Effizienzgewinne und Beimischung beim Erdgas erreicht. Insgesamt sinken diese Emissionen von 147.000 t CO₂ auf 104.000 t CO₂ ab.

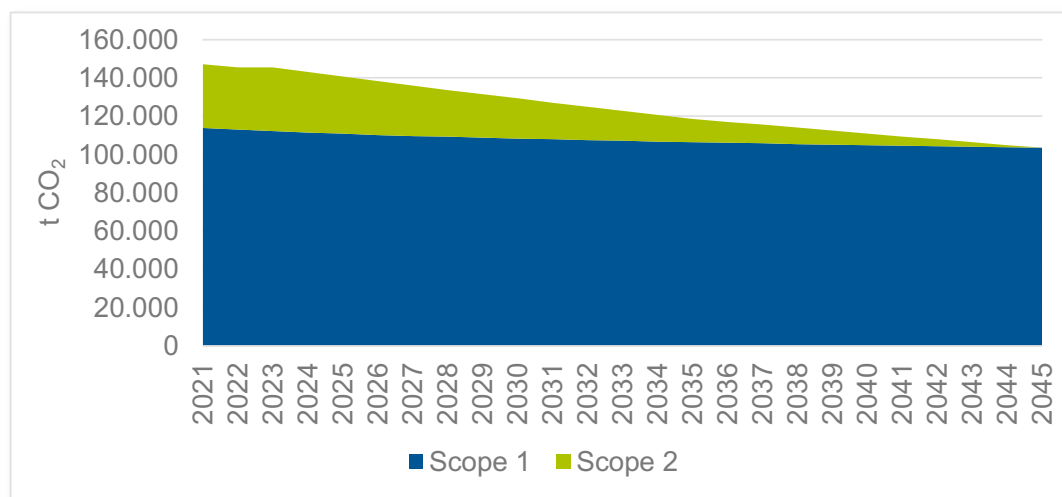


Abbildung 33: Entwicklung der Scope 1- & 2-Emissionen im Referenzpfad

5.4 Entwicklung der betrachteten Kosten

Die betrachteten Kostenentwicklungen beziehen sich auch hier wieder rein auf CO₂- und Energiekosten. Dabei sind die CO₂-Kosten von erheblich größerer Bedeutung. Schon in der Ausgangsbasis sind sie für fast 90 % der betrachteten Kosten verantwortlich. Durch den erwartbaren Anstieg der CO₂-Preise sowohl im nationalen wie auch im europäischen Emissionshandel, steigen die CO₂-Kosten massiv an. Trotz der erzielten Einsparungen kommt es hier zu einer spürbaren Mehrbelastung der Branche. Die direkten Energiekosten sind unter den getroffenen Annahmen dagegen leicht rückläufig. Dies ist zum einen in der Abschaffung der EEG-Umlage, zum anderen in den Einsparungen durch Effizienzgewinne begründet. In Summe erfolgt mehr als eine Verdopplung der Kosten von 307 Mio. € auf 646 Mio. €. Dies zeigt auch klar, dass es unter den gegebenen Rahmenbedingungen mit massiven Kostensteigerungen verbunden ist, keine Anstrengungen zur Emissionsminderung zu unternehmen.

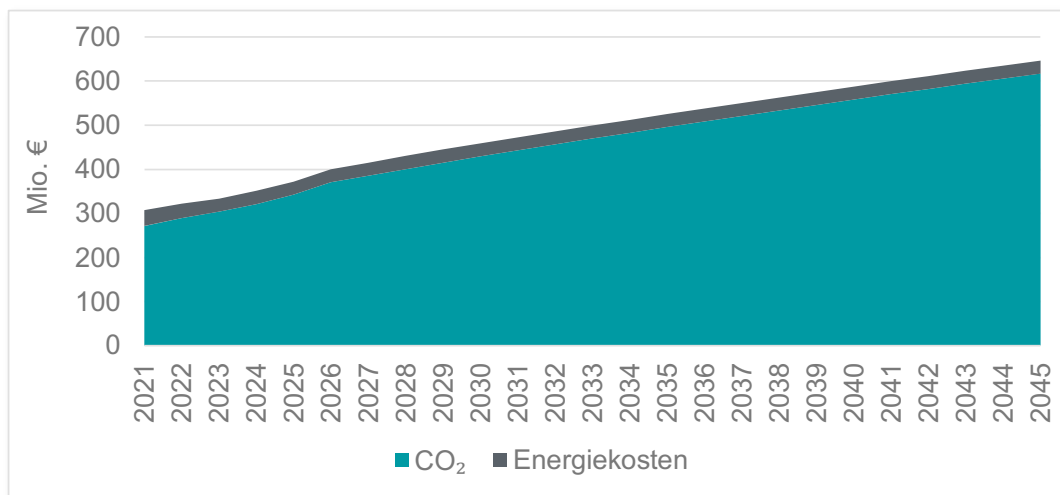


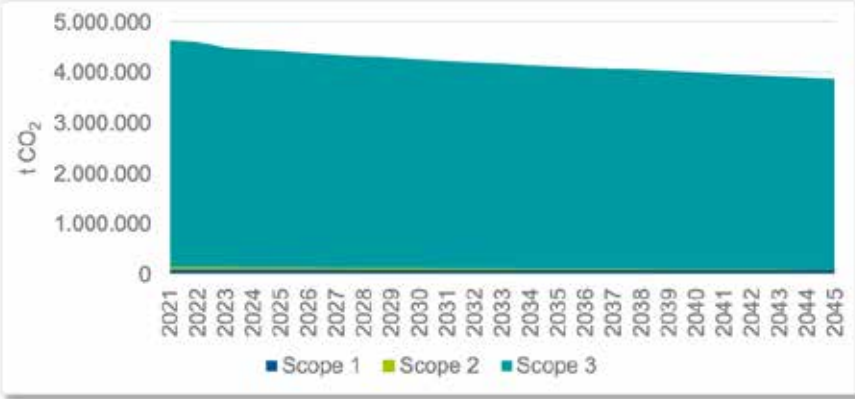
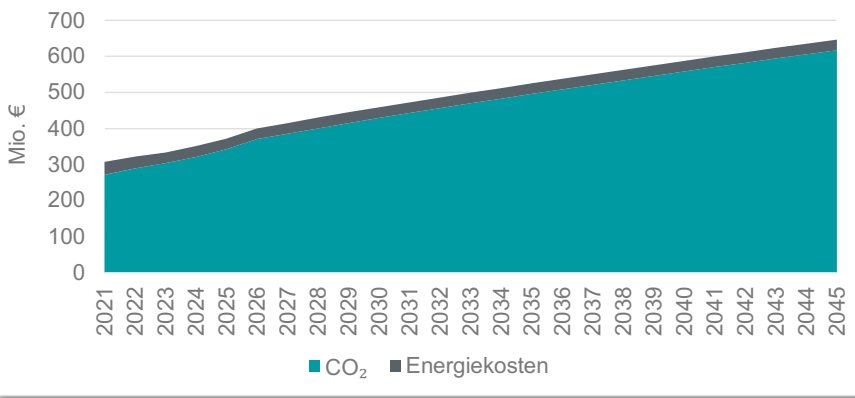
Abbildung 34: Entwicklung der betrachteten Kosten im Referenzpfad

5.5 Wesentliche Erkenntnisse

Wie zu erwarten, ergeben sich durch die Fortschreibung aktueller Rahmenbedingungen im Referenzpfad nur moderate Emissionseinsparungen im Betrachtungszeitraum. Bis 2030 werden die Emissionen um gut 8 %, bis 2045 um knapp 17 % reduziert. Trotz dieser Minderungen schießen die CO₂-Kosten im selben Zeitraum in die Höhe. Durch deren Verdopplung entstehen für die Branche 2045 jährliche Mehrkosten von über 300 Mio. €. Die erwartbaren Preissteigerungen in den Emissionshandelssystemen überlagern damit deutlich die Effekte der Emissionsminderungen. Auch vor diesem Hintergrund besteht daher sowohl innerhalb der eigenen Produktion als auch in den Vorketten dringender Handlungsbedarf zur weiteren Reduktion der Emissionen.

5.6 Steckbrief Referenzpfad (Pfad 1)

Tabelle 17: Steckbrief Referenzpfad

Referenzpfad (Pfad 1)	
Beschreibung Maßnahmen	- kontinuierliche Effizienzsteigerung beim Einsatz der Energieträger - Reduktion Emissionsfaktoren Strom und Erdgas - Reduktion der energiebedingten Emissionen in der Vorkette
Emissionsentwicklung	
Emissionsentwicklung bis 2030: - Senkung auf 4,25 Mio. t CO₂ Emissionsentwicklung bis 2045: - Senkung auf 3,87 Mio. t CO₂	
Wesentliche Einflussfaktoren auf Emissionsentwicklung: - Reduktion Emissionsfaktor Strom - Reduktion Emissionsfaktor Zement und Kalkhydrat - Effizienzsteigerung beim Einsatz von Energieträgern	
Kostenentwicklung	
Entwicklung betrachteter Kosten: - mittlere Kosten Ø 2021–2045: 490 Mio. €/a - Kosten Zieljahr 2045: 646 Mio. €/a	
Wesentliche Einflussfaktoren auf Kostenentwicklung: - steigende CO₂-Kosten infolge der Preisentwicklung - Wegfall EEG-Umlage	

6 Reduktionspfad (Pfad 2)

Der Reduktionspfad setzt auf den Annahmen des Referenzpfades auf, allerdings unternimmt die Branche hier zusätzliche Anstrengungen, um ihre Emissionen zu minimieren. Bedingt durch die hohe Bedeutung der Vorkettenemissionen müssen insbesondere in diesem Bereich Potenziale gehoben werden, um die Emissionslast zu reduzieren. Der Reduktionspfad berücksichtigt dabei Minderungen, die aus heutiger Sicht im Betrachtungszeitraum denkbar und umsetzbar sind.

6.1 Maßnahmen

Generell fließen sämtliche Maßnahmen und Annahmen aus dem Referenzpfad auch im Reduktionspfad mit ein, darüber hinaus kommen jedoch noch weitere zum Tragen. Für alle Referenzanlagen gilt, dass über den Zeitverlauf aktiv der Anteil an Grünstrom im Strommix erhöht wird. Dies führt zu einer schnelleren Reduktion der Scope 2-Emissionen. Ebenfalls über alle Werke werden die Transportemissionen reduziert. Durch optimiertes Streckenmanagement und den Einsatz effizienterer Fahrzeuge gelingt hier eine Reduktion von 10 % bis 2045. Darüber hinaus erfolgen dezidierte Reduktionen in den einzelnen Referenzanlagen.

Trockenmörtel

Im Bereich Trockenmörtel ist ein relevanter Treiber der Emissionen der Einsatz von Zement. Durch eine Reduktion der Einsatzmenge und Ausweichen auf emissionsärmere Alternativen (Wechsel von CEM I auf CEM II) können relevante Einsparungen erzielt werden. Es wird angenommen, dass die Einsatzmenge bis 2045 um 12 % reduziert werden kann. Die stärkste Reduktion findet dabei in den Jahren zwischen 2030 und 2035 statt. Bis 2030 wird darüber hinaus kontinuierlich der Wechsel auf CEM II vorangetrieben. Die Einsatzmengen von Kalkhydrat können nicht im selben Umfang abgesenkt oder durch emissionsneutrale Varianten substituiert werden. Dennoch kann auch hier der Einsatz bis 2035 um 3 % abgesenkt werden, danach erfolgt keine weitere Reduktion. Für Gips und weitere emissionsintensive Vorprodukte wird bis 2045 von einem um 13 % verminderten Einsatz ausgegangen.

Nassproduktion

Auch in den Nassproduktionswerken stellt die Reduktion des Einsatzes emissionsintensiver Vorprodukte (bzw. der Wechsel auf klimaneutrale Alternativen) den größten Hebel für eigene Minderungen dar. Für Polymerdispersionen wird von einer Reduktion um 12,5 % ausgegangen. Läuft diese bis 2030 noch langsam an, nimmt sie ab 2035 deutlich an Fahrt auf. Die Einsatzmengen emissionsintensiver Pigmente werden dagegen bis 2030 bereits um 10 % reduziert und bis 2045 sogar um 24 %.

Frischmörtel

Auch in den Frischmörtelwerken ist der Zementeinsatz eine relevante Emissionsquelle. Bedingt durch das Produktportfolio und die bereits heute verwendeten Zementtypen ist das Einsparpotenzial allerdings geringer. Dennoch wird auch hier von einer Reduktion der Einsatzmengen um insgesamt 7,5 % ausgegangen. Die relevanten Reduktionen finden ab 2030 statt. Auch der Einsatz von Anhydrit wird in vergleichbarer Größenordnung zurückgefahren, hier allerdings kontinuierlich über den gesamten Zeitraum.

WDVS

Hier werden für den Reduktionspfad über die allgemeinen Minderungen hinaus keine zusätzlichen Reduktionsmaßnahmen ergriffen. Allerdings wirken sich die Minderungen in den Bereichen Trockenmörtel und Nassproduktion durch die Weiterverarbeitung auch hier aus.

6.2 Entwicklung des Energieeinsatzes

Im Reduktionspfad werden gegenüber dem Referenzpfad keinerlei Maßnahmen oder Annahmen getroffen, die Auswirkungen auf die Menge der eingesetzten Energieträger haben. Die Entwicklung des Energieträgereinsatzes ist daher identisch zum Referenzpfad.

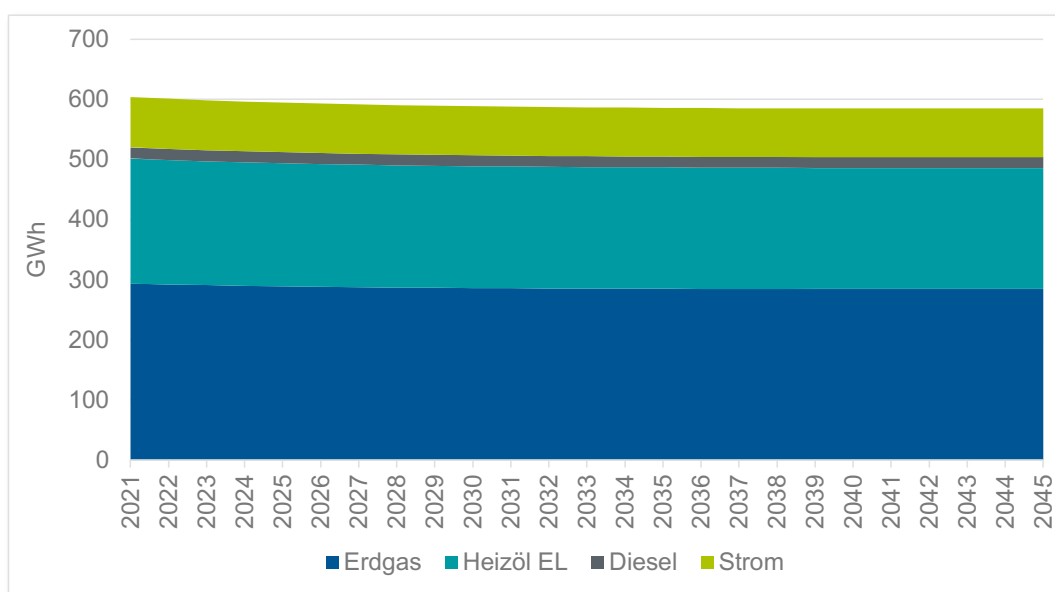


Abbildung 35: Entwicklung des Energieeinsatzes im Reduktionspfad

6.3 Entwicklung der CO₂-Emissionen

Die unter 6.1 beschriebenen Maßnahmen führen im Reduktionspfad zu einer deutlichen Minderung der Emissionen gegenüber dem Ausgangsniveau sowie dem Referenzpfad. Die Emissionen sinken auf 3,35 Mio. t CO₂ im Jahr 2045. Das entspricht einer Minderung von etwa 28 % gegenüber dem Basisjahr. Aufgrund des hohen Anteils der Scope 3-Emissionen sind es auch die Minderungen in diesem Bereich, die am sichtbarsten zur Gesamt-minderung beitragen (vgl. Abbildung 36).

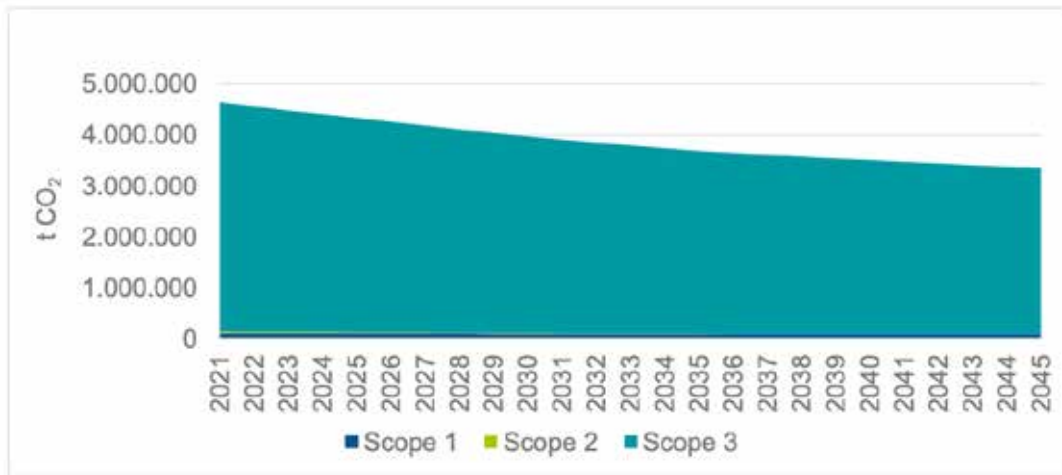


Abbildung 36: Entwicklung der Emissionen nach Scopes Reduktionspfad

Ein detaillierterer Blick auf die Scope 1- und 2-Emissionen der Branche zeigt die Auswirkungen der expliziten Beschaffung von Grünstrom. Ab dem Jahr 2040 verursacht der Strombezug keine Emissionen mehr und auch in den Vorjahren kommt es bereits zu einem deutlich schnelleren Absinken gegenüber dem Referenzpfad. Die Scope 1-Emissionen sinken dagegen auch in dieser Betrachtung kaum.

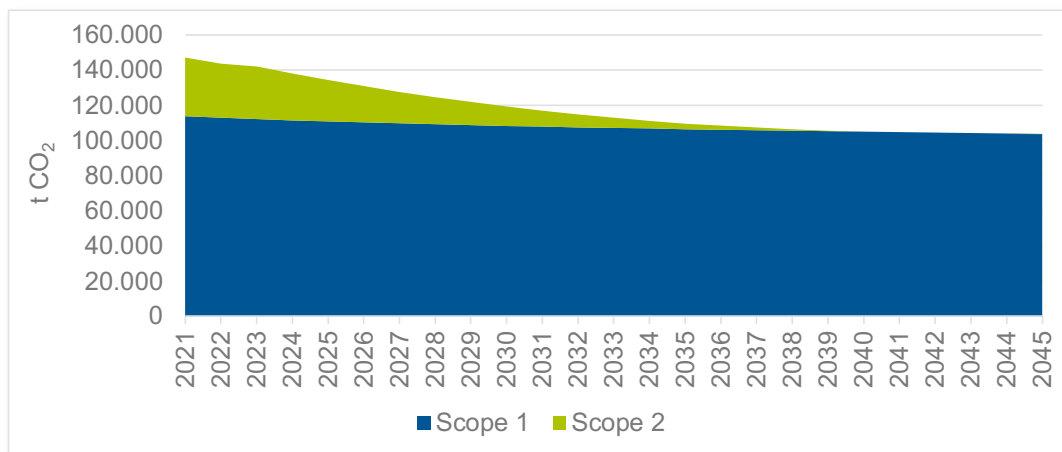


Abbildung 37: Entwicklung der Scope 1- und 2-Emissionen im Reduktionspfad.

6.4 Entwicklung der energiebezogenen Kosten

Auch im Reduktionspfad führen die steigenden CO₂-Preise trotz der erzielten Minderungen zu deutlichen Kostensteigerungen. Die zusätzlichen Kosten für den Bezug von Grünstrom fallen im Vergleich dazu nicht ins Gewicht. Insgesamt steigen die betrachteten Kosten auf 566 Mio. € im Jahr 2045, was einem Plus von etwa 88 % entspricht. Bereits hier wird klar, dass steigende CO₂-Preise allein kein Treiber für Minderungen sind. Trotz der Emissions-einsparungen steigt der Kostendruck auf die Branche und engt damit den Spielraum für weitere Minderungsmaßnahmen ein, obwohl für diese Betrachtung keinerlei Kapital- oder Betriebskosten berücksichtigt werden, die für die getätigten Minderungen noch zusätzlich anfallen.

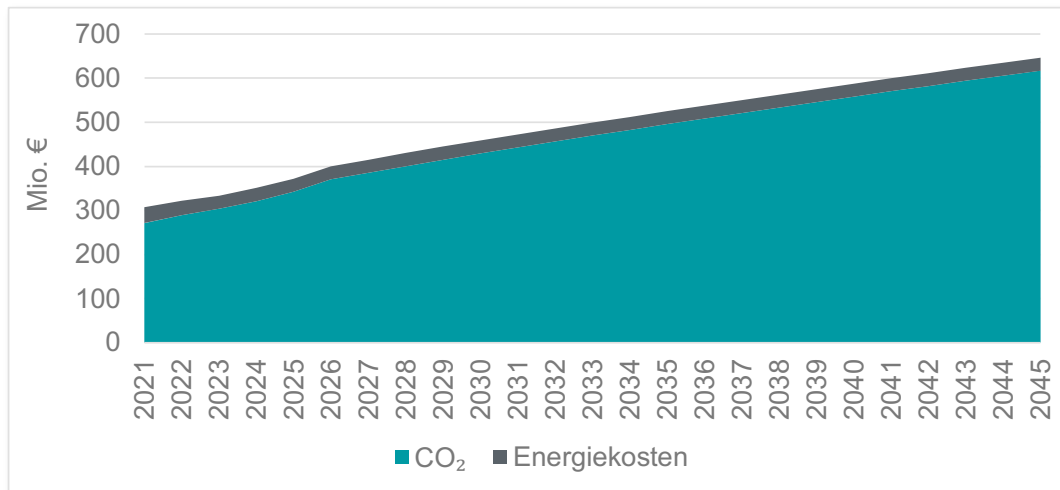


Abbildung 38: Entwicklung der betrachteten Kosten im Reduktionspfad

6.5 Wesentliche Erkenntnisse

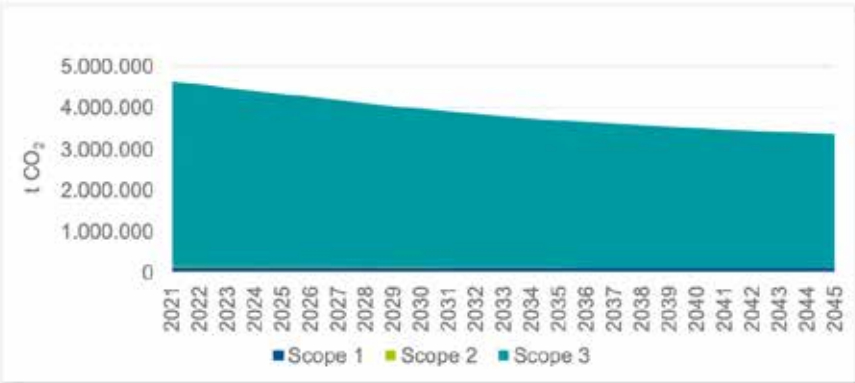
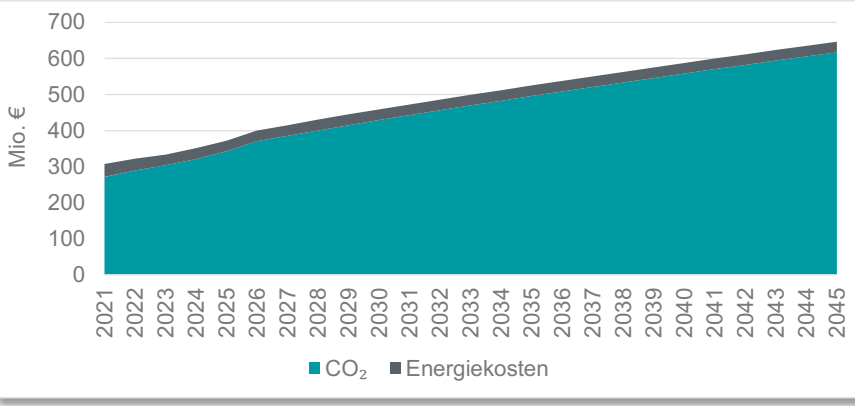
Im Reduktionspfad erfolgt bis 2045 eine Minderung der Emissionen um 24 %. Beachtlich ist, dass diese Reduktion erreicht wird, obwohl 97 % der Emissionen im Basisjahr auf den Scope 3 entfallen und damit der Einfluss der Branche auf diese Emissionen begrenzt ist. **Durch den kreativen Einsatz anderer Ressourcen und die Optimierung ihrer Produktionsprozesse kann jedoch der Einsatz emissionsintensiver Vorprodukte so weit reduziert werden, dass diese Minderung möglich ist, was in der betrieblichen Praxis nicht ohne eigene Anstrengungen der Branche geht.** Haupttreiber der Minderungen ist damit der veränderte Einsatz von Zement, Kunststoffdispersionen und Pigmenten.

Der Branche wird dabei gegenüber den Endkunden eine vermittelnde Rolle zukommen. Veränderungen im Rohstoffmix können ggf. auch Veränderungen in einschlägigen Produktnormen voraussetzen oder mit sich bringen.

Dennoch steigen die modellierten Kosten im betrachteten Zeitraum spürbar an. Dies ist auf steigende CO₂-Preise zurückzuführen, die die Einsparungen deutlich übertreffen. Zusatzkosten durch den Wechsel auf emissionsärmere Vorprodukte oder Ähnliches sind dabei noch nicht berücksichtigt. Die Industrie sieht damit erheblichen finanziellen Herausforderungen entgegen, die die angestrebte Transformation erschweren.

6.6 Steckbrief Reduktionspfad (Pfad 2)

Tabelle 18: Steckbrief Reduktionspfad

Reduktionspfad (Pfad 2)	
Beschreibung Maßnahmen	Zusätzliche Maßnahmen Pfad 2 (nicht abschließend): • Aktiver Einsatz von Grünstrom • Reduktion des Einsatzes emissionsintensiver Vorprodukte • Optimierung der Transporte
Emissionsentwicklung	
Emissionsentwicklung bis 2030: • Senkung auf 3,97 Mio. t CO₂ Emissionsentwicklung bis 2045: • Senkung auf 3,35 Mio. t CO₂ • Zusätzlich 0,52 Mio. t CO₂ Minderungen ggü. Referenzpfad • 8,00 Mio. t CO₂ kumulierte Einsparungen ggü. Referenzpfad	
Wesentliche Einflussfaktoren auf Emissionsentwicklung: • Aktiver Einsatz von Grünstrom • Reduktion des Einsatzes von Zement, Kunststoffdispersionen und Pigmenten • Wechsel von CEM I auf CEM II	
Kostenentwicklung	
Entwicklung betrachteter Kosten: • mittlere Kosten Ø 2021–2045: 450 Mio. €/a • Kosten Zieljahr 2045: 566 Mio. €/a	
Wesentliche Einflussfaktoren auf Kostenentwicklung: • steigende CO₂-Kosten infolge der Preisentwicklung	
Wesentliche Hemmnisse: • Mangelnde Verfügbarkeit emissionsarmer Vorprodukte zu wettbewerbsfähigen Preisen • volatile Rahmenbedingungen • rapider und nachhaltiger Kostenanstieg	

7 Klimaneutralitätspfad (Pfad 3)

Der Klimaneutralitätspfad zeigt einen möglichen Transformationspfad der Branche zur vollständigen Reduktion ihrer Emissionen auf. Dafür werden alle internen Energieeinsätze auf regenerative Varianten umgestellt. Darüber hinaus werden Annahmen getroffen, die weitere eigene Anstrengungen und die in den relevanten Industrien der Vorprodukte widerspiegeln.

7.1 Maßnahmen

Auch hier gilt, dass bereits beschriebene Minderungen aus den Pfaden 1 und 2 einbezogen werden. Darauf aufbauend werden zusätzliche Minderungen vorangetrieben, um eine klimaneutrale VDPM-Branche zu erreichen. Über alle Werke hinweg wird der Einsatz von Grünstrom im Vergleich zu Pfad 2 noch weiter forciert und ermöglicht so frühere Einsparungen. Darüber hinaus werden Transporte und Streckenmanagement weiter optimiert, sodass hierüber die Transporte um 15 % reduziert werden können. Der Diesel gestützte Transport wird zudem ab 2027 nach und nach elektrifiziert.

Für die einzelnen Werke werden die zusätzlichen Minderungen gesondert betrachtet.

Trockenmörtel

Innerhalb der Trockenmörtelwerke ist die Sandtrocknung der relevante Emissionstreiber, da diese bisher nahezu ausschließlich auf fossilen Energien beruht. Hier erfolgt ab dem Jahr 2028 eine Substitution durch klimaneutral erzeugtes Synthesegas. Synthesegas hat gegenüber Wasserstoff an dieser Stelle den Vorteil, dass oftmals bereits bestehende Strukturen (Erdgas) und Sicherheitskonzepte genutzt werden können. Grundsätzlich ist der Einsatz von Wasserstoff aber ebenfalls denkbar. Mit dem Energieträgerwechsel der Sandtrocknung werden die fossilen Energieträger zur Wärmeenerzeugung ebenfalls ersetzt. Ab 2024 wird zusätzlich der Werksverkehr zunehmend elektrifiziert, sodass die Scope 1-Emissionen der Anlage vollständig eliminiert werden können. In Anlehnung an die Roadmap Zement²¹ werden die verbleibenden Emissionen der Zementherstellung mit Beginn in den 2030ern durch CCU/CCS vollständig gemindert. Ähnliches gilt für die Emissionen des Kalkhydrats²². Gips folgt etwas später. Die Emissionen der übrigen Vorprodukte werden nicht gesondert betrachtet, sondern folgend der Reduktion der modellierten Emissionen. Letzteres Vorgehen gilt analog für die übrigen Referenzanlagen.

Nassproduktion

Innerhalb der Werke sorgt nur der Einsatz von Erdgas zur Wärmeproduktion für direkte Emissionen. Diese wird ab Ende des laufenden Jahrzehnts kontinuierlich auf Wärmepumpen umgestellt. Die Vorkettenemissionen in diesen Werken werden von chemischen Produkten dominiert. Die Roadmap Chemie²³ liefert Anhaltspunkte, wie die Emissionen der Vorprodukte über den zeitlichen Verlauf sinken können. In der Roadmap des VCI wurde allerdings noch ein Zeithorizont bis 2050 betrachtet. Daher wird aufbauend auf diesen Ergebnissen die dortige Entwicklung auf den Zeithorizont bis 2045 übertragen und auf die chemischen Vorprodukte angewendet. Der Verlauf ist in Abbildung 39 dargestellt. Nach einem starken Rückgang bis 2030 erfolgt ein deutlich langsames Absinken bis 2037. Ab dann erfolgt ein außerordentlich starker Rückgang bis 2045.

²¹ VDZ: Dekarbonisierung von Zement und Beton – Minderungspfade und Handlungsstrategien

²² BVK: Roadmap Kalkindustrie 2050

²³ DECHEMA und FutureCamp für VCI: Roadmap Chemie 2050

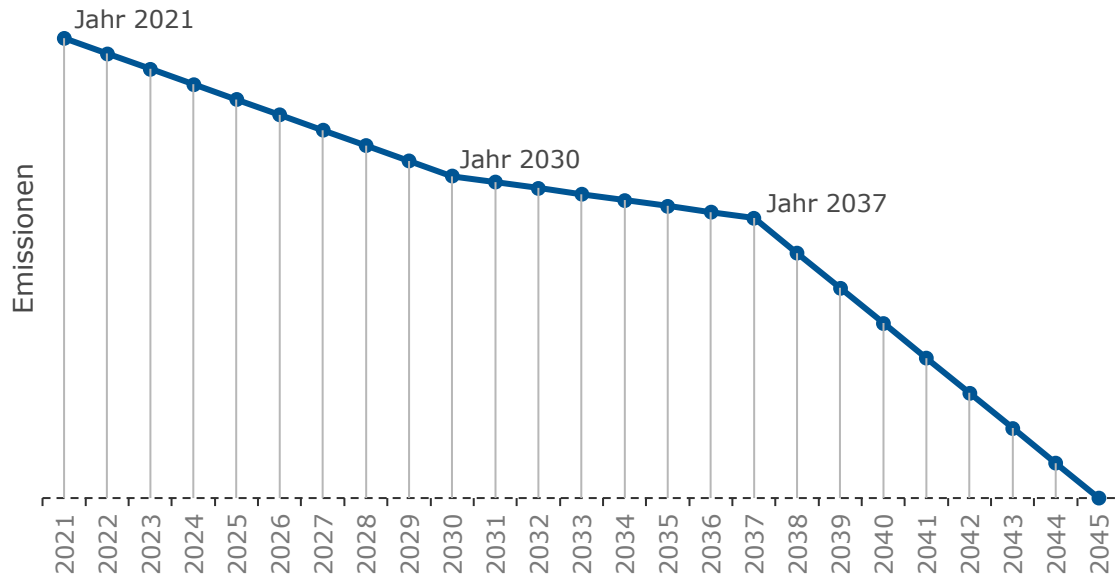


Abbildung 39: Angenommener Verlauf Emissionsminderungen chemische Vorprodukte in Anlehnung an die Roadmap der Chemieindustrie von 2019

Frishmörtel

Die Maßnahmen zur Vermeidung der direkten Emissionen in den Frishmörtelwerken überschneiden sich mit den anderen Werken. Die Wärmeversorgung wird analog zur Nassproduktion auf Wärmepumpen umgestellt, während der Werksverkehr wie im Bereich Trockenmörtel zunehmend elektrifiziert wird. Der Scope 3 ist hier, ebenfalls analog zum Trockenmörtel, entscheidend durch das Thema CCU/CCS für Zement beeinflusst. Anhydrit folgt hier genauso.

WDVS

Die Entwicklung der Emissionen im Bereich WDVS wird entscheidend von den bereits erläuterten Entwicklungen für Trockenmörtel und Nassproduktion beeinflusst, da deren Produkte in diesem Bereich verarbeitet werden. Darüber hinaus wird der Emissionsfaktor für EPS analog der beschriebenen Entwicklung für chemische Vorprodukte der Nassproduktion behandelt. Für Steinwolle als weiteres emissionsrelevantes Vorprodukt wird erst ab 2040 mit einer starken Minderung der Emissionen durch CCU/CCS ausgegangen.

7.2 Entwicklung des Energieeinsatzes

Mit Blick auf die eingesetzten Energieträger in Abbildung 40 fällt deutlich die Bedeutung des Einsatzes von Synthesegas in den Trockenmörtelwerken auf. Ab Mitte der 2030er entwickelt sich dieses zum bedeutendsten Energieträger der Branche, während Erdgas und Heizöl immer weiter zurückgedrängt werden. 2045 stellt Synthesegas mit gut 473 GWh den weitaus größten Anteil der insgesamt eingesetzten 573 GWh. Die übrigen 99 GWh entfallen auf Strom. Der Stromverbrauch ist über den gesamten Zeitraum von etwa 84 GWh auf den genannten Wert moderat angestiegen, da zunehmende Elektrifizierung in den Werken den Effizienzgewinnen entgegenwirken. Dadurch gelingt es aber die fossilen Energieträger vollständig zu substituieren. Die zusätzlichen Einsparungen im Gesamtenergieeinsatz gegenüber den Pfaden 1 und 2 sind vor allem auf den Einsatz von Wärmepumpen zurückzuführen.

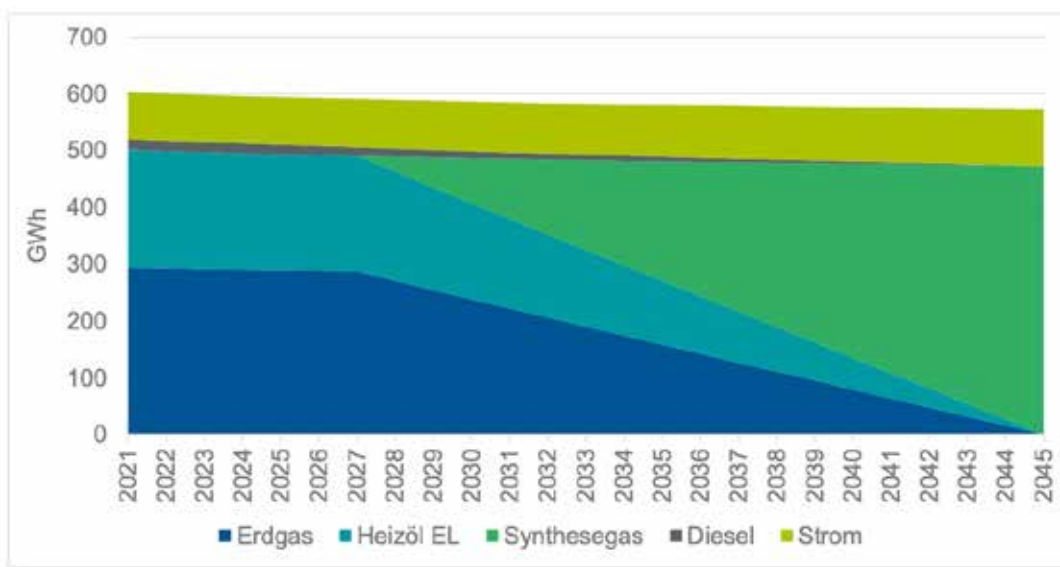


Abbildung 40: Entwicklung des Energieeinsatzes im Klimaneutralitätspfad

7.3 Entwicklung der CO₂-Emissionen

Die massiven Anstrengungen zur Emissionsminderung im Klimaneutralitätspfad schlagen sich in deutlichen Reduktionen über den Zeitverlauf nieder. In der Gesamtbetrachtung dominieren weiterhin die Scope 3-Emissionen. Unter den getroffenen Annahmen werden diese bis 2045 aber vollständig reduziert. Gleiches gilt für die Scope 1- und 2- Emissionen. Bereits bis 2030 werden 30 % der Emissionen eingespart. Durch die massiven Einsparungen in der Vorkette hin zum Ende des Betrachtungszeitraums erfolgt dort ein besonders schneller Rückgang der Emissionen.

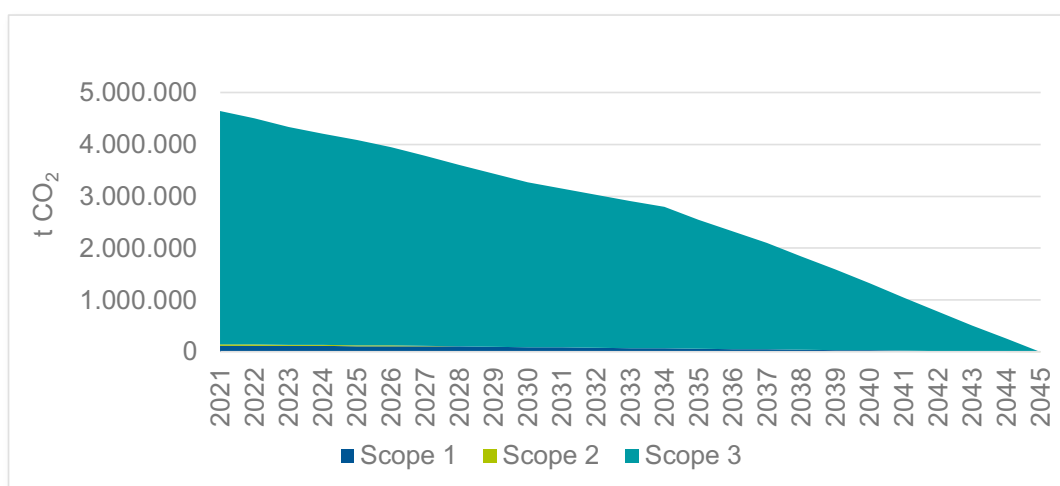


Abbildung 41: Entwicklung der Emissionen nach Scopes Klimaneutralitätspfad

Einen genaueren Blick auf die eigenen Emissionen der Branche erlaubt Abbildung 42. Deutlich erkennbar sinken die Scope 2-Emissionen bis 2030 durch den forcierten Einsatz von Grünstrom ab. Die Umstellung auf Synthesegas und die Elektrifizierung der übrigen fossilen Prozesse in den Werken führt darüber hinaus zu einer kontinuierlichen Minderung der Scope 1-Emissionen. Mit noch knapp 90.000 t CO₂ im Jahr 2030 schafft die Branche es, ihre kombinierten Scope 1- und 2-Emissionen bis dahin bereits um knapp 40 % abzusinken.

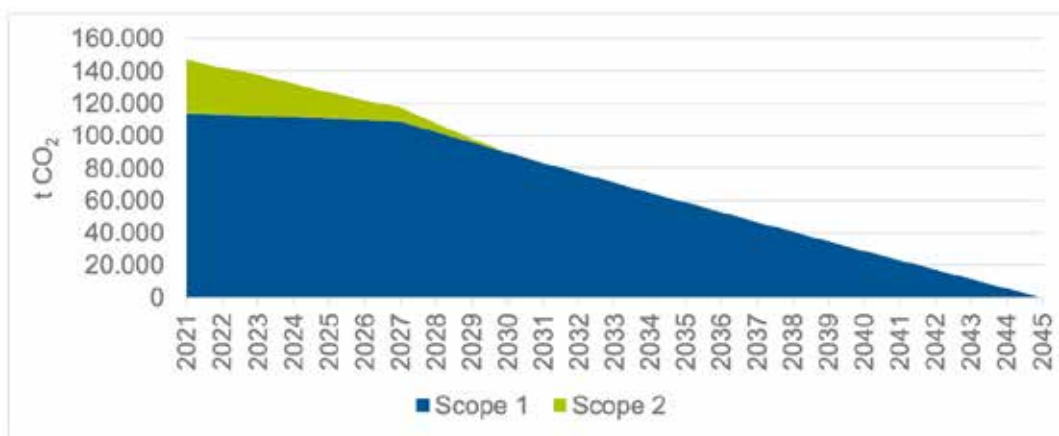


Abbildung 42: Entwicklung der Scope 1- & 2-Emissionen im Klimaneutralitätspfad

7.4 Entwicklung der betrachteten Kosten

Die CO₂-Kosten steigen auch im Klimaneutralitätspfad zu Beginn noch deutlich an, ehe sie sich für eine Weile auf hohem Niveau stabilisieren. Hier gleichen sich Minderungen und Preisanstieg etwas aus. Erst ab 2035 erfolgt ein Rückgang der CO₂-Kosten bis diese schließlich gegen null gehen.

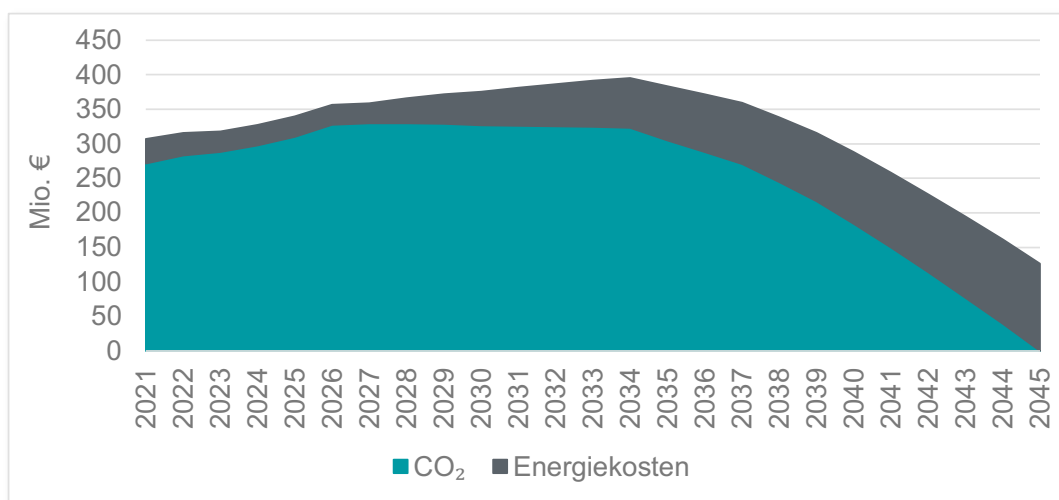


Abbildung 43: Entwicklung der betrachteten Kosten im Klimaneutralitätspfad

Dagegen steigen die Energiekosten, besonders getrieben durch den Wechsel auf teures grünes Synthesegas, im Zeitverlauf deutlich an. Die Kosten für interne Energieträger steigen im Betrachtungszeitraum auf über das 3,5fache der ursprünglichen Kosten an. Bei höheren Kosten für fossile Energieträger stellt sich das jedoch anders dar. Hierzu wird im nächsten Unterkapitel eine Sensitivitätsbetrachtung vorgenommen.

7.5 Betrachtung der Kostenentwicklung bei höheren Preisen fossiler Energieträger

Der Blick auf die Preisentwicklungen des Jahres 2022 zeigt, dass die günstige Verfügbarkeit fossiler Energieträger nicht gesichert ist. Die in der Studie grundsätzlich hinterlegten Preise beruhen auf Entwicklungen vor dem Jahr 2022. Hier ist es zu deutlichen Anstiegen für diese Energieträger, insbesondere Erdgas, gekommen. Daher wird hier beleuchtet, wie sich die Kosten im Betrachtungszeitraum bei deutlich höheren Preisen für fossile Energieträger entwickeln. Dabei wird weiterhin der Pfad 3 betrachtet. Die Preise für Erdgas werden auf 200 €/MWh und Heizöl EL auf 150 €/MWh erhöht. Derartige Preise wurden 2022 erreicht. Abbildung 44 zeigt die Entwicklung der Sensitivitätsbetrachtung im Vergleich mit der ursprünglichen Pfad 3-Entwicklung. Bereits im Ausgangsniveau liegen die Kosten nun bei über 100 Mio. € im Vergleich zu knapp 40 Mio. € der bisherigen Betrachtung. Die Kosten im Jahr 2045 liegen in beiden Fällen bei knapp 127 Mio. €. Während das für den ursprünglichen Fall einer Steigerung etwa um den Faktor 3,5 entspricht, steigen die Kosten für den Einsatz klimaneutraler Energieträger in der zweiten Betrachtung noch etwa um den Faktor 1,2. Natürlich stellen die deutlich höheren Energiekosten dennoch eine merkbare Belastung für die Branche dar. Aber klimaneutrale Alternativen gewinnen im Vergleich zu den fossilen Energieträgern deutlich an Wettbewerbsfähigkeit.

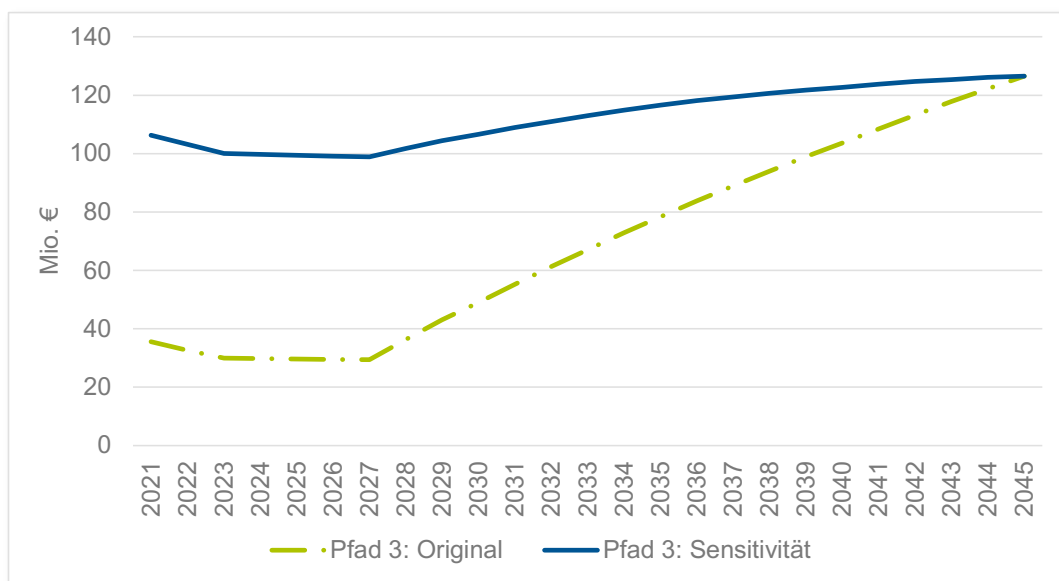


Abbildung 44: Kostenentwicklung für Energieträger bei höheren Preisen für Erdgas und Heizöl

Unter Berücksichtigung der Emissionskosten für den direkten Energieträgereinsatz (vgl. Abbildung 45) wird die Differenz zwischen Ausgangsbasis und Zielwert noch geringer. Der Anstieg liegt dann noch etwa bei 15 %, da der Basiswert bereits bei knapp 111 Mio. € liegt. Durch die steigenden Preise für Emissionszertifikate liegen fossile Energieträger und das klimaneutrale Synthesegas bereits ab 2035 auf ähnlichem Niveau hinsichtlich der verursachten Kosten. Der Höhepunkt wird kostentechnisch bereits 2042 erreicht. Die zusätzliche Umstellung auf Synthesegas in den Folgejahren führt unter den geänderten Voraussetzungen hier zu Einsparungen. Dies bedeutet, dass unter den getroffenen Annahmen zu höheren Preisen für fossile Energieträger ein Vorziehen des Einsatzes von regenerativ erzeugtem Synthesegas wirtschaftlich wäre.

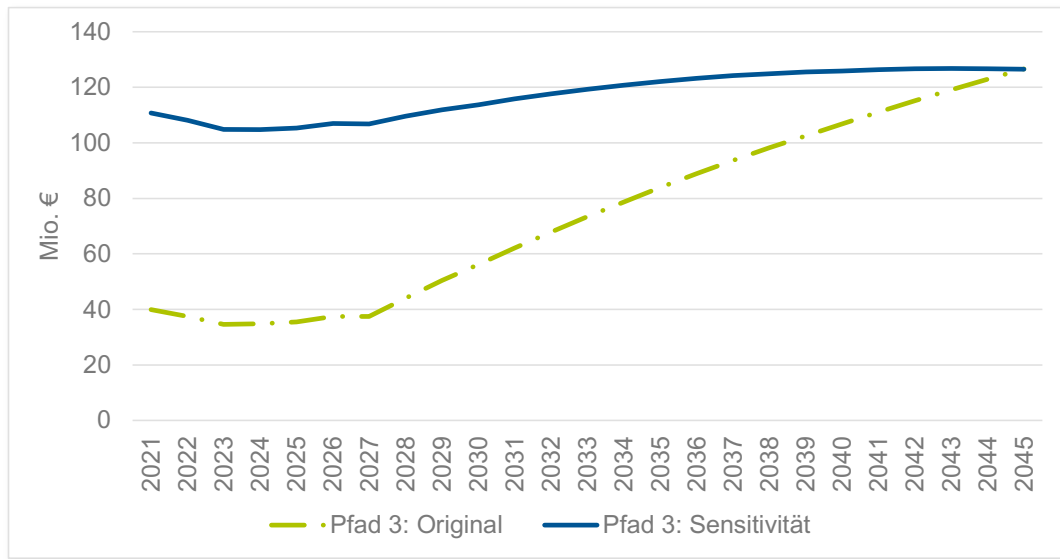


Abbildung 45: Kostenentwicklung für Energieträger und Emissionen aus Scope 1 und 2 unter Berücksichtigung höherer Preise Erdgas und Heizöl

7.6 Wesentliche Erkenntnisse

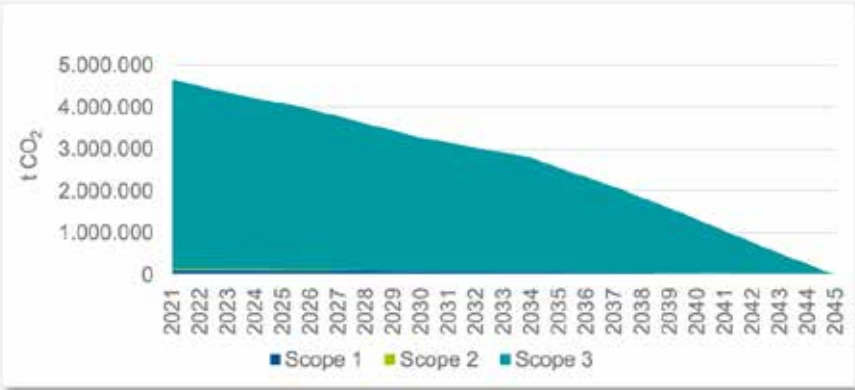
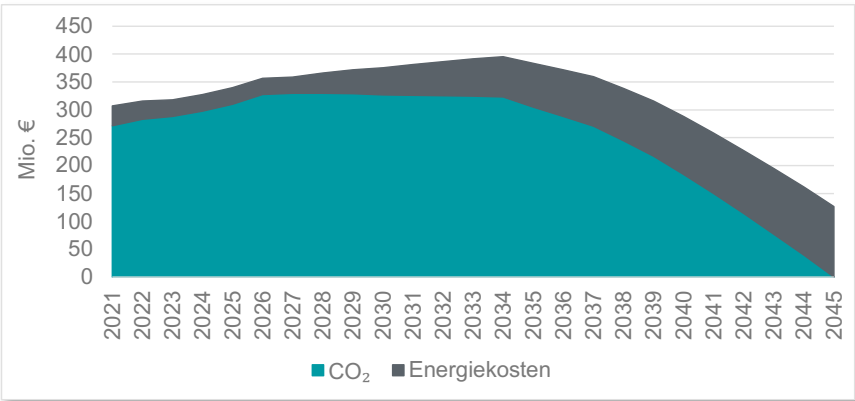
Unter den entsprechenden Voraussetzungen kann die deutsche Dämmsystem-, Putz- und Mörtelindustrie bis 2045 klimaneutral werden. Dafür müssen konsequent die fossilen Energieverbräuche in den Werken durch regenerative Alternativen ersetzt werden. Eine Voraussetzung ist die Verfügbarkeit entsprechender Energieträger und der dazugehörigen Infrastruktur, hier insbesondere grüner Strom und grünes Synthesegas für die Trocknungsprozesse.

Daneben sind es vor allem emissionsintensive Vorprodukte, die ersetzt oder mit geringeren Emissionen produziert werden müssen, damit die Branche den Weg zur Klimaneutralität erfolgreich beschreiten kann. Die relevantesten Industrien der Vorkette arbeiten an ihren Transformationen, sodass diese Minderungen möglich erscheinen, wenn die dort angenommenen neuen Technologien verfügbar sind. Den Unternehmen der Dämmsystem-, Putz- und Mörtelindustrie wird hierbei eine wichtige vermittelnde Rolle zukommen – letztlich sind sie es, die den Endkunden klimafreundlichere Produkte liefern und dies ggf. auch dann, wenn solche Produkte teurer sein sollten als die emissionsintensiveren heutigen Materialien. Darüber hinaus ist absehbar, dass der Einsatz klimaneutraler Ausgangsstoffe auch Veränderungen bei Produktnormen und -anwendungen mit sich bringt – auch hier ist die Branche im Dialog mit Normgebern und Produkthanwendern gefordert. **Dies könnte politisch gestützt und flankiert werden.**

Den hohen Energiekosten – hier insbesondere durch den Einsatz von Synthesegas - kann durch entsprechende politisch gesetzte Rahmenbedingungen entgegengewirkt werden. Mit Blick auf einzelne Maßnahmen wie z. B. den Einsatz von Wärmepumpen oder Elektrifizierung im Transport blieben auch auf Investitionsförderung zielende Instrumente wichtig, die auch für weniger energieintensive Branchen zugänglich sind.

7.7 Steckbrief Klimaneutralitätspfad (Pfad 3)

Tabelle 19: Steckbrief Klimaneutralitätspfad (Bezugsgröße: deutsche VDPM-Industrie)

Klimaneutralitätspfad (Pfad 3)	
Beschreibung Maßnahmen	Zusätzliche Maßnahmen zu Pfad 1 & 2 (nicht abschließend) ▪ Brennstoffwechsel auf Synthesegas in der Sandtrocknung ▪ Einsatz von Wärmepumpen ▪ Elektrifizierung Werksverkehr ▪ Einsatz emissionsfreier Vorprodukte
Emissionsentwicklung	
Emissionsentwicklung bis 2030: • Senkung auf 3,72 Mio. t CO₂ Emissionsentwicklung bis 2045: • Senkung auf 0 t CO₂ • Zusätzlich 38,95 Mio. t CO₂ kumulierte Einsparungen ggü. Referenzpfad	
Wesentliche Einflussfaktoren auf Emissionsentwicklung: ▪ Ersatz fossiler Brenn- und Kraftstoffe durch Strom und Synthesegas ▪ Einsatz von emissionsarmen bzw. emissionsfreien Vorprodukten ▪ Reduktion Emissionsfaktor Strom durch frühen Grünstrombezug	
Kostenentwicklung	
Entwicklung betrachteter Kosten: • mittlere Kosten Ø 2021–2045: 321 Mio. €/a • Kosten Zieljahr 2045: 127 Mio. €/a	
Wesentliche Einflussfaktoren auf Kostenentwicklung: ▪ Hohe Preise für Synthesegas ▪ Steigende Preise für Emissionszertifikate	
Wesentliche Hemmnisse: ▪ Verfügbarkeit klimaneutraler Energieträger ▪ Verfügbarkeit emissionsarmer Vorprodukte zu konkurrenzfähigen Preisen	

8 Gegenüberstellung der Ergebnisse

In sämtlichen Pfaden finden relevante Minderungen der Emissionen statt. Die Minderungen der Gesamtbranche setzen sich dabei aus den Minderungen der einzelnen Referenzwerke zusammen. Daher erfolgt hier auch eine Betrachtung dieser Anlagen.

8.1 Entwicklung der Branche

Abbildung 46 zeigt die Emissionsentwicklung der gesamten Branche im Betrachtungszeitraum. Ausgehend von etwa 4,6 Mio. t CO₂ reduzieren sich die Emissionen im Referenzpfad auf 3,9 Mio. t CO₂ im Jahr 2045. Der Reduktionspfad liegt anfangs nahe am Referenzpfad, hebt sich dann aber immer deutlicher ab und erreicht durch kontinuierliche Minderungen und Optimierungen bis 2045 ein Niveau von rund 3,4 Mio. t CO₂. Im Klimaneutralitätspfad sorgen massive Anstrengungen zur Emissionsminderung direkt für deutliche Unterschiede. Ab etwa 2035 werden die jährlichen Minderungen noch größer bis die Emissionen 2045 den Wert Null erreichen.

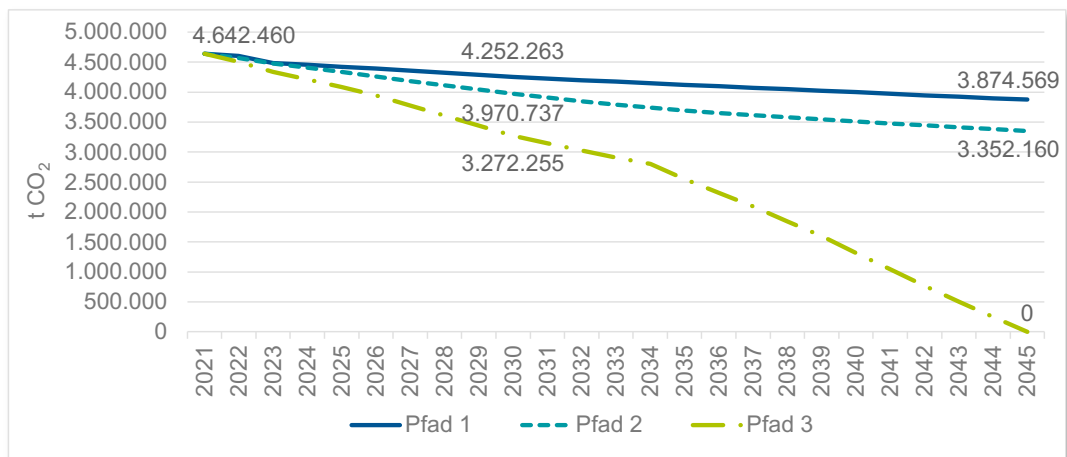


Abbildung 46: Entwicklung der CO₂-Emissionen – Gegenüberstellung der drei Pfade

Der Blick auf die Scope 1- und 2-Emissionen in Abbildung 47 liefert ein leicht anderes Bild. Zunächst fällt deutlich die geringere Gesamtmenge auf. Im Basisjahr starten die Pfade bei 147 Tsd. t CO₂. Der Referenzpfad sinkt dann bis 2045 deutlich auf noch etwa 104 Tsd. t CO₂. Im Reduktionspfad kommt man hier auf dasselbe Endergebnis. Durch den deutlich vorgezogenen Einsatz von Grünstrom spart der Reduktionspfad allerdings in den vorangegangenen Jahren erheblich Emissionen gegenüber dem Referenzpfad ein. Der Klimaneutralitätspfad liegt mit etwa 89 Tsd. t CO₂ bereits 2030 erheblich unter dem Endniveau der anderen beiden Pfade. Insbesondere durch den Einsatz von Synthesegas gelingt dann bis 2045 eine vollständige Reduktion der Emissionen.

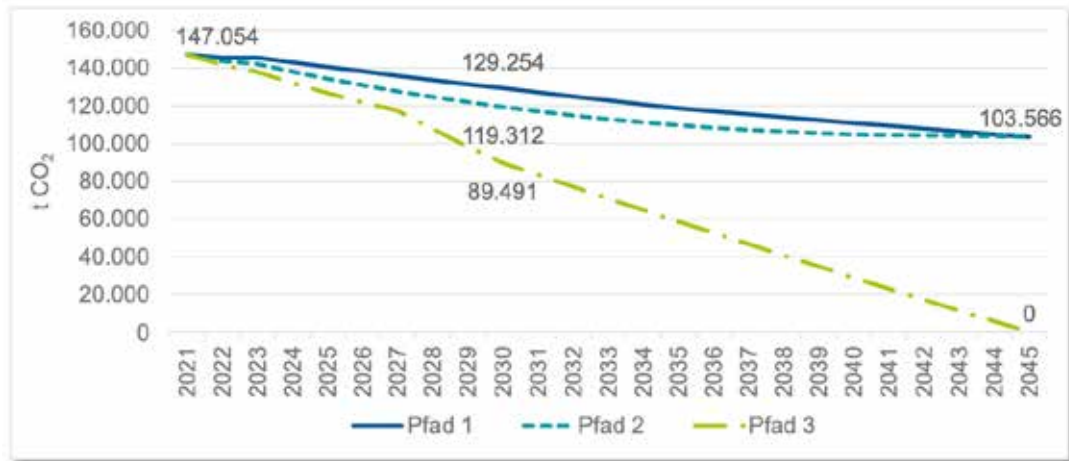


Abbildung 47: Entwicklung der CO₂-Emissionen Scope 1 & 2 – Gegenüberstellung der drei Pfade

Da die betrachteten Kosten überwiegend auf CO₂-Kosten zurückzuführen sind, hat die Einsparung dieser Kosten einen positiven Verlauf auf die Kostenentwicklung im Klimaneutralitätspfad. In den Pfaden 1 und 2 werden die Einsparungen von steigenden Preisen überkompensiert, sodass es hier zu Kostensteigerungen kommt. Insgesamt gilt es zu beachten, dass der massive Rückgang im Pfad 3 vor allem auf CO₂-Einsparungen im Scope 3 zurückzuführen ist. Nicht betrachtet ist dabei, dass die dann emissionsärmer hergestellten Vorprodukte ggf. und, wenn dem nicht entgegengewirkt wird, auch erheblich teurer werden können. Dies kann etwa auf den Einsatz von hochpreisigen regenerativen Energieträgern oder teurerer innovativer Technologien wie CCS/CCU zurückzuführen sein. Auch Kapitalkosten für Investitionen zur Erzielung dieser Minderungen sind nicht berücksichtigt.

Insgesamt ist daher davon auszugehen, dass der Klimaneutralitätspfad nicht mit geringeren Kosten für die Branche einhergeht.

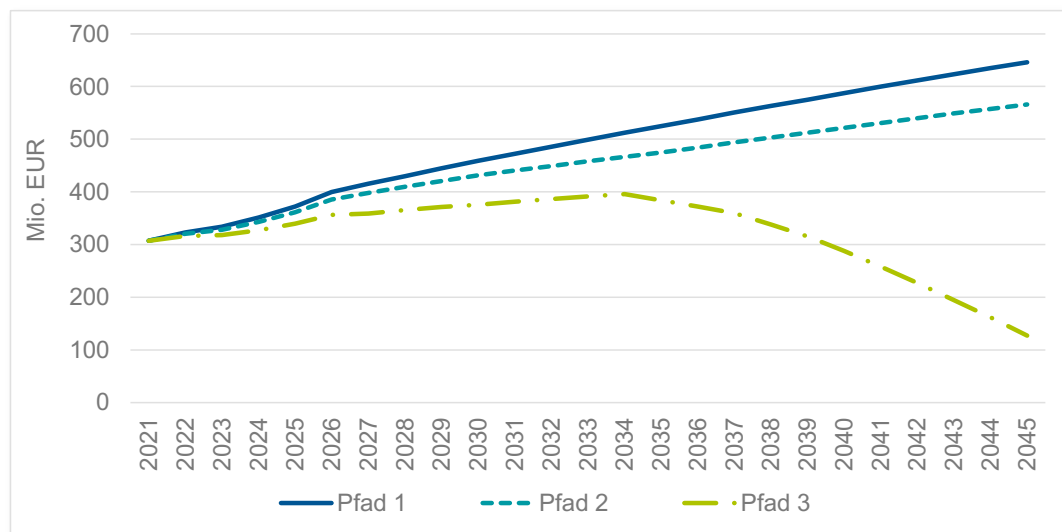


Abbildung 48: Entwicklung betrachteter Kosten – Gegenüberstellung der drei Pfade

Dass auch der Klimaneutralitätspfad insgesamt mit deutlich steigenden Kosten einhergehen kann, wird auch beim Blick auf Abbildung 49 deutlich. Hier sind ausschließlich die Kosten für Energieträger und Scope 1- und 2-Emissionen berücksichtigt. Obwohl die CO₂-Kosten damit 2045 im Klimaneutralitätspfad bei null liegen, findet eine Verdreifachung der Kosten statt. Dies liegt vor allem an den hohen Kosten für Synthesegas, das die starke Minderung so erst möglich macht. Kosten für die Umrüstung sind dabei noch nicht einmal berücksichtigt.

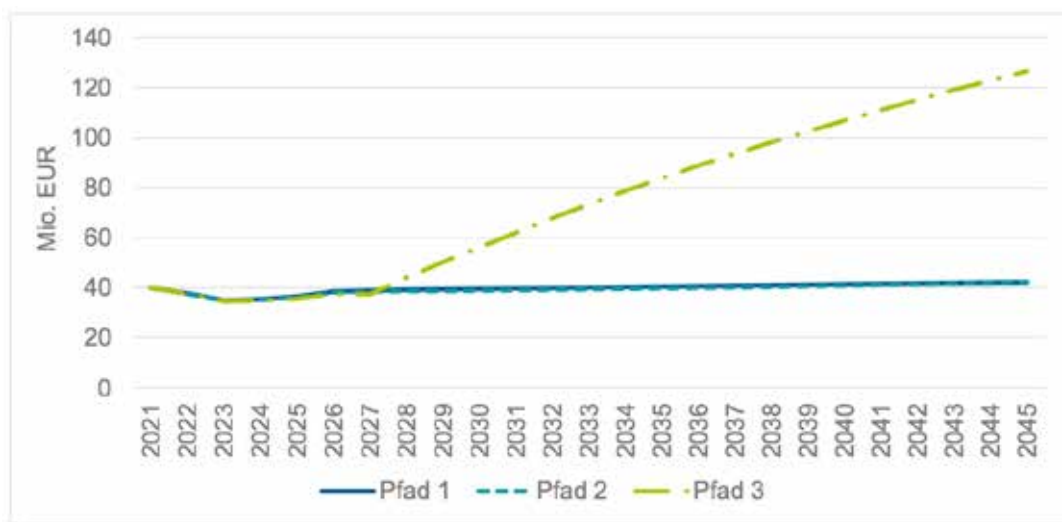


Abbildung 49: Entwicklung Energie- und CO₂-Kosten Scope 1 & 2 – Gegenüberstellung der drei Pfade

8.2 Entwicklung Trockenmörtel

Wesentlicher Treiber für die Abhebung der Pfade 2 und 3 vom Referenzpfad sind die eingesetzten Vorprodukte, insbesondere Zement. Durch die Umstellung auf CEM II und den insgesamt verminderten Einsatz gelingt bereits im Pfad 2 eine deutliche zusätzliche Reduktion. Der Einsatz von CCU/CCS in der Vorkette ermöglicht dann die Klimaneutralität in Pfad 3.

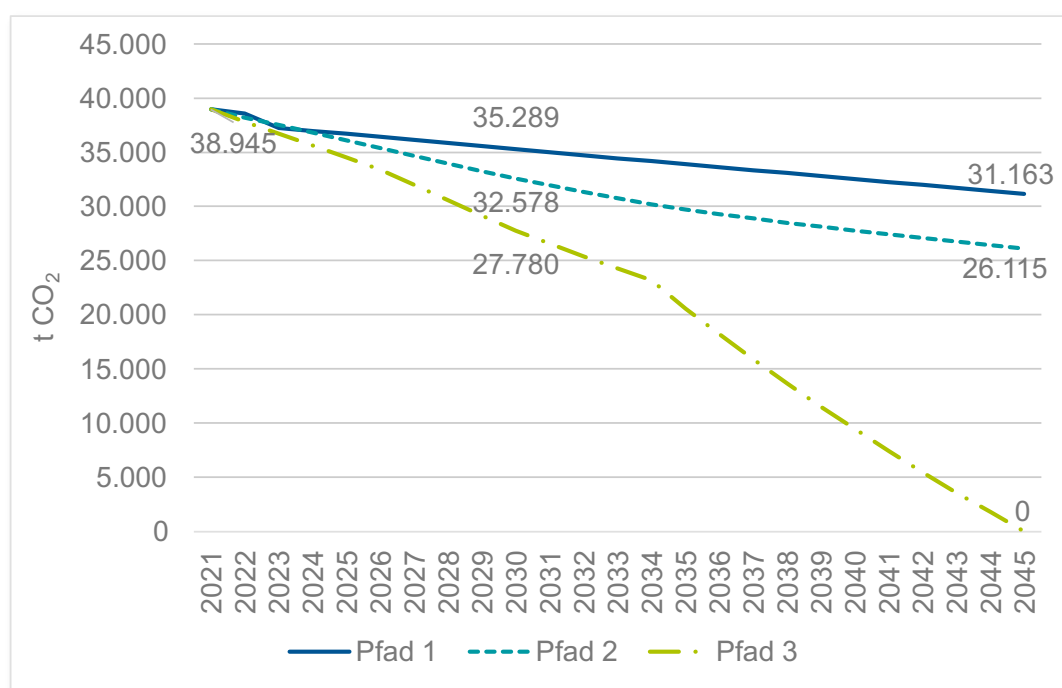


Abbildung 50: Entwicklung der CO₂-Emissionen Trockenmörtel – Gegenüberstellung der drei Pfade

Direkt im Einflussbereich der Branche liegen die Scope 1- und 2-Emissionen der Werke. In Abbildung 51

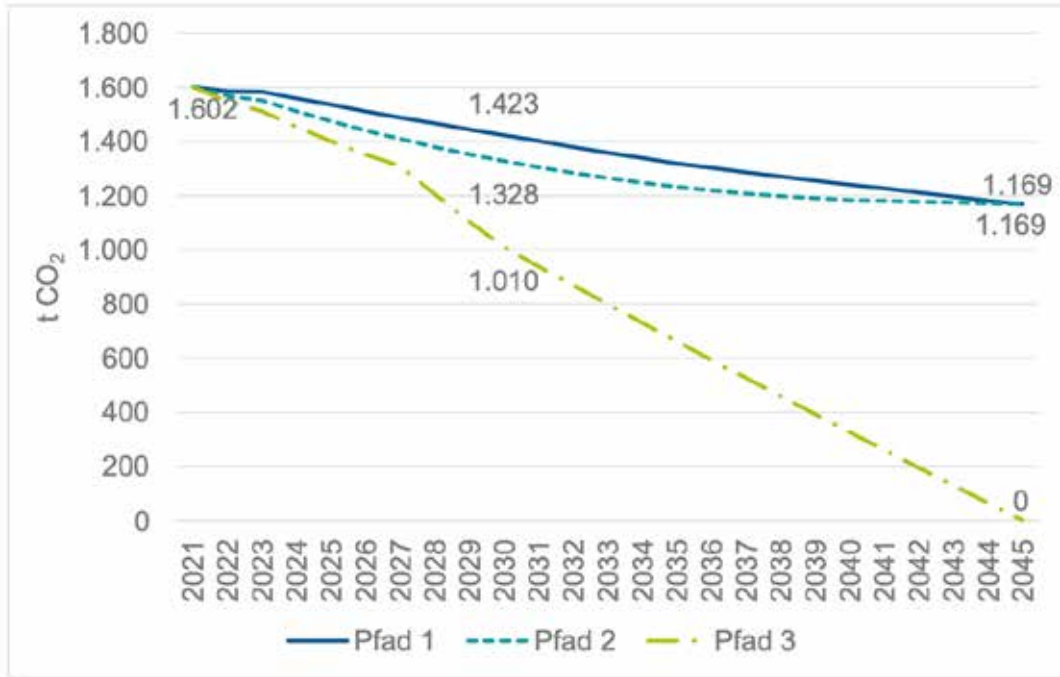


Abbildung 51 ist dargelegt, wie bereits im Referenzpfad die Emissionen im Trockenmörtelwerk sinken. Haupttreiber dafür sind zunehmende Anteile regenerativer Energien im Strommix sowie Effizienzsteigerungen in den Anlagen. Im Reduktionspfad werden keine zusätzlichen energetischen Einsparungen gegenüber dem Referenzpfad erzielt. 2045 sind die Emissionen identisch. Aber der bewusste Einsatz von Grünstrom spart über die Vorjahre erhebliche Mengen CO₂ ein.

Im Klimaneutralitätspfad dagegen ergibt sich ein völlig anderes Bild. Durch den Einsatz von grünem Synthesegas zur Sandtrocknung und die Elektrifizierung des Werksverkehrs werden sämtliche fossilen Energieträger in den Werken substituiert. Damit sinken die direkten Emissionen rapide ab.

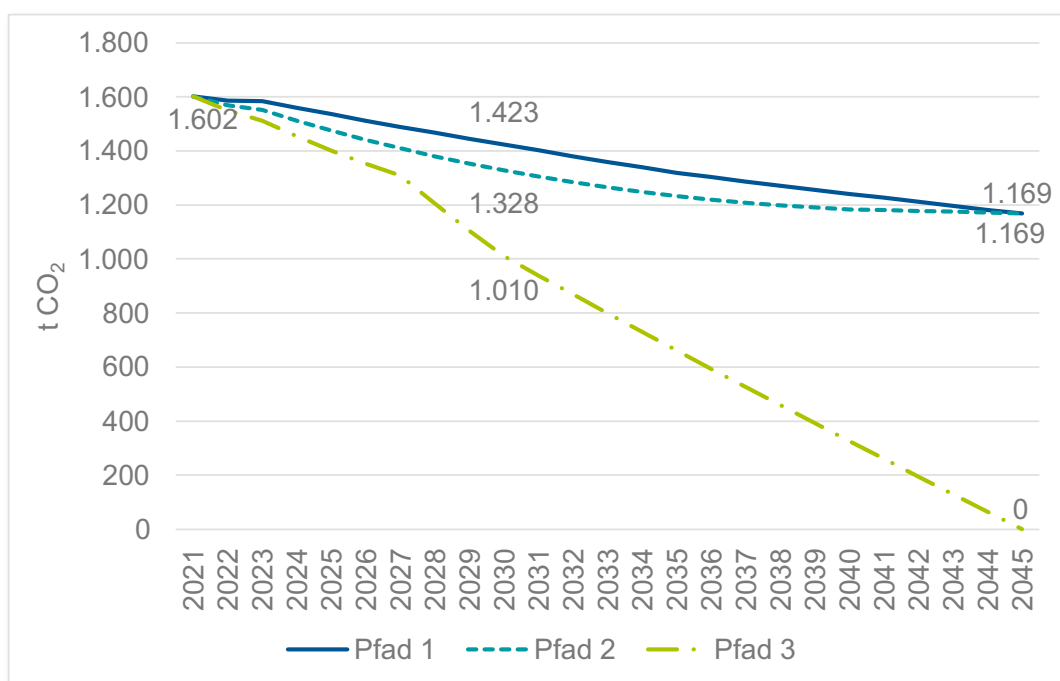


Abbildung 51: Entwicklung der CO₂-Emissionen Scope 1 & 2 Trockenmörtel – Gegenüberstellung der drei Pfade

Dies geht allerdings mit massiven Steigerungen der Energiekosten einher (siehe Abbildung 52). Diese steigen von 0,38 Mio. € im Jahr 2021 auf 1,45 Mio. € im Jahr 2045.

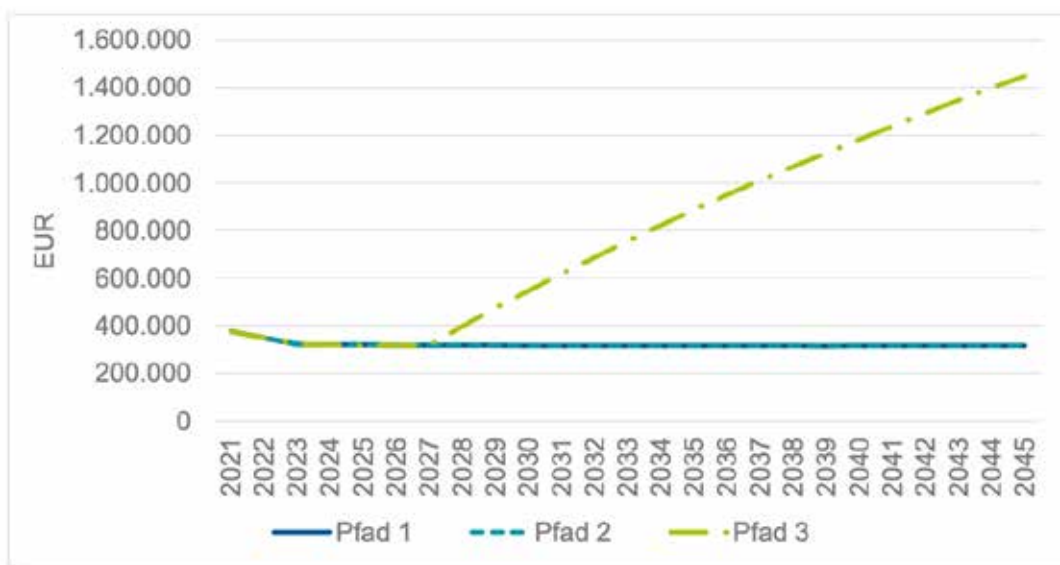


Abbildung 52: Entwicklung der Energiekosten Trockenmörtel – Gegenüberstellung der drei Pfade

8.3 Entwicklung Nassproduktion

In den Nassproduktionswerken macht sich im Vergleich zwischen dem Reduktions- und dem Referenzpfad vor allem der optimierte Einsatz emissionsintensiver Vorprodukte bemerkbar. Durch die aktive Reduktion des Einsatzes derartiger Stoffe, vor allem Dispersionen und Pigmente, kann der Zielwert gegenüber dem Referenzwert um etwa 10 Tsd. t CO₂ abgesenkt werden.

Im Klimaneutralitätspfad kommen dann die Auswirkungen von Umstellungen in der Vorkette voll zum Tragen. Durch massive Reduktionen insbesondere in der Chemieindustrie sinken hier die Scope 3-Emissionen als wichtigster Bestandteil der Gesamtemissionen auf null ab.

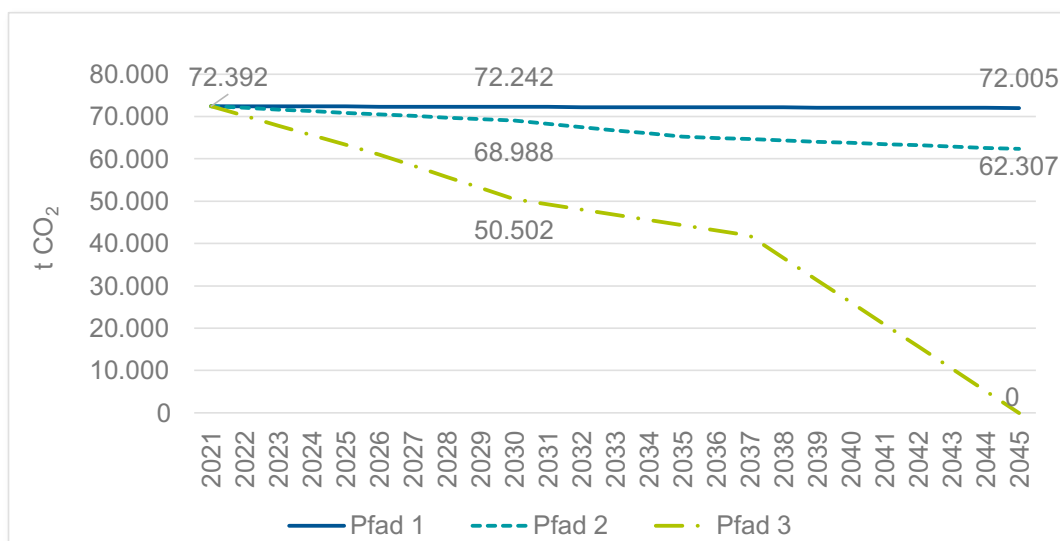


Abbildung 53: Entwicklung der CO₂-Emissionen Nassproduktion – Gegenüberstellung der drei Pfade

Der detaillierte Blick in die Scope 1- und 2- Emissionen in Abbildung 54 liefert, wie aus vorangegangenen Darstellungen bekannt, das gleiche Endergebnis für die Pfade 1 und 2. Doch auch hier spart der Reduktionspfad über den zeitlichen Verlauf eine bedeutende Menge an CO₂ gegenüber dem Referenzpfad ein, da bereits deutlich früher grüner Strom eingesetzt wird. Bei beiden Pfaden gelingt damit eine Reduktion um mehr als drei Viertel der ursprünglichen Emissionen, da der Einsatz von Strom in den Werken den Einsatz fossiler Energieträger deutlich übersteigt. Diese werden dann im Klimaneutralitätspfad durch zusätzliche Elektrifizierung substituiert, wodurch schließlich sämtliche Emissionen eingespart werden.

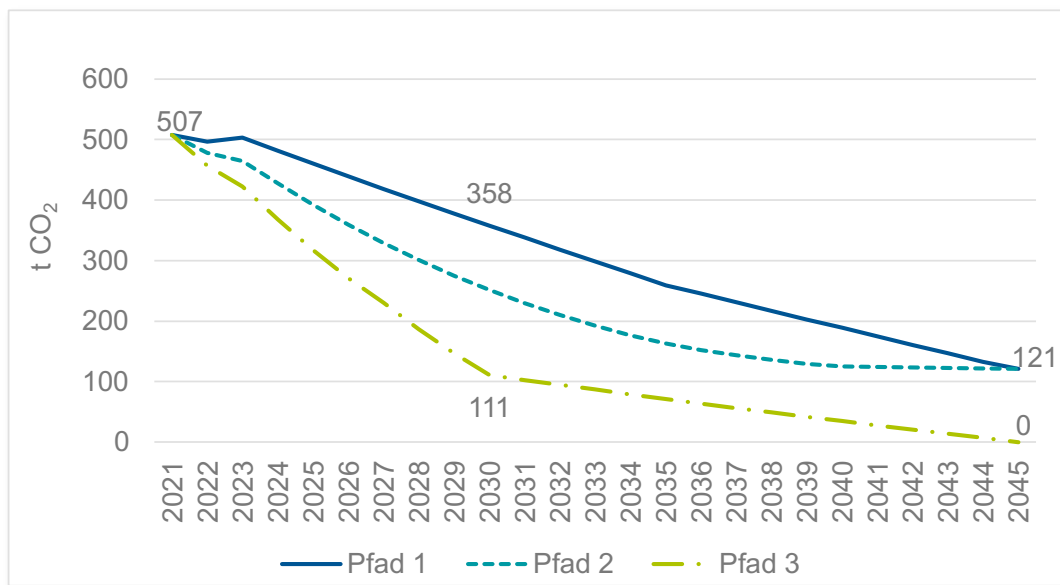


Abbildung 54: Entwicklung der CO₂-Emissionen Scope 1 und 2 Nassproduktion – Gegenüberstellung der drei Pfade

8.4 Entwicklung Frischmörtel

Der Bereich Frischmörtel verzeichnet bereits im Referenzpfad erhebliche Minderungen gegenüber dem Basisjahr auf etwa 73 % des Ausgangsniveaus. Hier macht sich insbesondere der Wechsel im verwendeten Produktmix bei Anhydrit bemerkbar. Im Pfad 2 werden durch reduzierte Einsatzmengen von Zement und Anhydrit und weitere Emissionsreduktionen in der Bereitstellung des Zements zusätzliche Einsparungen erzielt. Auch die Optimierung der Transportstrecken macht sich hier bereits deutlich bemerkbar. Diese wird in Pfad 3 noch weiter forciert und zusätzlich der Transport elektrifiziert, wodurch die Emissionen aus diesem Bereich getilgt werden. Zudem werden zunehmend emissionsneutrale Vorprodukte bezogen.

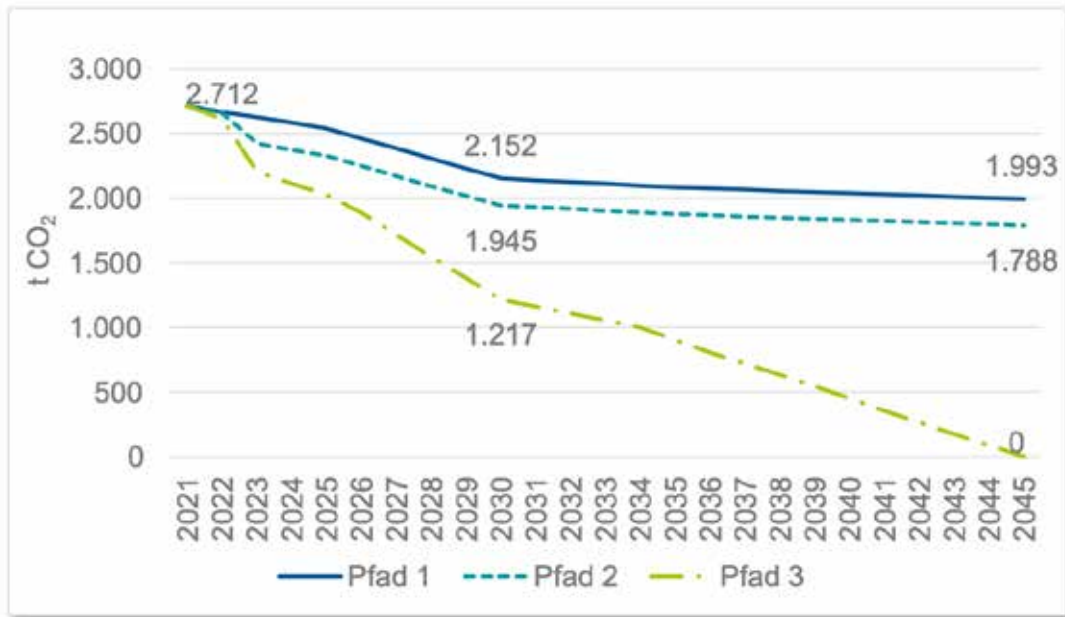


Abbildung 55: Entwicklung der CO₂-Emissionen Frischmörtel – Gegenüberstellung der drei Pfade

Die Scope 1- und 2-Emissionen der Frischmörtelwerke sind mit weniger als 50 t CO₂ im Ausgangsniveau überschaubar. Dennoch ist es wichtig auch diese zu mindern. Ein relevanter Anteil entfällt auf den Stromeinsatz und wird bereits in den Pfaden 1 und 2 reduziert. Die übrigen Emissionen werden durch Heizöl für die Wärmebereitstellung und Diesel im Werksverkehr verursacht. Im Klimaneutralitätspfad sorgt die vollständige Elektrifizierung der Anlagen für die Reduktion dieser Emissionen.

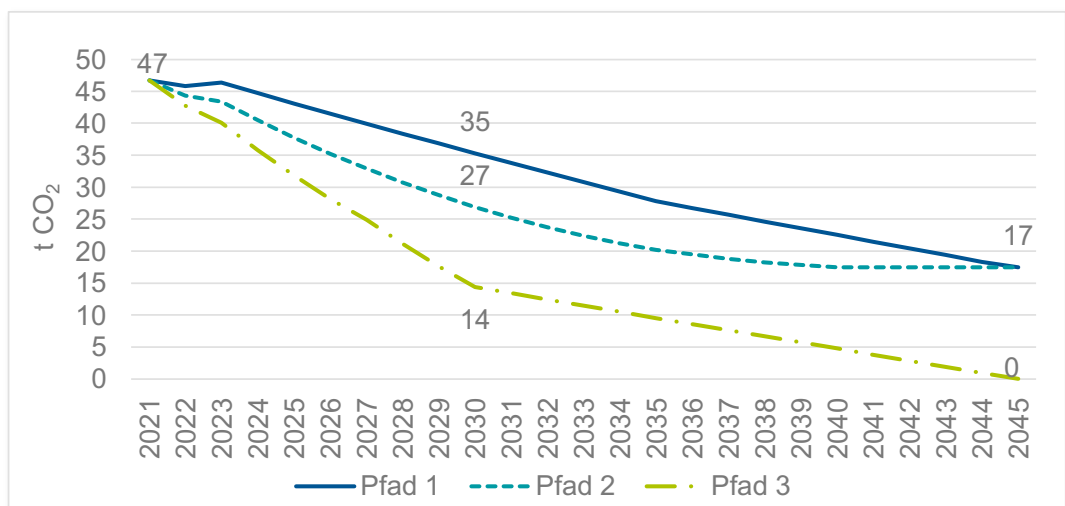


Abbildung 56: Entwicklung der CO₂-Emissionen Scope 1 und 2 Frischmörtel – Gegenüberstellung der drei Pfade

8.5 Entwicklung WDVS

Referenz- und Reduktionspfad für WDVS bauen nahezu ausschließlich auf den Entwicklungen in den Bereichen Trockenmörtel und Nassproduktion auf. Dennoch wird im Reduktionspfad eine Minderung um 16 % erzielt. Im Klimaneutralitätspfad führt dann der zunehmende Einsatz emissionsarmer bzw. -freier Vorprodukte zur massiven Reduktion der Emissionen. Dies gilt sowohl für die internen als auch die externen Vorprodukte. Die

Elektrifizierung und Optimierung des gesamten Transports sorgt auch in diesem Bereich für Nullemissionen und erreicht damit das Ziel der Klimaneutralität.

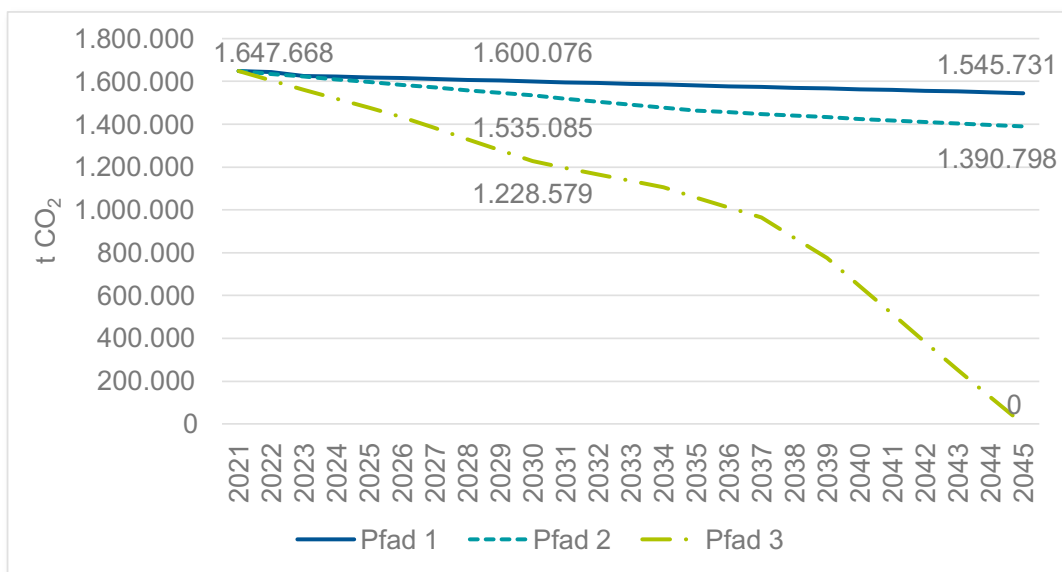


Abbildung 57: Entwicklung der CO₂-Emissionen WDVS – Gegenüberstellung der drei Pfade

9 Schlussfolgerungen

Aus den Ergebnissen der im Projekt angestellten Untersuchungen lassen sich die nachfolgenden Schlussfolgerungen ableiten.

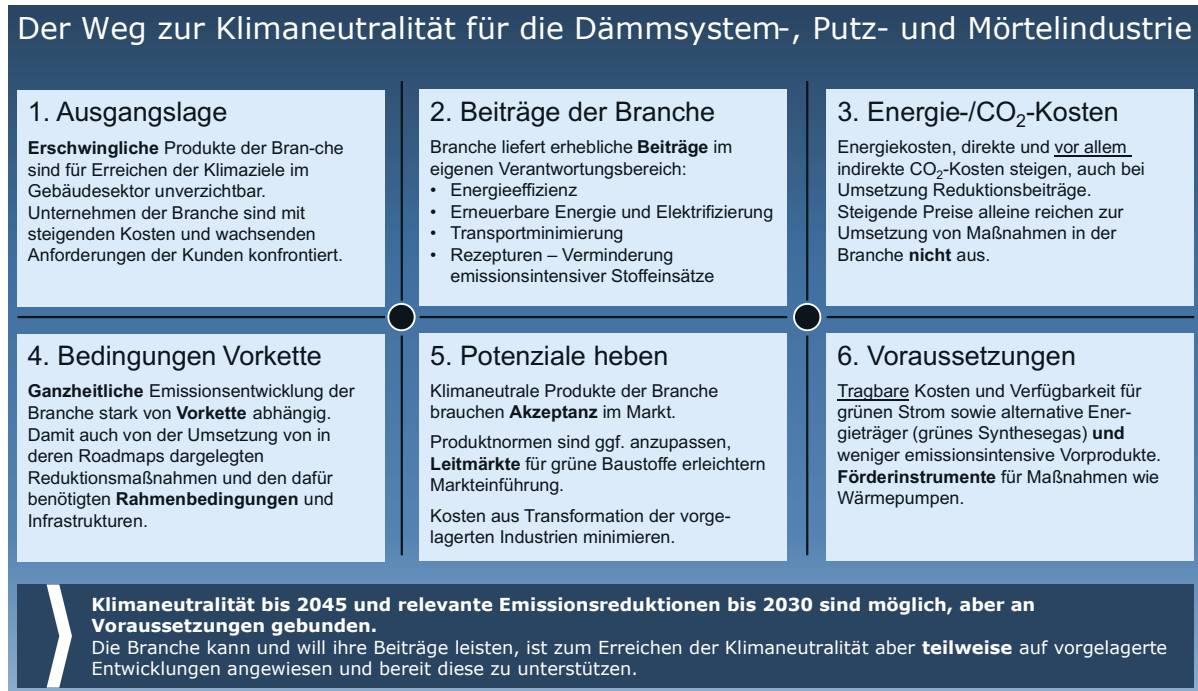


Abbildung 58: Der Weg zur Klimaneutralität für die Dämmsystem-, Putz- und Mörtelindustrie auf einen Blick.

Die dargestellten Ergebnisse zeigen, dass die Dämmsysteme-, Putz- und Mörtel-industrie bis 2045 klimaneutral werden und bereits bis 2030 mit erheblichen Emissionsreduktionen zu europäischen und nationalen Klimaschutzzielen beitragen kann.

Darüber hinaus sind die Produkte der Branche notwendige Bestandteile dafür, um die in der EU und Deutschland gesetzten Klimaziele im Gebäudebestand zu erreichen.

Besonders relevante Maßnahmen in den Beschaffungs- und Produktionsprozessen der Industrie selbst und damit Beiträge der Branche können konkret benannt werden – siehe dazu die oben wiedergegebenen Übersichten. Mit Umsetzung dieser Maßnahmen sind Innovationen in der Branche verbunden – jedoch auch erhebliche eigene Anstrengungen.

Aus den oben enthaltenen Übersichten ist erkennbar, dass nur eine Kombination von Emissionsreduktionsmaßnahmen zum Ziel der Klimaneutralität führen kann:

- In den Werken selbst und den zu den Produktionsprozessen gehörenden Transporten muss die Energieeffizienz, vor allem aber die Elektrifizierung von Prozessen sowie der Einsatz erneuerbarer Energien und teilweise auch von grünem Synthesegas, im Vordergrund stehen. Wie andere Branchen auch kann die Dämmsysteme-, Putz- und Mörtelindustrie hier zusätzliche Beiträge leisten, die über die angenommene Entwicklung externer Faktoren (insbesondere den Veränderungen im Strommix) deutlich hinausgehen und im Reduktionspfad bis 2030 insgesamt rund 19 %, bis 2045 rund 30 % der Emissionen im Vergleich zu 2021 einsparen. Im Klima-neutralitätspfad führen zusätzliche Anstrengungen bis 2030 zu einer Reduktion von 39 %, bis 2045 werden 100 % der Emissionen gemindert.

- Mit Blick auf die branchenspezifischen Produktionsprozesse sowie Produkte ist vor allem die Verminderung des Einsatzes emissionsintensiver Vorprodukte in Angriff zu nehmen. Mit zum Beispiel veränderten Rezepturen und dem Einsatz alternativer Ausgangsmaterialien sind technische und organisatorische Fragen in den Werken und bei der Beschaffung verbunden. Darüber hinaus sind hier auch andere Aspekte von besonderer Bedeutung, zum Beispiel für Produkte geltende Normen und die notwendige Akzeptanz bei den Anwendern – der Branche kommt hier auch eine vermittelnde und mitgestaltende Rolle zu. Dies kann bis 2030 im hier gewählten Scope einschließlich der emissionsintensiven Vorprodukte im Reduktionspfad (Pfad 2) immerhin schon rund 14 %, bis 2045 rund 18 % der Emissionen im Vergleich zu 2021 einsparen. Im Klimaneutralitätspfad liegt die Einsparung 2030 bereits bei 29 % und 2045 dann bei 100 %.
- Eine vollständige Klimaneutralität ist beim hier gewählten Scope einschließlich der emissionsintensiven Vorprodukte aber nur möglich, wenn auch in den entsprechenden Vorketten – namentlich der Chemie-, Kalk- und Zementindustrie – die in diesen Branchen selbst angestrebte Transformation gelingt.²⁴ Dies kann die Dämm-, Putz- und Mörtelindustrie nicht herbeiführen, sie kann es aber unterstützen durch entsprechende Angebote im Markt.

Es ist deshalb auch für die Dämm-, Putz- und Mörtelindustrie von elementarer Bedeutung, dass die seitens der genannten, die Vorprodukte herstellenden Branchen besonders relevanten politischen Rahmenbedingungen wie zum Beispiel die Verfügbarkeit regenerativen Stroms zu erschwinglichen Preisen möglichst frühzeitig und dauerhaft gegeben sind. Mit Blick auf die hier betrachtete Branche lassen sich spezifische Voraussetzungen benennen:

- Die Produkte der Dämmsystem-, Putz- und Mörtelindustrie müssen gerade für die notwendigen energetischen Verbesserungen bei Bestandsgebäuden **erschwinglich** bleiben.
- Steigende Energie- und CO₂-Kosten erhöhen zum einen Kosten und Preise auch dieser Branche, setzen zum anderen auch zusätzliche Einsparanreize. Dennoch reichen insbesondere höhere direkte oder indirekte CO₂- und Energiepreise allein sehr deutlich nicht als Anreiz aus.
- Staatliche **Fördermechanismen** für Investitionen, um den erheblichen Kostenanstieg zu dämpfen und damit zugleich schneller zu Emissionsreduktionen zu kommen, bleiben wichtig. Das gilt sowohl für solche, die auf Querschnittsmaßnahmen zur Energieeffizienz oder Eigenproduktion erneuerbarer Energie zielen, als auch solche, die auf Markteinführung und -durchdringung neuerer Technologien abzielen, wie z.B. der Einsatz von Wärmepumpen.
- Der Bedarf an Förderungen wird auch davon beeinflusst, ob sich für klimafreundlichere Produkte höhere Preise im Markt erzielen lassen. Das gilt insbesondere dann, wenn für den (teilweisen) Ersatz emissionsintensiver Vorprodukte höhere Kosten für Substitute (oder z.B. für durch CCS klimaneutralen Zement) zu tragen sind. Hierzu können sowohl staatlich induzierte **Leitmärkte** als auch die öffentliche **Beschaffung** beitragen.
- Klimafreundliche Produkte müssen im Markt **Akzeptanz** finden und ggf. auch auf die Bereitschaft der Kunden, bestehende technische Produktnormen anzupassen, wenn dies ohne Beeinträchtigung z. B. der Sicherheit und anderer für den speziellen Fall wesentliche Kriterien möglich ist – auch hier muss sich die zurecht höhere Gewichtung von Klimaschutzzielen widerspiegeln.

Die Dämm-, Putz- und Mörtelindustrie kann so direkt und indirekt zum Klimaschutz beitragen.

²⁴ Insoweit wird hier auf die oben genannten vorliegenden Publikationen und Studien der Fachverbände Chemie, Kalk und Zement verwiesen.

10 Anhang

10.1 Energiepreise

Tabelle 20: Annahmen zu den für die Modellierung verwendeten Zertifikats- und Energiepreisen

	Wert	Quelle	Bemerkung
Emissions- zertifikate nEHS	2021: 25 EUR 2022: 30 EUR 2023: 30 EUR 2024: 35 EUR 2025: 45 EUR 2026: bis 65 EUR	§10 Abs.1 BEHG	
EUA	Startwert: 50 EUR/EUA	Intercontinental Exchange (2021)	Orientiert an den EUA Preisen 2021 des DEC2021
Erdgas	29,50 €/MWh	Statista (2021)	Gaspreis für Industriekunden in 2021
Heizöl	50,00 €/MWh	Festlegung im Begleitkreis	
Diesel	1,399 €/l	Statista (2022)	Durchschnittlicher Preis für Dieselmotortreibstoff in Deutschland 2021
Strom Arbeitspreis	75,91 €/MWh	BDEW (2020): Strompreisanalyse Januar 2020, S. 25	Durchschnittlicher Preis 2019 der Beschaffungskosten bereinigt um den CO ₂ - Anteil im Strompreis (Annahme: preissetzendes Grenzkraftwerk: Steinkohle), ohne Umlagen
Strom Umlagen	89,53 €/MWh	BDEW (2020): Strompreisanalyse Januar 2020, S. 25	Durchschnittlicher Preis 2019 (alle Umlagen und Steuer)
Grünstrom	2,50 €/MWh	Bischoff & Ditzel (2020): Handel von Herkunftsnachweisen, S. 14	Aufpreis von 2,50 €/MWh für die Herkunftsnachweise (Grünstrom)
Synthesegas	2020: 332 €/MWh 2030: 288 €/MWh 2040: 257 €/MWh 2050: 233 €/MWh	Prognos (2020): Kosten und Transformations- pfade für strombasierte Energieträger	Referenzwerte für 2020, 2030, 2040 und 2050

10.2 Annahmen zur Entwicklung von Emissionsfaktoren sowie zu Preisentwicklungen

Tabelle 21: Annahmen zur Entwicklung des Emissionsfaktors für den deutschen Strommix und Erdgas

	Emissionsfaktor Strommix [kg CO ₂ /MWh]	Emissionsfaktor Erdgas [t CO ₂ /GJ]
2021	397,28	0,056
2022	388,69	0,055
2023	399,17	0,055
2024	378,17	0,055
2025	357,17	0,054
2026	336,17	0,054
2027	315,17	0,054
2028	294,17	0,053
2029	273,17	0,053
2030	252,17	0,053
2031	231,17	0,053
2032	210,17	0,052
2033	189,17	0,052
2034	168,17	0,052
2035	147,17	0,051
2036	132,17	0,051
2037	117,17	0,051
2038	102,17	0,051
2039	87,17	0,050
2040	72,17	0,050
2041	57,17	0,050
2042	42,17	0,049
2043	27,17	0,049
2044	12,17	0,049
2045	0,00	0,049

Tabelle 22: Annahmen zu der Preisentwicklung EUA, Zertifikate des nEHS, Synthesegas²⁵

	EUA Preis [€/EUA]	CO ₂ -Preis nEHS [€/t CO ₂]	Synthesegas Preis [€/MWh]
2021	50	25	327,60
2022	53	30	323,20
2023	57	35	318,80
2024	60	45	314,40
2025	63	55	310,00
2026	67	65	305,60
2027	70	69	301,20
2028	73	73	296,80
2029	77	76	292,40
2030	80	80	288,00
2031	83	83	284,90
2032	86	86	281,80
2033	89	89	278,70
2034	92	92	275,60
2035	95	95	272,50
2036	98	98	269,40
2037	101	101	266,30
2038	104	104	263,20
2039	107	107	260,10
2040	110	110	257,00
2041	113	113	254,60
2042	116	116	252,20
2043	119	119	249,80
2044	122	122	247,40
2045	125	125	245,00

²⁵ Quelle Synthesegas: Prognos (2020); Die Jahre ohne Preisangaben wurden hier extrapoliert.

10.3 Begleitkreis

Baunit GmbH	Andreas Marzari
DAW SE	Dr. Andreas Kiesewetter
EJOT Baubefestigungen GmbH	René Achenbach
EJOT Baubefestigungen GmbH	Jens Schmidt
Fixit TM Holding GmbH	Horst Rottmann
Hasit Trockenmörtel GmbH	Karl Minichmair
Haslberger Finanzdienstleistungs- und Beteiligungs GmbH	Franziska Schallner
Heidelberger Beton GmbH	Önder Bahadır
Ingenieurbüro Gänßmantel	Jürgen Gänßmantel
Knauf Gips KG	Heike Schneeweiß
maxit Baustoffwerke GmbH	Ulf-Helmut Schulz
Saint-Gobain Weber GmbH	Dr. Florian Quentin
Sakret Trockenbaustoffe Sachsen GmbH & Co. KG	Dietmar Schereik
Sakret Trockenbaustoffe Sachsen GmbH & Co. KG	Thomas Utermöller
Sievert Baustoffe GmbH & Co. KG	Dr. Eike Senger
Sto SE & Co. KGaA	Dr. Eike Messow
Verband für Dämmsysteme, Putz und Mörtel e.V. (VDPM)	Dr. Hans-Joachim Riechers
Verband für Dämmsysteme, Putz und Mörtel e.V. (VDPM))	Antje Hannig

11 Verzeichnisse

11.1 Quellenverzeichnis

Agora Industrie, Future Camp, Wuppertal Institut und Ecologic Institut (2021): Klimaschutzverträge für die Industrietransformation: Kurzfristige Schritte auf dem Pfad zur Klimaneutralität der deutschen Grundstoffindustrie

BDEW (2020): *BDEW-Strompreisanalyse Januar 2020: Haushalte und Industrie*

Bischoff & Ditze (2020): *Handel von Herkunftsnachweisen: Umsetzung und Perspektiven*

Bund der Energieverbraucher (Juni 2021): *Preisabfrage: Aktuelle regionale Flüssiggas-Preise.*

Bundesministerium der Finanzen (1995): *AfA-Tabelle für den Wirtschaftszweig „Kies-, Sand-, Mörtel- und Transportbetonindustrie“*

Bundesregierung (2022): Klimaschutzgesetz. Generationenvertrag für das Klima. URL: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutzgesetz-2021-1913672> (abgerufen am 16.01.2023)

BVK - Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e. V. (Oktober 2020): *Roadmap Kalkindustrie 2050: Über die klimaneutrale Produktion zur klimapositiven Industrie*

DEHSt (2020): *Leitfaden zur Erstellung von Überwachungsplänen für stationäre Anlagen*

DEFRA (2020): *Research and analysis: Greenhouse gas reporting: conversion factors 2020*

Fengming Xi et al. (2016): „Substantial global carbon uptake by cement carbonation“, *Nature Geoscience*

FutureCamp/Dechema (2019), *Roadmap Chemie 2050 – Auf dem Weg zu einer treibhausgasneutralen chemischen Industrie in Deutschland*

Intercontinental Exchange (2021): *EUA Futures*

Kosińska & Kreissig (2013): Umwelt-Produktdeklaration für Werkmörtel, Erarbeitung von Muster-Produktdeklarationen, Projektteil „Ökobilanz“, PE International AG

Leemann et al. (2018): Berechnung der CO₂-Aufnahme während der Nutzungsdauer zementgebundener Baustoffe, S. 4

Prognos (2020): *Kosten und Transformationspfade für strombasierte Energieträger: Endbericht zum Projekt „Transformationspfade und regulatorischer Rahmen für synthetische Brennstoffe“.* Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

Statista (2021): Gaspreise für Gewerbe- und Industriekunden in Deutschland in den Jahren 2011 bis 2021

Statista (2022): Durchschnittlicher Preis für Dieselmotorkraftstoff in Deutschland in den Jahren 1950 bis 2022

Transport & Environment (2020): *Comparison of hydrogen and battery electric trucks: Methodology and underlying assumptions*

VDZ - Verein Deutscher Zementwerke (2020): Dekarbonisierung von Zement und Beton – Minderungspfade und Handlungsstrategien

11.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Für die Roadmap berücksichtigte Emissionsquellen; Quelle: FutureCamp	5
Abbildung 2: Produkte, Produktanteile & Kapazität der Referenzwerke Trockenmörtel-, Nassproduktions- und WDVS-Werk	6
Abbildung 3: Produkte, Produktanteile & Kapazität Frischmörtelwerk	6
Abbildung 4: Rohstoffe für Mörtel; Bildquelle: VDPM	7
Abbildung 5: Das novellierte Klimaschutzgesetz 2021 – Sektorziele und Jahresemissionsmengen	8
Abbildung 6: Entwicklung betrachteter Kosten – Gegenüberstellung der drei Pfade.....	17
Abbildung 7: Der Weg zur Klimaneutralität für die Dämmsystem-, Putz- und Mörtelindustrie auf einen Blick.	17
Abbildung 8: Trockenmörtelsilos auf der Baustelle; Bildquelle: Caparol).....	21
Abbildung 9: Anlieferung von Fließestrich als Werk-Frischmörtel mit dem Fahrnischer; Bildquelle: Schwenk Zement)	22
Abbildung 10: Pastöse Produkte mit organischen Bindemitteln werden in Nassproduktionswerken hergestellt und überwiegend im Eimer ausgeliefert; Bildquelle: Sto SE.....	22
Abbildung 11: Wärmedämm-Verbundsysteme dienen der Dämmung von Außenwänden im Neubau und bei Bestandsgebäuden: Bildquelle: ©kiono - stock.adobe.com	23
Abbildung 12: Für die Roadmap berücksichtigte Emissionsquellen; Quelle: FutureCamp	24
Abbildung 13: Herleitung der Referenzwerke.....	28
Abbildung 14: Produkte, Produktanteile & Kapazität der Referenzwerke Trockenmörtel-, Nassproduktions- und WDVS-Anlage.....	29
Abbildung 15: Produkte, Produktanteile & Kapazität Frischmörtelwerk	29
Abbildung 16: Allgemeine Effizienzgewinne Energieeinsatz.....	32
Abbildung 17: Kalksteinbruch und Kalkwerk; Kalk ist ein wichtiger Rohstoff für die Mörtelherstellung; Bildquelle: Schäfer Kalk)	34
Abbildung 18: Modernes Trockenmörtelwerk; Bildquelle: Sievert SE.....	37
Abbildung 19: Nassproduktionswerk für organisch gebundene Mörtel; Bildquelle: Sto SE	38
Abbildung 20: Werk zur Herstellung von Transportbeton und Werk-Frischmörtel; Bildquelle: ©Iwona –stock.adobe.com	39
Abbildung 21: Verarbeitung eines Wärmedämm-Verbundsystems; Bildquelle: Knauf Gips KG	40
Abbildung 22: Aufteilung des Energieträgereinsatzes im Basisjahr 2021.....	42
Abbildung 23: Verteilung der Emissionen nach Scopes im Basisjahr 2021.....	44
Abbildung 24: Emissionen nach Scopes Trockenmörtel	45
Abbildung 25: Emissionen nach Energieträgern Trockenmörtel	45
Abbildung 26: Emissionen nach Scopes Nassproduktion.....	46
Abbildung 27: Emissionen nach Energieträgern Nassproduktion	47
Abbildung 28: Emissionen nach Scopes Frischmörtel	47
Abbildung 29: Emissionen nach Energieträgern Frischmörtel	48
Abbildung 30: Verteilung der betrachteten Kosten Basisjahr.....	49
Abbildung 31: Entwicklung des Energieeinsatzes im Referenzpfad	50
Abbildung 32: Entwicklung der Emissionen nach Scopes im Referenzpfad.....	51
Abbildung 33: Entwicklung der Scope 1- & 2-Emissionen im Referenzpfad.....	51

Abbildung 34: Entwicklung der betrachteten Kosten im Referenzpfad	52
Abbildung 35: Entwicklung des Energieeinsatzes im Reduktionspfad.....	55
Abbildung 36: Entwicklung der Emissionen nach Scopes Reduktionspfad.....	56
Abbildung 37: Entwicklung der Scope 1- und 2-Emissionen im Reduktionspfad.	56
Abbildung 38: Entwicklung der betrachteten Kosten im Reduktionspfad	57
Abbildung 39: Angenommener Verlauf Emissionsminderungen chemische Vorprodukte in Anlehnung an die Roadmap der Chemieindustrie von 2019	60
Abbildung 40: Entwicklung des Energieeinsatzes im Klimaneutralitätspfad.....	61
Abbildung 41: Entwicklung der Emissionen nach Scopes Klimaneutralitätspfad.....	61
Abbildung 42: Entwicklung der Scope 1- & 2-Emissionen im Klimaneutralitätspfad	62
Abbildung 43: Entwicklung der betrachteten Kosten im Klimaneutralitätspfad	62
Abbildung 44: Kostenentwicklung für Energieträger bei höheren Preisen für Erdgas und Heizöl.....	63
Abbildung 45: Kostenentwicklung für Energieträger und Emissionen aus Scope 1 und 2 unter Berücksichtigung höherer Preise Erdgas und Heizöl.....	64
Abbildung 46: Entwicklung der CO ₂ -Emissionen – Gegenüberstellung der drei Pfade	66
Abbildung 47: Entwicklung der CO ₂ -Emissionen Scope 1 & 2 – Gegenüberstellung der drei Pfade	67
Abbildung 48: Entwicklung betrachteter Kosten – Gegenüberstellung der drei Pfade	67
Abbildung 49: Entwicklung Energie- und CO ₂ -Kosten Scope 1 & 2 – Gegenüberstellung der drei Pfade	68
Abbildung 50: Entwicklung der CO ₂ -Emissionen Trockenmörtel – Gegenüberstellung der drei Pfade	68
Abbildung 51: Entwicklung der CO ₂ -Emissionen Scope 1 & 2 Trockenmörtel – Gegenüberstellung der drei Pfade	69
Abbildung 52: Entwicklung der Energiekosten Trockenmörtel – Gegenüberstellung der drei Pfade	70
Abbildung 53: Entwicklung der CO ₂ -Emissionen Nassproduktion – Gegenüberstellung der drei Pfade	70
Abbildung 54: Entwicklung der CO ₂ -Emissionen Scope 1 und 2 Nassproduktion – Gegenüberstellung der drei Pfade	71
Abbildung 55: Entwicklung der CO ₂ -Emissionen Frischmörtel – Gegenüberstellung der drei Pfade	72
Abbildung 56: Entwicklung der CO ₂ -Emissionen Scope 1 und 2 Frischmörtel – Gegenüberstellung der drei Pfade	72
Abbildung 57: Entwicklung der CO ₂ -Emissionen WDVS – Gegenüberstellung der drei Pfade.....	73
Abbildung 58: Der Weg zur Klimaneutralität für die Dämmsystem-, Putz- und Mörtelindustrie auf einen Blick.	74

11.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Emissionen im Basisjahr*	7
Tabelle 2: Entwicklung der Emissionen im Reduktionspfad (Pfad 2)	11
Tabelle 3: Trockenmörtelwerk: Übersicht über die Emissionsentwicklung der drei betrachteten Pfade	12
Tabelle 4: Nassproduktionswerk: Übersicht über die Emissionsentwicklung der drei betrachteten Pfade	13
Tabelle 5: Frischmörtelwerk: Übersicht über die Emissionsentwicklung der drei betrachteten Pfade	14
Tabelle 6: virtuelle WDVS-Anlage: Übersicht über die Emissionsentwicklung der drei betrachteten Pfade	15
Tabelle 7: gesamte Branche: Übersicht über die Emissionsentwicklung der drei betrachteten Pfade	16
Tabelle 8: Ausgangsmaterialien mit besonders relevantem Einfluss auf Scope 3-Emissionen.....	30
Tabelle 9: Entwicklung Emissionsfaktor Erdgas.....	32
Tabelle 10: Entwicklung Emissionsfaktor Strom	33
Tabelle 11: Trockenmörtelwerk: Reduktion besonders THG-relevanter Grundstoffe.....	37
Tabelle 12: Nassproduktionswerk: Reduktion besonders THG-relevanter Grundstoffe....	38
Tabelle 13: Frischmörtelwerk: Reduktion besonders THG-relevanter Grundstoffe	39
Tabelle 14: Energieeinsatz im Trockenmörtelwerk.....	42
Tabelle 15: Energieeinsatz im Nassproduktionswerk.....	43
Tabelle 16: Energieeinsatz im Frischmörtelwerk.....	43
Tabelle 17: Steckbrief Referenzpfad.....	53
Tabelle 18: Steckbrief Reduktionspfad.....	58
Tabelle 19: Steckbrief Klimaneutralitätspfad (Bezugsgröße: deutsche VDPM-Industrie).....	65
Tabelle 20: Annahmen zu den für die Modellierung verwendeten Zertifikats- und Energiepreisen.....	76
Tabelle 21: Annahmen zur Entwicklung des Emissionsfaktors für den deutschen Strommix und Erdgas	77
Tabelle 22: Annahmen zu der Preisentwicklung EUA, Zertifikate des nEHS, Synthesegas.....	78

11.4 Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
BEHG	Brennstoffemissionshandelsgesetz
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
CCfD	Differenzverträge (engl.: Carbon Contracts for Difference)
CCS	CO ₂ -Abscheidung und -Speicherung (engl.: Carbon Capture and Storage)
CCU	CO ₂ -Abscheidung und Verwendung (engl.: Carbon Capture and Utilization)
CO₂	Kohlenstoffdioxid
DEFRA	Department for Environment, Food & Rural Affairs
DEHSt	Deutsche Emissionshandelsstelle
e.V.	eingetragener Verein
EBeV	Emissionsberichterstattungsverordnung
EEG	Erneuerbare Energien Gesetz
EF	Emissionsfaktor
EPD	Umwelt-Produktdeklaration (engl.: Environmental Product Declaration)
EPS	Expandiertes Polystyrol
EU	Europäische Union
EU ETS	EU Emissionshandel (engl.: European Union Emissions Trading System)
EUA	EU Emissionsberechtigung (engl.: European Union Allowance)
ff.	fortfolgend
ggf.	gegebenenfalls
ggü.	gegenüber
GJ	Giga-Joule
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GWh	Gigawattstunden
GWP	Global Warming Potential
Heizöl EL	Heizöl (extraleicht)
HKN	Herkunftsnachweise
IBU	Institut Bauen und Umwelt e.V.
k	Kilo
LCA	Life Cycle Assessment
m²	Quadratmeter
m³	Kubikmeter
Mio.	Millionen

mm	Millimeter
nEHS	nationaler Emissionshandel
o.g.	oben genannt
PCR-Anleitungen	Product Category Rules
PPA	Stromkaufvereinbarung (engl.: Power Purchase Agreement)
PU-Schaum	Polyurethan-Schaum
PV	Photovoltaik
REA-Gips	Rauchgasentschwefelungsanlagen-Gips
RED II	Erneuerbare-Energien-Richtlinie (Renewable Energies Directive II)
RHB	Roh-, Hilfs-, und Betriebsstoffe
s.	siehe
SCC	Smart Carbon Capture
SCS	Smart Carbon Separation
SVR	Sachverständigenrat
t	Tonnen
THG	Treibhausgas
TiO₂	Titandioxid
Tsd.	Tausend
u.a.	unter anderem
VCI	Verband der chemischen Industrie e.V.
VdL	Verband der deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie
VDPM	Verband für Dämmsysteme, Putz und Mörtel e.V.
VDZ	Verein Deutscher Zementwerke
vgl.	vergleiche
WDVS	Wärmedämm-Verbundsystem
z.B.	zum Beispiel

Verband für Dämmsysteme,
Putz und Mörtel e.V.
Reinhardtstraße 14
10117 Berlin
info@vdpm.info
www.vdpm.info

Stand: Januar 2023

Herausgeber:

Verband für Dämmsysteme, Putz und Mörtel e.V.
Reinhardtstraße 14
10117 Berlin
Tel. +49 30 4036707 50
info@vdpm.info · www.vdpm.info

Autoren:

Dr. Roland Geres, David Heuer, Stefan Weigert
FutureCamp Climate GmbH
Aschauer Straße 30
81549 München
Tel. +49 1520 380 69 48
webkontakt@future-camp.de · www.future-camp.de

© Copyright 2023 – Alle Inhalte, insbesondere Texte, Fotografien und Grafiken, sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, einschließlich der Vervielfältigung, Veröffentlichung, Bearbeitung und Übersetzung, bleiben vorbehalten.