Branchenfahrplan Scope 1-3

Baustoff Kreislauf Schweiz

Baustoff Kreislauf Schweiz
Schwanengasse 12
3011 Bern

Dienstag, 1. Juli 2025

Enerprice Partners AG
Platz 10
CH-6039 Root D4
Telefon +41 41 450 54 00
info@enerprice.ch
www.enerprice.ch

Management Summary

Eine vollständige Scope 1 bis 3 Analyse nach dem GHG-Protokoll im Branchenschnitt liegt dies Branchenfahrplan zugrunde. Basierend darauf wurden verschiedene Massnahmen definiert.

- Scope 1 umfasst alle direkten Treibhausgasemissionen, die aus Quellen stammen, die sich im Eigentum oder unter der direkten Kontrolle des Unternehmens befinden (Bsp. Wärmeerzeugung).
- Scope 2 umfasst die indirekten Treibhausgasemissionen, die bei der Erzeugung der eingekauften Elektrizität, Dampf, Wärme oder Kälte entstehen (Bsp. Einkauf von Fernwärme) anfallen.
- Scope 3 umfasst alle anderen indirekten Emissionen, die in der Wertschöpfungskette auftreten. Diese Emissionen sind das Ergebnis der Aktivitäten des Unternehmens, finden aber in Quellen statt, die weder im Eigentum noch unter der Kontrolle des Unternehmens stehen (Bsp. Einkauf von Rohstoffen). Scope 3 ist meist bei weitem der grösste Faktor in CO_2-Fussabdrücken.

Laut dem Klima- und Innovationsgesetz sind die vollständige Reduktion der Scope 1 und 2 Emissionen vorgeschrieben, da ein Unternehmen direkten Einfluss darauf nehmen kann.

Die Berechnung der Scope 1-3 Emissionen der Branche Baustoff Kreislauf Schweiz zeigt, dass 90.7% der Emissionen im Scope 3 anfällt. Im Betonwerk wird 83.7% der Emissionen alleine durch den Zement im Gütereinkauf verursacht. Im Kieswerk hingegen sind der Transport und die Entsorgung der Endprodukte die Hauptverursacher. Die Scope 1 und 2 Emissionen entstehen im Kieswerk hauptsächlich durch den Dieselverbrauch und in den Betonwerken durch den Heizöl- bzw. Erdgasverbrauch.

Aufgezeigt werden ein Branchenfahrplan für die Scope 1 und 2, sowie separat die Scope 3-Massnahmen.

Die Dekarbonisierung der Branche ist zwar weitgehend möglich, jedoch technologisch nicht ausgereift. Vor allem bei einer Elektrifizierung der Baumaschinen kann nicht alles abgedeckt werden. Unter anderem sind hohe Investitionen nötig, um aus heutiger Sicht eine vollständige Dekarbonisierung umzusetzen.

Die meisten Scope-3-Massnahmen können nur bedingt durch die Mitglieder selbst durchgeführt werden. Auch eine Kostenschätzung kann für einen Teil der Massnahmen nicht durchgeführt werden. Wichtig ist auch die Dekarbonisierung des Strommixes (durch die Stromversorger). Eine Übersicht wichtigster Massnahmen zeigt die Tabelle:

Massnahme	Technisch	Umwelt	Wirtschaftlichkeit
Elektrische Radlader	+++ (Bereits eingesetzt)	++ (ca. 90% von Scope 1 + 2 bei Kieswerken)	+ (0.51 CHF/kg CO_2)
Elektrische Personenfahrzeuge	+++ (Bereits eingesetzt)	+ (ca. 5% von Scope 1 + 2 bei Kieswerken + Betonwerke)	+++ (-0.002 CHF/kg CO_2)
Ersatz fossile Heizung	+++ (Bereits eingesetzt)	+++ (ca. 86% von Scope 1 + 2 bei Betonwerke)	+++ (0.01 CHF/kg CO_2)
Branchenfahrplan Zement cemsuisse	+/- (grosse Abhängigkeiten)	+++ (bis zu 83.8% Gesamt bei Betonwerke)	+/- (ausserhalb Einflussbereiches)
Elektrifizierung Entsorgung	++ (Bereits eingesetzt/ grosse Abhängigkeiten)	+++ (bis zu 24% bei Kies- und 3.6% bei Betonwerken)	+/- (ausserhalb Einflussbereiches)

Inhaltsverzeichnis

1. Ausgangslage ... 5
2. Beschreibung der Branchenabbildung ... 5
3. Beschreibung Klima relevante Prozesse ... 6
4. Resultate des CO_2-Fussbabdrucks ... 7
4.1.1. CO_2-Fussabdruck nach Scope ... 7
4.1.1.1. Kieswerk ... 7
4.1.1.2. Betonwerk ... 8
4.1.2. CO_2-Fussabdruck nach Scope 1-3 ... 9
4.1.2.1. Kieswerk ... 9
4.1.2.2. Betonwerk ... 11
4.1.3. CO_2-Fussabdruck für Scope 1 und 2 ... 13
4.1.3.1. Kieswerk ... 13
4.1.3.2. Betonwerk ... 14
4.1.4. CO_2-Fussabdruck für Scope 3.1 ... 15
4.1.4.1. Kieswerk ... 15
4.1.4.2. Betonwerk ... 15
5. Absenkpfad Scope 1&2 bis 2050 ... 17
5.1. Branchenmassnahmen Scope 1&2 ... 17
5.1.1. Massnahme Elektrische Radlader ... 17
5.1.2. Massnahme elektrische Personenfahrzeuge ... 18
5.1.3. Massnahme Ersatz fossiler Heizung ... 19
5.1.4. Massnahme Strom aus erneuerbarer Quelle ... 20
5.2. Darstellung Absenkungspfad Scope 1&2 ... 21
6. Absenkpfad Scope 3 bis 2050 ... 22
6.1. Branchenmassnahmen Scope 3 ... 22
6.1.1. Branchenfahrplan Zement nach cemsuisse ... 22
6.1.2. Branchenfahrplan Kies nach Baustoff Kreislauf Schweiz ... 24
6.1.3. Karbonatisierung des Betons / Einsatz von angereichertem Recyclinggranulat ... 26
6.2. Elektrifizierung der Transporte/Transporte mit dem Zug ... 29
6.2.1. Elektrifizierung der Entsorgung ... 33
6.3. Einsatz Stahl aus Recycling-Schrott ... 36
6.4. Dekarbonisierung Asphaltwerke ... 38
6.5. Darstellung Absenkungspfad Scope 3 ... 40
6.5.1. Kieswerk ... 40
6.5.2. Betonwerk ... 43
7. Weitere Scope 3 Massnahmen ... 44
8. Empfehlungen ... 44

9. Kommunikationsnachweise 45
Anhang A CO_2 Deklaration Strommix Schweiz 46
Anhang B Strommixszenario 2040 46
Anhang C Begriffserklärung 46

1. Ausgangslage

Der Verband Baustoff Kreislauf Schweiz vertritt die Interessen der Kies-, Beton- und Recyclingbranche und besteht aus 500 Mitgliedern. Der Verband wurde im Mai 2024 gegründet und entstand aus dem Zusammenschluss der Fachverbände Schweizerische Kies- und Betonindustrie FSKB und arv Baustoffrecycling Schweiz. Der Verband arbeitet stetig an seiner Nachhaltigkeitsstrategie, um den ökologischen Fussabdruck der Branche weiter senken zu können.

Um einen Reduktionspfad festzulegen, werden zunächst die Potenziale zur Emissionsminderung ermittelt und aufgezeigt. Dazu werden verschiedene Ansätze zur Reduktion analysiert und bewertet. Konkrete Massnahmen werden identifiziert, klassifiziert und auf ihre Wirksamkeit geprüft. Auf Basis dieser Analyse und unter Berücksichtigung weiterer Einflussfaktoren wird in Zusammenarbeit mit den Pilotwerken des Verbandes die "Roadmap zur Dekarbonisierung" erarbeitet. Grundlage hierfür bildet die CO_2-Bilanz gemäss dem GHG-Standard (World Business Council for Sustainable Development; World Resources Institute, 2004).

2. Beschreibung der Branchenabbildung

Um die CO_2-Bilanz der Branche zu analysieren und Möglichkeiten zur Emissionsreduktion aufzuzeigen, wurde ein Branchenfahrplan entwickelt. Als Pilotwerke für diesen Fahrplan dienen mit der Kästlibau AG und der Kibag AG mit zwei Standorten – zwei Unternehmen, die die Bandbreite der Unternehmensgrössen innerhalb des Verbandes gut repräsentieren. Für eine spezifischere Aussage wurden die Betonwerke und Kieswerke eigenständig ausgewertet. So sind die Ergebnisse für die Mitglieder der Branche besser anwendbar.

Bei der Betonherstellung lieferte die umfassende Scope 1-3 Analyse ein erwartungsgemässes Ergebnis: Der mit Abstand grösste Teil der Emissionen entsteht durch den eingekauften Zement, der Anteil liegt bei 83.6% der gesamten Emissionen. Da alle Betonwerke Zement für ihre Produkte benötigen, bildet dieser Branchenfahrplan die Scope 1-3 Emissionen umfassend ab. Ein zweiter wichtiger Punkt sind die Emissionen durch den verursachten Transport. Auch dort ist der allgemeine Ablauf sehr vergleichbar in der Branche. Beim vorgelagerten Transport ist entscheidend, ob ein Kieswerk in der Nähe vorhanden ist oder alles per LKW zuerst angeliefert werden muss. Dieser Teilprozess kann pro Betonwerk unterschiedlich sein. Interessanterweise sind die Scope 1&2 Emissionen eher gering im Verhältnis zum Scope 3. Die Emissionen entstehen vor allem durch den Einsatz von Heizöl oder Erdgas, dieser wird für den Frostschutz benötigt. Dieser Verbrauch kann je nach geografischer Lage variieren.

Der Prozess bei den Kieswerken ist grundsätzlich sehr vergleichbar, da der Prozess praktisch identisch abläuft. Der grössere Unterschied zeigt sich beim Abbau des Materials und beim nachgelagerten Transport zum Kunde. Je nach Situation ist ein Beton- oder Belagswerk nebenan und die Transportwege fallen teilweise weg, da sie mit Förderbändern umgesetzt sind.

Um die Emissionen branchenweit zu reduzieren, wurden im Dokument «Massnahmenkatalog BKS» verschiedene Massnahmen zusammengefasst. Der Branchenfahrplan stützt sich auf die Analyse dieser potenziell wirksamen Massnahmen. Zu den möglichen Strategien gehören beispielsweise die Verwendung von Recyclingmaterialien, die Optimierung der Logistikprozesse, die Nutzung alternativer Brennstoffe und die Steigerung der Energieeffizienz.

3. Beschreibung klimarelevante Prozesse

Kieswerk

Ein Kieswerk stellt eine industrielle Anlage zur Gewinnung und Aufbereitung von Kies und Sand dar, welche als essenzielle Rohstoffe in der Bauindustrie Verwendung finden. Die Anlage extrahiert diese mineralischen Ressourcen aus geologischen Formationen und prozessiert sie zu spezifizierten Korngrössenfraktionen für den Einsatz in diversen Bauanwendungen.

Der initiale Prozessabschnitt umfasst die Rohstoffgewinnung. Mittels Grossgeräte wie Hydraulikbaggern und Radladern erfolgt der Abbau des Rohkieses aus der Lagerstätte. Die gewonnenen Materialien werden anschliessend mittels Schwerlastkraftwagen oder per Förderband zu den Aufbereitungsanlagen transportiert. Die Aufbereitung des Rohkieses beinhaltet mehrere Prozessschritte zur Erzielung der geforderten Qualität und Korngrößenverteilung. Zunächst erfolgt die Nassaufbereitung, bei der lehmige und organische Bestandteile durch Waschen und Hydrozyklonieren separiert werden. Im Anschluss daran wird das Material einer Siebklassierung unterzogen, um die gewünschten Korngrößenfraktionen (Fein-, Mittel- und Grobkies) zu gewinnen. Gegebenenfalls wird eine Zerkleinerung von Überkorn mittels Brecheranlagen durchgeführt. Die aufbereiteten Kies- und Sandprodukte werden in Silos oder auf Halden zwischengelagert, bevor sie entsprechend weiter verwendet werden. Auf dem Areal selber sind oft Diesel betriebene Fahrzeuge im Einsatz oder teilweise Förderbänder, um grössere Distanzen überbrücken zu können.

Betonwerk

In einem Betonwerk werden Kies, Wasser, Zement und Zusatzstoffe gemäss der jeweiligen Rezeptur vermischt und als Frischbeton ausgeliefert. Der Kies wird entweder per LKW, Zug oder Förderband zum Betonwerk transportiert. Ähnliches gilt für den Zement, der in der Regel in Silofahrzeugen oder Säcken per LKW oder Zug angeliefert wird.

In den Wintermonaten fällt ein zusätzlicher Energiebedarf für Frostschutz und die Erwärmung des Wassers an. Diese Wärme wird oft mittels Heizöl oder Erdgas erzeugt. Obwohl der Energieverbrauch primär dem Verhindern des Einfrierens dient, ist er nicht zu vernachlässigen. Betrachtet man die Emissionen des gesamten Prozesses, so sind neben der Zementherstellung vor allem die Transporte der Rohstoffe zum Betonwerk und des Frischbetons zur Baustelle relevante Faktoren.

4. Resultate des CO_2-Fussbabdrucks

Im Folgenden werden die Erkenntnisse aus dem CO_2-Fussabdruck anhand des Durchschnitts der teilnehmenden Pilotwerke ermittelt.

4.1.1. CO_2-Fussabdruck nach Scope

4.1.1.1. Kieswerk

Die Analyse nach Scope 1, 2 und 3 werden in Abbildung 1 und Tabelle 1 gezeigt. Ein kleiner Teil der Emissionen entfällt mit 9.3% auf die direkten Scope 1 Emissionen. Die indirekten Emissionen aus Scope 3 sind für den Grossteil der Emissionen mit 90.7% verantwortlich. Aufgrund der eingesetzten CO_2-armen Strommixe haben die indirekten Energieemissionen aus Scope 2 praktisch keinen Einfluss mit weniger als 0.1%. Insgesamt werden im Durchschnitt rund 15.1 kg CO_2 pro Tonne Produkt verursacht.

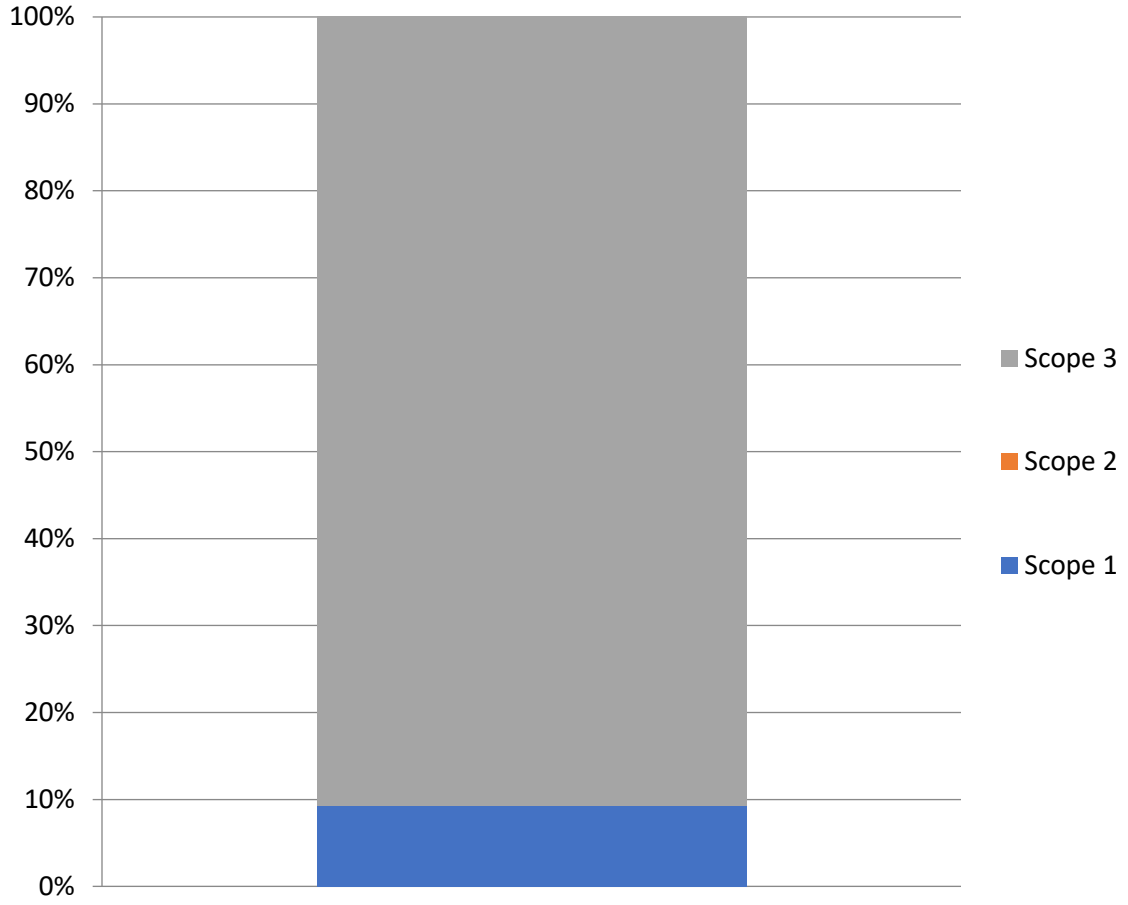

Abbildung 1 Verteilung der CO_2-Bilanz nach Scope im Durchschnitt der Kieswerke

Tabelle 1 Detaillierte prozentuale Verteilung der CO2-Bilanz nach Scope der Kieswerke

Indikatorname	Einheit	Total	Scope 1	Scope 2	Scope 3
GWP100 prozentual	%	100%	9.3%	0.0%	90.7%

4.1.1.2. Betonwerk

Klarer ist die Analyse im Betonwerk gemäss Abbildung 2 und Tabelle 2. 0.2% der CO_2-Emissionen werden im Scope 1 verursacht. Wie beim Kieswerk tragen die CO_2-armen Scope 2 Emissionen weniger als 0.1% zur Gesamtbilanz bei und der Grossteil mit 99.8% stammt aus den Scope 3 Emissionen. Pro Tonne Beton werden im Durchschnitt 89.7 kg CO_2 verursacht.

Abbildung 2 Verteilung der CO2-Bilanz nach Scope im Durchschnitt der Betonwerke

Tabelle 2 Detaillierte prozentuale Verteilung der CO2-Bilanz nach Scope der Betonwerke

Indikatorname	Einheit	Total	Scope 1	Scope 2	Scope 3
GWP100 prozentual	**%**	100.0%	0.2%	0.0%	99.8%

4.1.2. CO_2-Fussabdruck nach Scope 1-3

4.1.2.1. Kieswerk

Eine detaillierte Analyse nach Inputs der Scope 1, 2 und Unterkategorien von Scope 3 in Abbildung 3 und Tabelle 3 zeigt, dass im Scope 3.12 (Produktentsorgung) mit rund 30.0% CO_2-Äquivalenten die grösste Relevanz liegt. Ebenfalls stark relevant sind die beiden Transportkategorien mit 24.3% ist Scope 3.4 (Rohstofftransporte) und mit 17.2% Scope 3.9 (Produkttransporte), womit die Transporte für insgesamt 41.5% verantwortlich sind. Scope 3.10 (Produktweiterverarbeitung) mit 10.6% und die direkten Scope 1 Emissionen mit 9.3%, sowie Scope 3.1 (Eingekaufte Güter) mit 3.5% und Scope 3.3 (Indirekte Energieemissionen) mit 3.3% sind mit über 1% ebenfalls gewichtige CO_2-Treiber. Alle anderen Kategorien sind (noch) nicht relevant.

Bei der Produktentsorgung wird gemäss Hintergrunddatenbank davon ausgegangen, dass sämtliche Abbauschritte zum Beispiel Kies im Beton oder Asphalt dieselbetrieben sind. Da dies der Grossteil der CO_2-Emissionen in der Entsorgung ausmacht, ist es unerheblich, ob das Kies anschliessend deponiert oder recycelt wird. Da der Abbau im Falle von Beton und Asphalt allerdings einige Jahrzehnte in der Zukunft liegt, ist die Chance hoch, dass auch diese Prozesse bereits elektrifiziert wurden. Der hohe CO_2-Faktor wurde mit EPDs aus der Schweiz und Deutschland verglichen. Schweizer EPDs gehen von rund 25% tieferen CO_2-Emissionen und Deutsche EPDs von 2% tieferen CO_2-Emissionen. Im Rahmen einer konservativen Abschätzung und um die Konsistenz der Studie zu gewährleisten, wurden die (veralteten) Daten aus der Hintergrunddatenbank verwendet.

Für die Produkt- und Rohstofftransporte sind die direkten Emissionen aus dem Transport relevant. Transportmengen und -distanzen, als auch Transportart – primär mit dem LKW – sind in dieser Kategorie relevant. Bei Scope 3.4 wurden ebenfalls die Transporte des Aushubs mitberechnet. Dabei handelt es sich nicht um einen eingekauften Rohstoff nach Scope 3.1, da der Aushub in diesem Sinne ein Abfallprodukt ist. Da die Entsorgung des Aushubs einen Umsatz beim Kieswerk generiert, wurden die entsprechenden Transporte mitberechnet.

Bei Scope 3.10 (Produktweiterverarbeitung) zeigte sich, dass vor allem die Verarbeitung des Kieses zu Asphalt hohe Emissionen generiert. In Scope 3.10 werden lediglich Scope 1 und 2 Emissionen aus der Weiterverarbeitung miteinberechnet. Die Verarbeitung zu Beton oder Bahnschotter spielt hier eine untergeordnete Rolle.

Bei den Scope 1 Emissionen sind vor allem die direkten Dieselemissionen aus dem Betrieb des Fuhrparks relevant. Dies hat auch Folgen für Scope 3.3 (indirekte Energieemissionen) in dem Diesel ebenfalls der grösste CO_2-Treiber ist. In kleinerem Umfang auch die indirekten Stromemissionen. Bei Scope 3.3 werden Emissionen für die Förderung und Raffinierung von Diesel angerechnet, während Scope 1 lediglich die Direktemissionen aus der Verbrennung des Diesels anrechnet.

Bei den eingekauften Gütern zeigte sich vor allem, dass Verschleissteile aus Stahl einen grossen Einfluss darauf haben. Im Rahmen einer konservativen Schätzung wurde davon ausgegangen, dass es sich um Primär- und nicht um Recyclingstahl handelt.

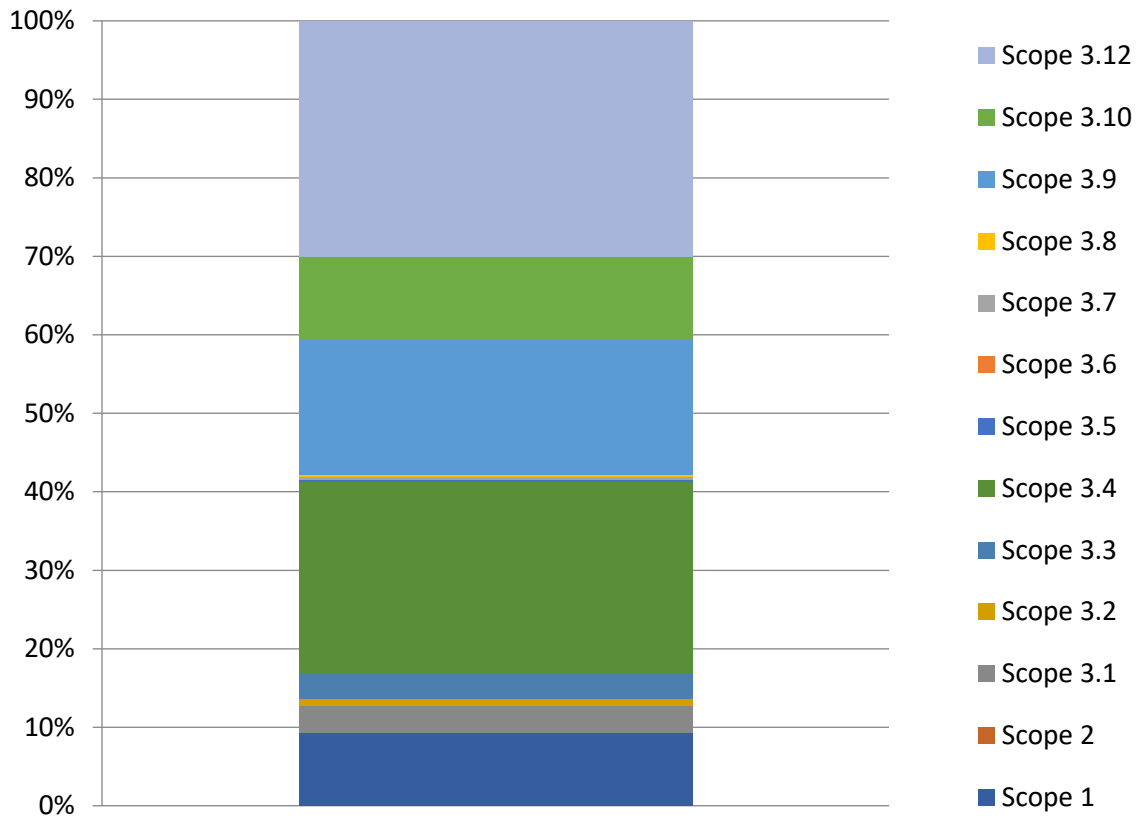

Abbildung 3 Verteilung der Emissionen aus Scope 1, 2 und der Scope 3 Unterkategorien im Durchschnitt der Kieswerke

Tabelle 3 Detaillierte prozentuale Verteilung der Emissionen aus Scope 1, 2 und der Scope 3 Unterkategorien im Durchschnitt der Kieswerke

Kapitel	Indikatorname	GWP100 [%]
Scope 1	**Direkte Emssionen**	**9.3%**
Scope 2	**Indirekte Emissionen**	**0.0%**
Scope 3	**Vor- und nachgelagerte Emissionen**	**90.7%**
Scope 3.1	Bezogene Waren und Dienstleistungen	3.5%
Scope 3.2	Investitionsgüter	0.9%
Scope 3.3	Indirekte Energieemissionen	3.3%
Scope 3.4	Vorgelagerter Transport	24.3%
Scope 3.5	Entsorgung Produktionsabfälle	0.3%
Scope 3.6	Geschäftsreisen	0.0%
Scope 3.7	Pendelverkehr	0.3%
Scope 3.8	Gemietete Vermögenswerte	0.3%
Scope 3.9	Nachgelagerter Transport	17.2%
Scope 3.10	Verarbeitung der Produkte	10.6%
Scope 3.11	Nutzung der Endprodukte	0.0%
Scope 3.12	Entsorgung der verkaufte Produkte	30.0%
Scope 3.13	Vermietete Vermögenswerte	0.0%
Scope 3.14	Franchises	0.0%
Scope 3.15	Investitionen	0.0%

4.1.2.2. Betonwerk

Klarer ist das Bild bei den Betonwerken. Auch hier werden die CO_2-Emissionen nach Scope 1, 2 und Scope 3 Unterkategorien in Abbildung 4 und Tabelle 4 gezeigt. Der mit Abstand grösste Treiber des CO_2-Fussabdrucks sind die Scope 3.1 (Eingekaufte Güter und Dienstleistungen) mit 88.9%. Daneben sind wie beim Kieswerk die Produktentsorgung des Betons relevant im Scope 3.12 mit 5.0%, sowie die Rohstofftransporte im Scope 3.4 mit 2.6% und die Produktweiterverarbeitung im Scope 3.10 mit 1.8%. Alle anderen Kategorien tragen weniger als 1.0% bei und sind dementsprechend (noch) nicht relevant.

Scope 3.1 wird in Kapitel 4.1.4.2 genauer analysiert. Für die Produktentsorgung in Scope 3.12 treffen dieselben Aussagen aus dem Kieswerk zu. Bei den Rohstofftransporten in Scope 3.4 tragen besonders die Kiestransporte aufgrund der grossen Menge und die vornehmlich mit LKW ausgetragenen Transporte zur Kategorie bei. Bei der Produktweiterverarbeitung in Scope 3.10 sind vor allem das Ausbringen des Betons auf der Baustelle relevant, die grösstenteils mit Diesel, zu kleinen Teilen auch mit Strom betrieben wird.

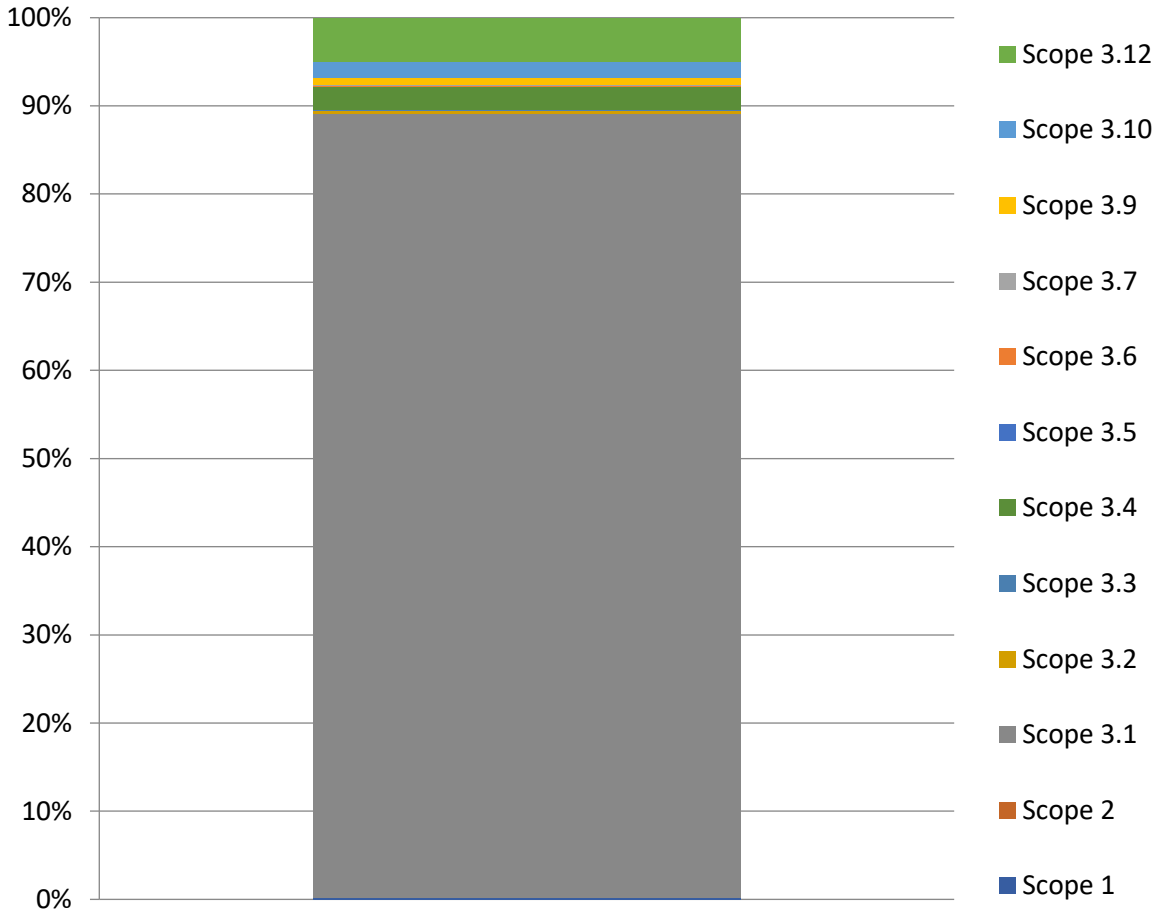

Abbildung 4 Verteilung der Emissionen aus Scope 1, 2 und der Scope 3 Unterkategorien im Durchschnitt der Betonwerke

Tabelle 4 Detaillierte prozentuale Verteilung der Emissionen aus Scope 1, 2 und der Scope 3 Unterkategorien im Durchschnitt der Betonwerke

Kapitel	Indikatorname	GWP100 [%]
Scope 1	**Direkte Emssionen**	**0.2%**
Scope 2	**Indirekte Emissionen**	**0.0%**
Scope 3	**Vor- und nachgelagerte Emissionen**	**99.8%**
Scope 3.1	Bezogene Waren und Dienstleistungen	88.9%
Scope 3.2	Investitionsgüter	0.3%
Scope 3.3	Indirekte Energieemissionen	0.1%
Scope 3.4	Vorgelagerter Transport	2.6%
Scope 3.5	Entsorgung Produktionsabfälle	0.0%
Scope 3.6	Geschäftsreisen	0.0%
Scope 3.7	Pendelverkehr	0.1%
Scope 3.8	Gemietete Vermögenswerte	0.0%
Scope 3.9	Nachgelagerter Transport	0.9%
Scope 3.10	Verarbeitung der Produkte	1.8%
Scope 3.11	Nutzung der Endprodukte	0.0%
Scope 3.12	Entsorgung der verkaufte Produkte	5.0%
Scope 3.13	Vermietete Vermögenswerte	0.0%
Scope 3.14	Franchises	0.0%
Scope 3.15	Investitionen	0.0%

4.1.3. CO_2-Fussabdruck für Scope 1 und 2

4.1.3.1. Kieswerk

Scope 1 und 2 sind Emissionen, die bis 2050 auf Netto-Null reduziert werden müssen und die BKS-Mitglieder selbst einen direkten Einfluss ausüben können. Daher lohnt sich ein detaillierter Einblick in die Scope 1 und 2 Emissionen (Abbildung 5 und Tabelle 5).

Die Scope 1 und 2 Emissionen werden von den direkten Dieselemissionen mit 98.6% des Gesamtanteils dominiert. Dies für den Betrieb des Fuhrparks. Die direkten Emissionen aus Heizöl tragen 1.4% zu den Scope 1 und 2 Gesamtemissionen bei. Heizöl wird für Heizzwecke genutzt. Die restlichen zum Scope 1 beitragenden Treibstoffe Benzin und Holzpellets tragen unter 0.1% zur Bilanz bei und auch der Strom aus Scope 2 ist mit insgesamt weniger 0.1% irrelevant.

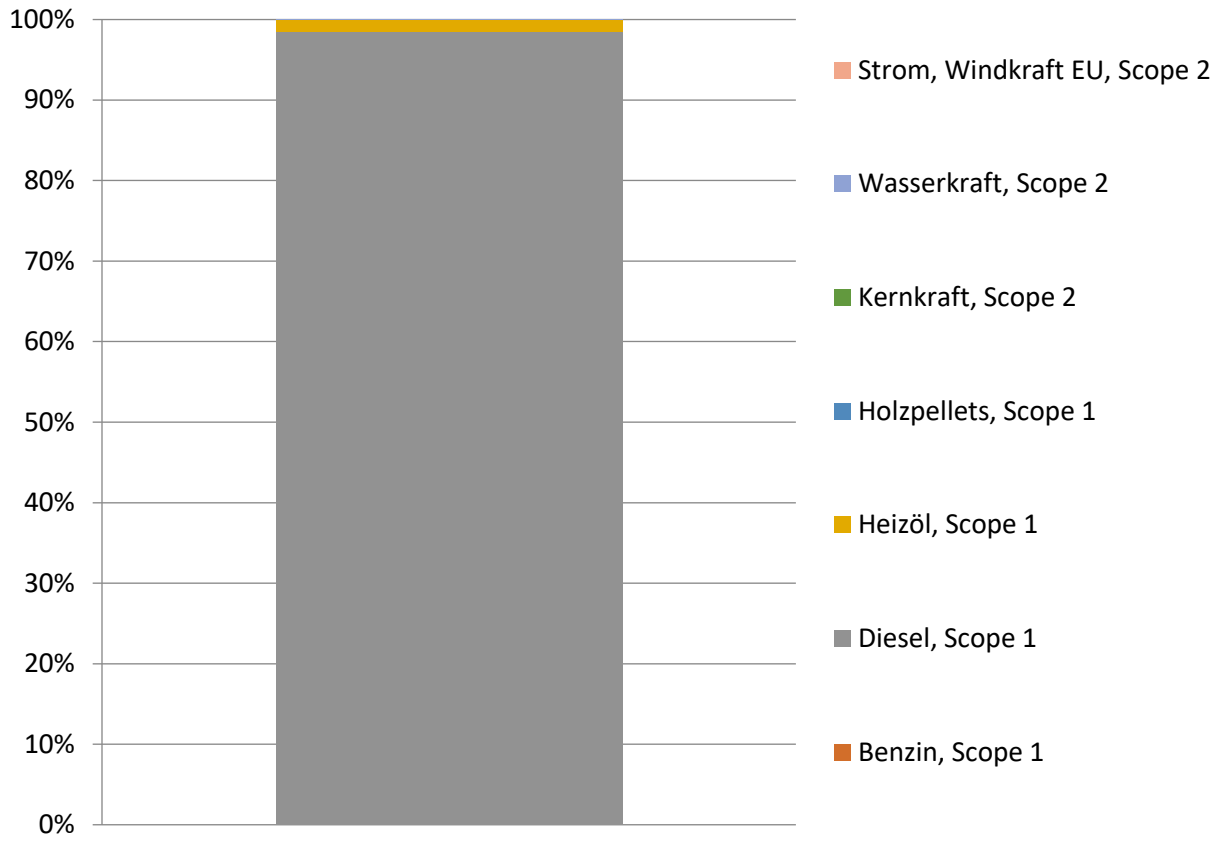

Abbildung 5 Verteilung der Scope 1 und 2 Emissionen nach Energieträger im Durchschnitt der Kieswerke

Tabelle 5 Detaillierte prozentuale Verteilung der Scope 1 und 2 Emissionen nach Energieträger im Durchschnitt der Kieswerke

Indikatorname	GWP100 [%]
Total	100.0%
Benzin, Scope 1	0.0%
Diesel, Scope 1	98.6%
Heizöl, Scope 1	1.4%
Holzpellets, Scope 1	0.0%
Kernkraft, Scope 2	0.0%
Wasserkraft, Scope 2	0.0%
Strom, Windkraft EU, Scope 2	0.0%

4.1.3.2. Betonwerk

Die Verteilung der Scope 1 und 2 Emissionen sind in Abbildung 6 und Tabelle 6 zu sehen. Insgesamt spielen die Scope 1 und 2 Emissionen beim Betonwerk eine untergeordnete Rolle. Mit 69.2% das Heizöl und mit 25.5% das Erdgas sind die beiden Energieträger zu Heizzwecken am relevantesten für die Scope 1 und 2 Emissionen. CO_2-Gas wird für die Neutralisation des Abwassers benötigt und trägt ebenfalls 2.8% zu den Scope 1 und 2 Emissionen bei. Relevant ist auch der Diesel mit 2.4%. Acetylen zu Schweisszwecken und Scope 2 aus Strom sind in der Betrachtung irrelevant und tragen gesamthaft 0.2% zur Scope 1 und 2 Bilanz bei.

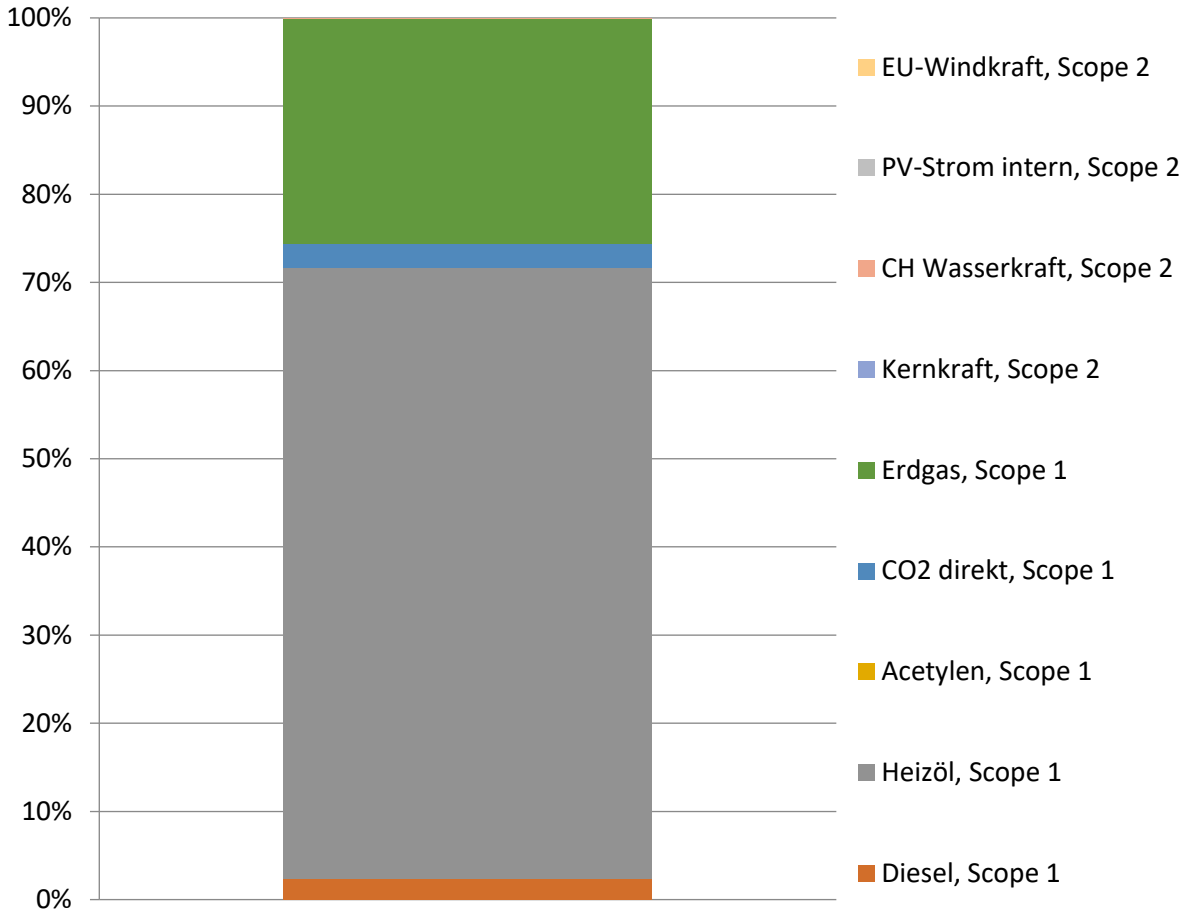

Abbildung 6 Verteilung der Scope 1 und 2 Emissionen nach Energieträger im Durchschnitt der Betonwerke

Tabelle 6 Detaillierte prozentuale Verteilung der Scope 1 und 2 Emissionen nach Energieträger im Durchschnitt der Betonwerke

Indikatorname	GWP100 [%]
Total	100.0%
Diesel, Scope 1	2.4%
Heizöl, Scope 1	69.2%
Acetylen, Scope 1	0.1%
CO_2 direkt, Scope 1	2.8%
Erdgas, Scope 1	25.5%
Kernkraft, Scope 2	0.0%
CH Wasserkraft, Scope 2	0.1%
PV-Strom intern, Scope 2	0.0%
EU-Windkraft, Scope 2	0.0%

4.1.4. CO_2-Fussabdruck für Scope 3.1

4.1.4.1. Kieswerk

Da Scope 3.1 kein grosser Treiber des CO_2-Fussabdrucks ist, gibt es eine kurze Analyse in Kapitel 4.1.2.1.

4.1.4.2. Betonwerk

Scope 3.1 macht in der Gesamtbilanz rund 89% aus. Somit lohnt sich eine detaillierte Ansicht dieser Unterkategorie (Abbildung 7 und Tabelle 7).

Scope 3.1 wird von Zement dominiert mit 94.1% Anteil an den Scope 3.1 Emissionen. Vor allem der hohe Energiebedarf, aber auch die direkten CO_2-Emissionen aus dem Prozess sind ausschlaggebend für die hohen CO_2-Emissionen. Neben dem Zement ist auch der mengenmässig grösste Input Kies/Sand von Relevanz und tragen rund 5.8% zum Scope 3.1 bei. Andere Stoffe wie die chemischen Zusatzstoffe, diverse Verschleissteile oder Wasser sind nicht von Relevanz.

Auffallend ist auch der kleine Anteil an karbonatisierter Gesteinskörnung, der in der CO_2-Bilanz einen Minuswert von -0.3% verursacht.

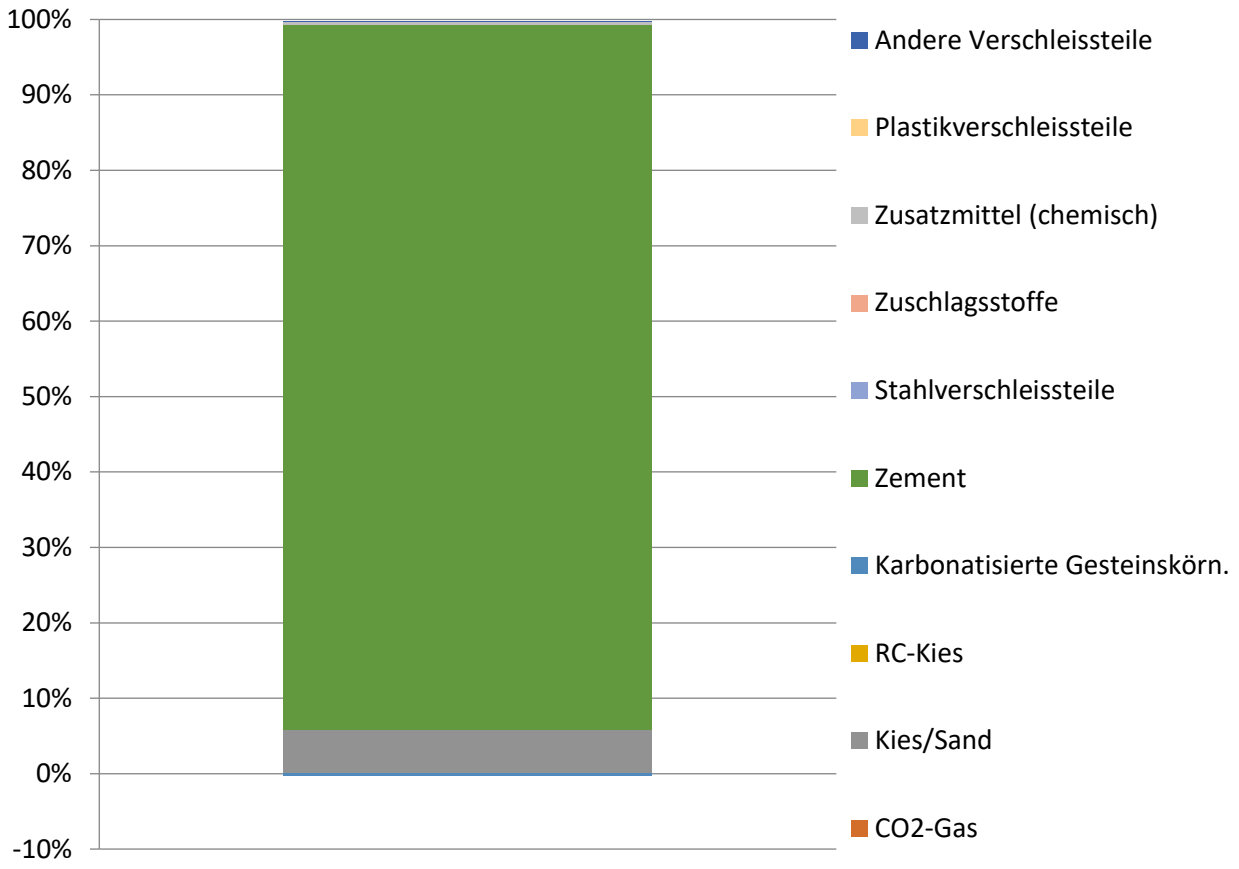

Abbildung 7 Verteilung der Emissionen aus Scope 3.1 im Durchschnitt der Betonwerke

Tabelle 7 Detaillierte prozentuale Verteilung der Emissionen aus Scope 3.1 im Durchschnitt der Betonwerke

Schadenskategorie	GWP100 [%]
Summe	100.0%
CO_2-Gas	0.0%
Kies/Sand	5.8%
RC-Kies	0.0%
Karbonatisierte Gesteinskörn.	-0.3%
Zement	94.1%
Stahlverschleissteile	0.0%
Zuschlagsstoffe	0.1%
Zusatzmittel (chemisch)	0.3%
Plastikverschleissteile	0.0%
Andere Verschleissteile	0.0%

5. Absenkpfad Scope 1&2 bis 2050

Sämtliche Abschätzungen in Bezug zur Elektrifizierung von Fahrzeugen und Maschinen bilden den gegenwärtigen Markt und Technologiestand ab und wurden nach bestem Wissen und Verfügbaren Informationen berechnet oder abgeschätzt. Da beispielsweise in der Batterie-/el. Speichertechnik die technologischen Fortschritte und die damit einhergehenden Kostenverbesserungen rasant sind, ist davon auszugehen, dass sich die Vermeidungskosten zugunsten neuer Technologien bewegen werden.

5.1. Branchenmassnahmen Scope 1&2

5.1.1. Massnahme Elektrische Radlader

Die Radlader auf dem Areal können elektrifiziert werden, um den Diesel Verbrauch zu senken oder komplett zu vermeiden. Aktuell sind je nach Baugrösse der Baufahrzeuge noch Hindernisse vorhanden. Neben den hohen Investitionskosten sind auch die Ladeinfrastruktur und die Betriebszeit ein Problem. Es ist aber davon auszugehen, dass sich diese Probleme mit Zeit minimieren oder sogar verschwinden.

Kostenabschätzung:

Als Beispiel wird ein Ersatz eines Radlader 5t betrachtet. Die Kosten sind aktuell im Schnitt um das 2.5 fache grösser als ein Diesel betriebenes Fahrzeug.

Investition Radlader elektrisch:	200'000 CHF
Investition Radlader Diesel:	80'000 CHF
Mehrkosten eines elektrischen Radladers:	120'000 CHF
Verbrauch Diesel:	6.2 l / h
Verbrauch Elektrisch:	4 kWh / h (Nach Datenblatt Liebherr)

CO_2-Einsparung über Branchenschnitt:

Die Einsparung an kgCO_2 pro Stunden sind wie folgt:

Emissionen Diesel:	16.3 kgCO_2 / h
Emissionen Elektrisch:	0.512 kgCO_2 / h

Schätzung Vermeidungskosten:

Annahme Lebensdauer eines Radladers:	15'000 h
Berechnung Vermeidungskosten:	**0.51 CHF / kgCO_2**

5.1.2. Massnahme elektrische Personenfahrzeuge

Die Geschäftsfahrzeuge sind mit Diesel oder Benzin betrieben und können mit elektrischen Fahrzeugen ersetzt werden. In diesem Beispiel werden die Scope 1&2 Emissionen berücksichtigt.

Kostenabschätzung:

Diesel Fahrzeug (VW Passat 2.0):	53'000 CHF
Elektrofahrzeug (Skoda Enyaq):	62'000 CHF
Mehrkosten Elektrofahrzeug:	9'000 CHF

Die beiden Fahrzeuge sind von der Baugrösse ähnlich.

Energiekosten Diesel:	1.90 CHF / l
Energiekosten Strom:	0.20 CHF / kWh

CO_2-Einsparung über Branchenschnitt:

Verbrauch Diesel Fahrzeug:	5.3 l / 100 km
Emissionen:	13.94 $kgCO_2$ / 100 km
Verbrauch Elektrofahrzeug:	17 kWh / 100 km
Emissionen:	2.18 $kgCO_2$ / 100 km
Einsparungen an Emissionen:	11.76 $kgCO_2$ / 100 km

Schätzung Vermeidungskosten:

Wird ein Fahrzeug in jedem Fall beschafft, so wird nur die Kostendifferenz berücksichtigt. Neben der Kostendifferenz der Investition werden auch die Kosten für den Treibstoff bzw. des Stroms berücksichtigt. Die Unterhaltskosten sind nicht berücksichtigt.

Geschätzte Fahrkilometer pro Fahrzeug:	200'000 km
Berechnung Vermeidungskosten:	**-0.002 CHF / $kgCO_2$**

5.1.3. Massnahme Ersatz fossiler Heizung

Ersatz der Heizung mit einer Wärmepumpe, um das Warmwasser zu erzeugen. Je nach Situation des Werkes könnten die Silos direkt elektrisch geheizt werden. Diese Technik ist bekannt aus dem Silobau. Hier wird angenommen, dass das gesamte System mit einer Wärmepumpe betrieben wird.

Kostenabschätzung:

Wärmepumpe Luft/Wasser 100kW:	100'000 CHF
Öl-Brennwertkessel 600kW:	25'600 CHF
Energiekosten Heizöl:	1 CHF / Liter
Energiekosten Strom:	0.20 CHF / kWh

CO_2-Einsparung über Branchenschnitt:

Berechnet wird eine Heizung mit einem Heizöl Bedarf von 10'000 Liter Heizöl. Im Vergleich steht die Wärmepumpe Luft/Wasser. In der Berechnung werden nur die CO_2-Emissionen des Energiebedarfs berücksichtigt.

Verbrauch Heizöl pro Jahr:	10'000 Liter → 90'000 kWh (Wirkungsgrad Kessel 90%)
Verbrauch WP pro Jahr mit JAZ 3:	30'000 kWh
Lebensdauer der Anlage:	25 Jahre
Emissionen Heizöl Heizung:	26'500 $kgCO_2$ / a
Emissionen WP:	3'840 $kgCO_2$ / a

Einsparung der CO2-Emissionen pro Jahr: 22'660 $kgCO_2$

Schätzung Vermeidungskosten:

Über die gesamte Lebensdauer gerechnet sind die Vermeidungskosten bei **0.01 CHF / $kgCO_2$.**

5.1.4. Massnahme Strom aus erneuerbarer Quelle

Strom aus erneuerbarer Quelle haben tiefe CO_2-Emissionen, da die elektrische Energie mit Hilfe von erneuerbaren Energieträgern erzeugt wird. Der Fokus liegt darauf, fossile Brennstoffe zu vermeiden und stattdessen auf lokal verfügbare und regenerierbare Ressourcen zu setzen. Ein nachhaltiger Strommix fördert den Klimaschutz, reduziert die Abhängigkeit von endlichen Ressourcen und trägt zur Energiewende bei.

Mit Hilfe der KBOB-Datenbank wird in der nachfolgenden Abbildung die CO_2-Emissionen pro kWh Strom gezeigt.

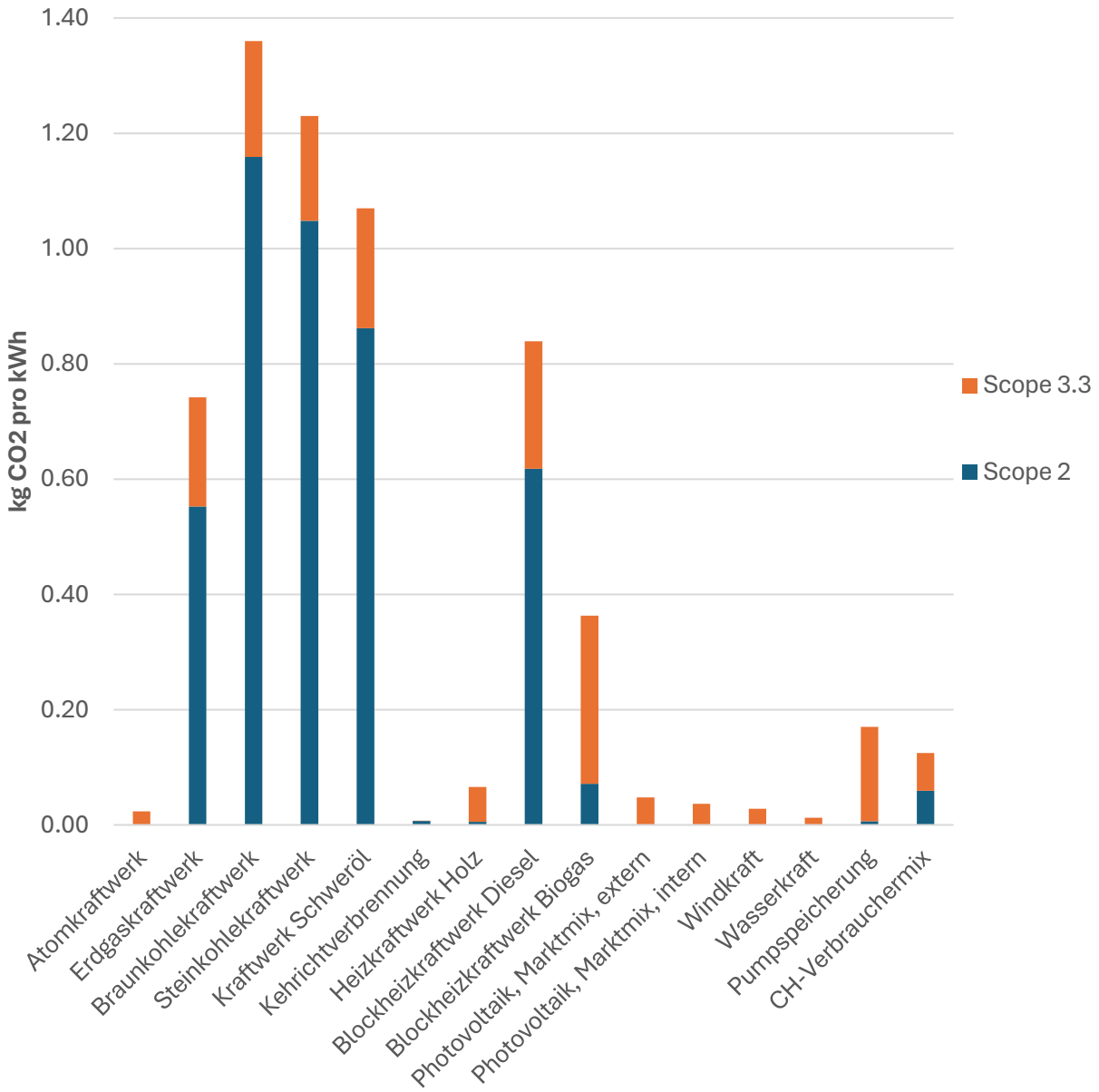

Abbildung 8 Vergleich von verschiedenen Strommixen aufgeteilt nach Scope 2 und Scope 3.3 Emissionen

Die Übersicht zeigt die Aufteilung der Scope 2 und Scope 3.3 Emissionen nach Erzeugungsart. Erneuerbare Energiequellen verursachen in der Regel keine Scope 2 Emissionen und nur geringe Scope 3.3 Emissionen. Durch den gezielten Einkauf erneuerbarer Energien lassen sich die Scope 2 Emissionen bei der Energiebeschaffung vermeiden.

5.2. Darstellung Absenkungspfad Scope 1&2

Mit den oben genannten Massnahmen lassen sich die Scope 1&2 Emissionen vermeiden. Entscheidend wird sein, wann welche Massnahme umgesetzt werden kann. Dies ist stark von der Ausgangslage des Unternehmens abhängig. Im Branchenbeispiel geht man von einem CO_2-Ausstoss von 933'000 kg aus (Stand 2024), welche mit 7 Massnahmen eliminiert werden soll. Hierbei handelt es sich um eine Firma mit 2 Personenwagen, 3 Radladern und einer Heizung, die als Frostschutz genutzt wird. Die Radlader haben unterschiedliche Grössen und Betriebszeiten, womit auch die Wirkung variiert. Die Vermeidungskosten beziehen sich auf den heutigen Stand und können sich künftig noch anpassen. Hierbei handelt es sich um ein Beispiel, womit die Jahreszahlen zufällig ausgewählt worden sind.

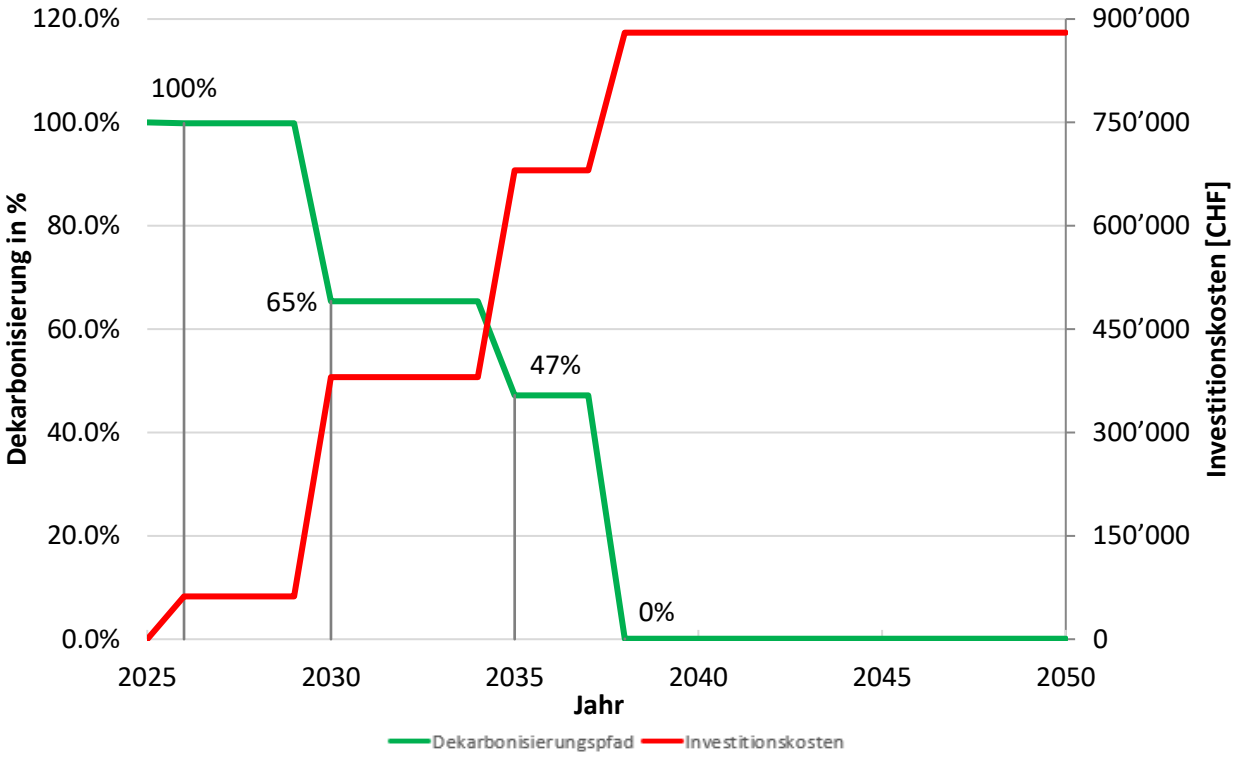

Abbildung 9: Möglicher Dekarbonisierungspfad für die Branche.

Tabelle 8: Übersicht der geplanten Massnahmen.

Massnahme	Typ	Wirkung [$kgCO_2$]	Umsetzungs-jahr	Investitions-kosten [CHF]	Vermeidungs-kosten [CHF/$kgCO_2$]
Massnahme 1	Ersatz PW 1	1'500	2026	62'000	-0.002
Massnahme 2	Ersatz PW 2	1'500	2030	62'000	-0.002
Massnahme 3	Stromeinkauf erneuerbar	160'000	2030	56'250	0.35
Massnahme 4	Ersatz Radlader	160'000	2030	200'000	0.51
Massnahme 5	Ersatz Radlader	160'000	2035	200'000	0.51
Massnahme 6	Ersatz Radlader	440'000	2038	200'000	0.51
Massnahme 7	Ersatz Heizung	10'000	2035	100'000	0.01
Total		**933'000**		**880'250**	

6. Absenkpfad Scope 3 bis 2050

Sämtliche Abschätzungen in Bezug zur Elektrifizierung von Fahrzeugen und Maschinen bilden den gegenwärtigen Markt und Technologiestand ab und wurden nach bestem Wissen und Verfügbaren Informationen berechnet oder abgeschätzt. Da beispielsweise in der Batterie-/el. Speichertechnik die technologischen Fortschritte und die damit einhergehenden Kostenverbesserungen rasant sind, ist davon auszugehen, dass sich die Vermeidungskosten zugunsten neuer Technologien bewegen werden.

6.1. Branchenmassnahmen Scope 3

6.1.1. Branchenfahrplan Zement nach cemsuisse

Bisher zeigte sich, dass Zement der relevanteste CO_2-Treiber mit rund 84% Anteil der Gesamtbilanz ist. Netto-Null bis 2050 für die Produzenten inkl. den Scope 3 Emissionen ist dadurch stark abhängig vom Zement.

Eine Branchenroadmap 2050 wurde durch den Branchenverband der Zementindustrie «cemsuisse» bereits 2021 erstellt und soll die künftige Strategie und Reduktionsziele bis zu Netto-Null 2050 aufzeigen (cemsuisse - Verband der Schweizerischen Cementindustrie, 2021). Gemäss der Roadmap wollen sie dies durch folgende Massnahmen ihre Ziele erreichen:

- Brennstoffe: Ersatz durch alternative Brennstoffe (60% biogene/-21.0%)
- Neue Zementsorten und Beton: Unter anderem Reduktion Klinkergehalt (-17.0%)
- Transport: Unter anderem Verlagerung auf die Schiene (-3.5%)
- Strom: Elektrifizierung von bestehenden Prozessen und Dekarbonisierung (-2.5%)
- CCU/CCS: Lagerung oder Verwendung des entstehenden CO_2 ab 2030 (-70.6%)
- Rekarbonatisierung: Natürliche Rekarbonatisierung (-9.8%)

Insgesamt entsprechen die Reduktionen 124.4% gegenüber dem Niveau von 2019. Warum der Wert grösser als 100% ist, ist einerseits auf die Rekarbonatisierung zurückzuführen, welche nicht als beitragender Faktor zum Netto-Null Ziel 2050 angesehen wird. Andererseits werden die biogenen CO_2 Emissionen aus dem Brennstoffverbrauch, die etwa 14.5% der Emissionen ausmachen werden, ebenfalls durch CCU/CCS-Anlagen eingefangen. Da Emissionen aus biogenen Quellen künftig nicht mehr als CO_2-neutral angesehen werden können, würde das CCU/CCS-Verfahren dieser Entwicklung vorzeitig Rechnung tragen. Kompensationen durch CO_2-Zertifikate sind nicht Teil der Roadmap, genauso wie evtl. künftige Einsparungen an Betonstrukturen durch eine schlankere Bauweise.

Abbildung 10 zeigt die CO_2-Emissionen pro Tonne Zement, gemäss dem Absenkpfad der cemsuisse. Im Jahr 2019 lag dieser noch bei 600 kgCO_2 pro t Zement. Es wird eine lineare Reduktion angestrebt bis zum Jahre 2050. Die CCU- und CCS-Anlagen, die den grössten Teil der Reduktion erreichen, werden allerdings erst ab 2030 erwartet. Entsprechend dürfte der grösste Teil der Reduktion erst ab 2030 erfolgen.

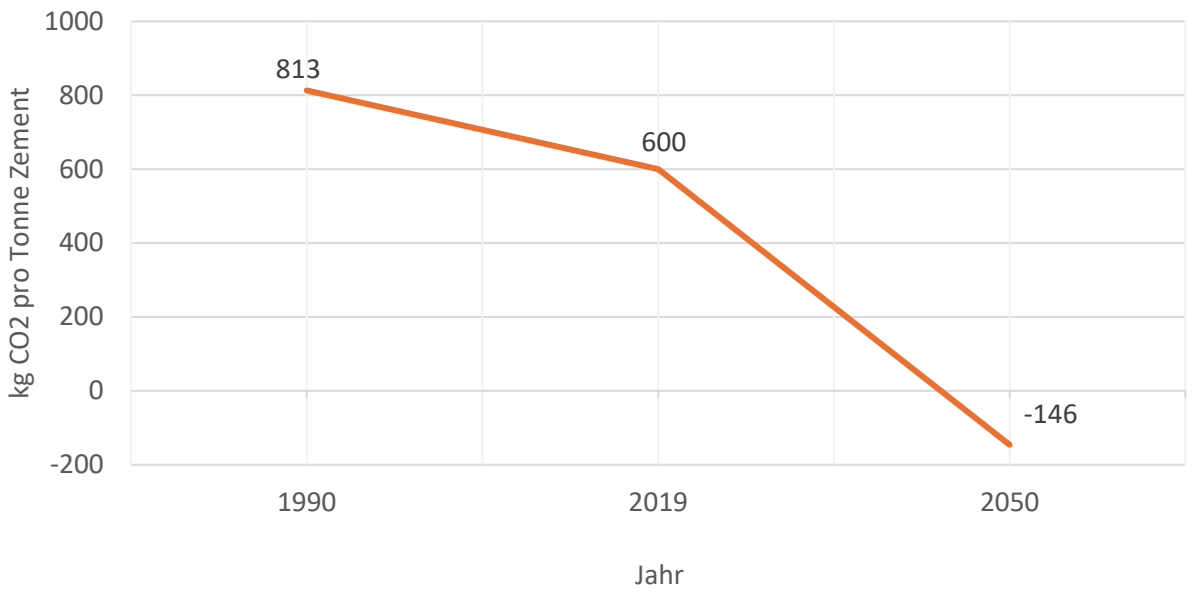

Abbildung 10 Absenkpfad kg CO2 pro Tonne Zement bis ins Jahr 2050 gemäss cemsuisse (cemsuisse - Verband der Schweizerischen Cementindustrie, 2021)

Gemäss dem linearen Szenario und ohne Berücksichtigung der biogenen Emissionen, werden im Jahr 2030 noch 406.5 kgCO_2 pro Tonne Zement verursacht. Im Jahr 2040 sind es noch 213 kg pro Tonne Zement. Aufgrund der Nichtberücksichtigung der biogenen Emissionen, wird im Jahr 2050 von 0 kgCO_2 pro Tonne Zement ausgegangen, womit das Netto-Null Ziel erreicht wird.

Einen Einfluss hat das BKS-Mitglied bei diesem Szenario nicht und ist dementsprechend stark abhängig von der Zementindustrie. In der Branchenroadmap sind verschiedene Bedingungen angegeben, unter denen die Ziele erreicht werden sollen. Die Bedingungen sind:

- Konstanter Bedarf an Beton bei gleichzeitiger Reduktion des Klinkers
- Marktakzeptanz der CO_2 ärmeren Formulierungen
- Dekarbonisierung der Transporte
- Verfügbarkeit von biogenen Brennstoffen
- Dekarbonisierter Strommix
- Technische Umsetzbarkeit von CCU/CCS-Anlagen
- Verfügbarkeit der mineralischen Rohstoffe

Unabhängig davon, ob die Zementbranche ihr Ziel erreicht, muss eine neutrale Überprüfung der EPDs oder Produkt-CO_2-Fussabrücken der Zemente verschiedener Hersteller möglich werden bzuw. stattfinden. Dies zur Eigenüberprüfung und allfälligen Anpassung des eingekauften Zementmixes. Zurzeit gibt es noch ein Moratorium von Werks- und zementspezifischen EPDs durch den Branchenverband cemsuisse, welches in den nächsten Jahren aufgehoben werden sollte.

Kostenabschätzung:

Die cemsuisse hat keine Kosten publiziert. Kostensteigerungen sind allerdings möglich.

CO_2-Einsparung über Branchenschnitt:
Betonwerk

Zement wird lediglich bei den Betonwerken eingesetzt. Entsprechend betrifft diese Massnahme nur die Betonwerke. Die Ergebnisse für die Betonwerke werden in Abbildung 11 und Tabelle 9 gezeigt. Im Branchenschnitt reduziert sich die Gesamtbilanz im Jahr 2030 um 27.0%, im Jahr 2040 um 54.0% und im Jahr 2050 um 83.8%. Wie erwähnt sind die Betonwerke dadurch stark abhängig von der Zementbranche, die ihre Ziele erreichen muss.

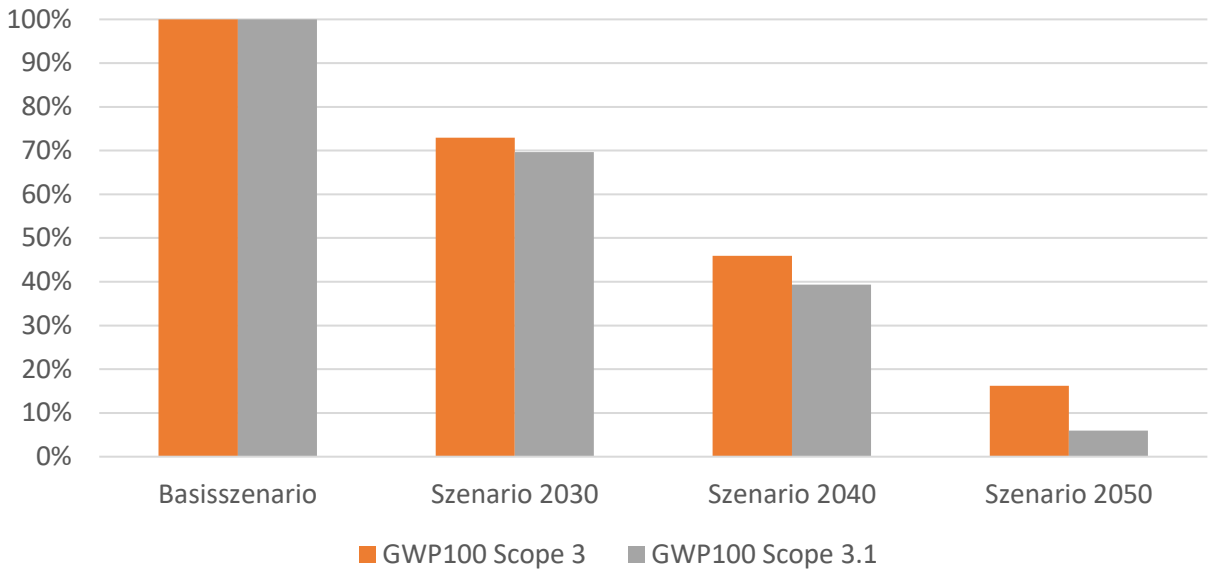

Abbildung 11 Vergleich des Branchenschnitts der Betonwerke mit einem Zementszenario 2030, 2040 und 2050 mit der GWP 100 (V1.03) Methode

Tabelle 9 Vergleich des Branchenschnitts der Betonwerke mit einem Zementszenario 2030, 2040 und 2050 mit der GWP 100 (V1.03) Methode

Schadenskategorie	Einheit	Basisszenario	Szenario 2030	Szenario 2040	Szenario 2050
GWP100 Scope 3	%	100	73.0	46.0	16.2
GWP100 Scope 3.1	%	100	69.7	39.3	5.9

Einsparungen im Branchenschnitt bis 2030: 2'868'960 $kgCO_2$

Einsparungen im Branchenschnitt bis 2040: 5'738'684 $kgCO_2$

Einsparungen im Branchenschnitt bis 2050: 8'898'422 $kgCO_2$

Zeitliche Abschätzung:

Laufend bis 2050

Schätzung Vermeidungskosten:

--

6.1.2. Branchenfahrplan Kies nach Baustoff Kreislauf Schweiz

Kies, Sand und Splitt entstehen als Co-produkte im Kieswerk. Die in Kapitel 5.2 erwähnte Roadmap für Kies kann, wie bei der cemsuisse für das Betonwerk angewendet werden. Folgende Massnahmen sollen

das Kies zu einem Netto-Null-Pfad bis 2050 führen:

- Einsatz alternativer Heizungen
- Dekarbonisierung des Fuhrparks
- Dekarbonisierung des Verkehrs

Gemäss dem oben erwähnten Kapitel sollen die CO_2-Emissionen bis 2030 auf 65% reduziert werden, bis 2035 auf 47% und bis 2040 bereits das Netto-Null Ziel erreicht werden.

CO_2-Einsparung über Branchenschnitt:

Betonwerke

Der erwähnte Absenkpfad wird für die Massnahmenwirkung verwendet. Der Einsatz von Sand, Splitt und Kies wird mit einem Szenario von 2030, 2035 und 2050 verglichen, wobei die obigen Reduktionen verwendet werden. Das heisst die Emissionen aus Kies/Sand/Splitt werden sich um 35% im Jahr 2030 reduzieren, 53% im Jahr 2035 und 100% im Jahr 2050. Es wird von derselben Menge Sand/Splitt/Kies und derselben Transportart ausgegangen, allerdings mit veränderten CO2-Fussabdrücken des Rohstoffs.

Die Ergebnisse werden in Abbildung 11 und Tabelle 9 gezeigt. Im Branchenschnitt reduziert sich die Scope-3-Bilanz im Jahr 2030 um 1.8% (-192 Tonnen CO_2-Äq.), im Jahr 2035 um 2.7% (-291 Tonnen CO_2-Äq.) und im Jahr 2050 um 5.2% (-550 Tonnen CO_2-Äq.). Wie erwähnt sind die Mitglieder, wie beim Zement, dadurch stark abhängig von den Kieswerken, die ihre Ziele erreichen müssen.

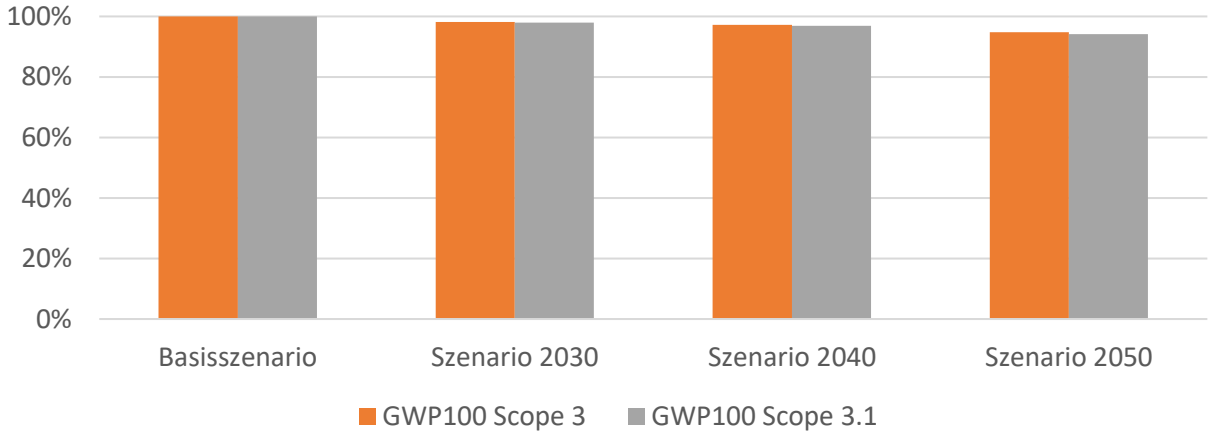

Abbildung 12 Vergleich des Branchenschnitts der Betonwerke mit einem Kiesszenario 2030, 2035 und 2050 mit der GWP 100 (V1.03) Methode

Tabelle 10 Vergleich des Branchenschnitts der Betonwerke mit einem Kiesszenario 2030, 2035 und 2050 mit der GWP 100 (V1.03) Methode

Schadenskategorie	Einheit	Basisszenario	Szenario 2030	Szenario 2035	Szenario 2050
GWP100 Scope 3	%	100.0%	98.2%	97.3%	94.8%
GWP100 Scope 3.1	%	100.0%	98.0%	96.9%	94.2%

Einsparungen im Branchenschnitt bis 2030: 192'459 $kgCO_2$

Einsparungen im Branchenschnitt bis 2035: 291'437 $kgCO_2$

Einsparungen im Branchenschnitt bis 2050: 549'882 $kgCO_2$

Zeitliche Abschätzung:

Laufend bis 2050

Schätzung Vermeidungskosten:

--

6.1.3. Karbonatisierung des Betons / Einsatz von angereichertem Recyclinggranulat

Die Karbonatisierung des Betons ist ein natürlicher Prozess, der vor allem bei Frischbeton, aber auch über die gesamte Lebensdauer des Betons abläuft. Dabei wird das im Zement enthaltene Calciumhydroxid mit Kohlendioxid zu Calciumcarbonat und Wasser umgewandelt. Dies wird beispielsweise bereits bei Umweltproduktdeklarationen von Zement berücksichtigt und macht je nachdem rund 10% der Gesamtemissionen des Zements aus. Der Prozess ist abhängig von der Grösse der Oberfläche. Grundsätzlich gilt: Je grösser die Oberfläche des Betons, desto mehr CO_2 kann gebunden werden. Diesen Prozess kann gezielt genutzt werden, indem Abbruchbeton mit grösserer Oberfläche den Luftkontakt für die CO_2-Speicherung nutzt. Solche Anlagen sind bereits getestet und im kommerziellen Betrieb.

Basierend auf der Ökobilanz der ETH und des PSI, welche auf der Technologie und der darin verfügbaren Sachbilanz basiert, konnte der mit CO_2 angereicherte Beton nachmodelliert werden.

Die Schlussresultate dieser Modelle zeigen insgesamt sehr ähnliche Werte zur Bindung von CO_2. Der angereicherte Beton speichert langfristig 9.6 $kgCO_2$ (vgl. Studie rund 7 $kgCO_2$ pro m^3 Beton) und schneidet mit 176 $kgCO_2$ pro m^3 Beton leicht besser ab, als das Vergleichsprodukt mit regulärem Beton mit 186 $kgCO_2$ pro m^3.

In Kombination mit anderen Massnahmen könnte dies eine Ergänzung darstellen, vorausgesetzt der Beton erfüllt die qualitativen Bedingungen. Dies trifft allerdings nur zu, wenn das CO_2 als Abfallstoff von bestehenden Prozessen (z. B. aus Biogasanlagen) genutzt wird und nicht spezifisch hergestellt wird.

Realistisch wäre ein Ersatz von rund 44% des Sandes und des Kieses. Dies, weil die Verfügbarkeit von Abbruchmaterial limitiert ist. Auch dies wurde in der Studie der ETH und des PSI thematisiert. Sie gehen von einem linearen Anstieg des Abbruchmaterials ab 2025 aus.

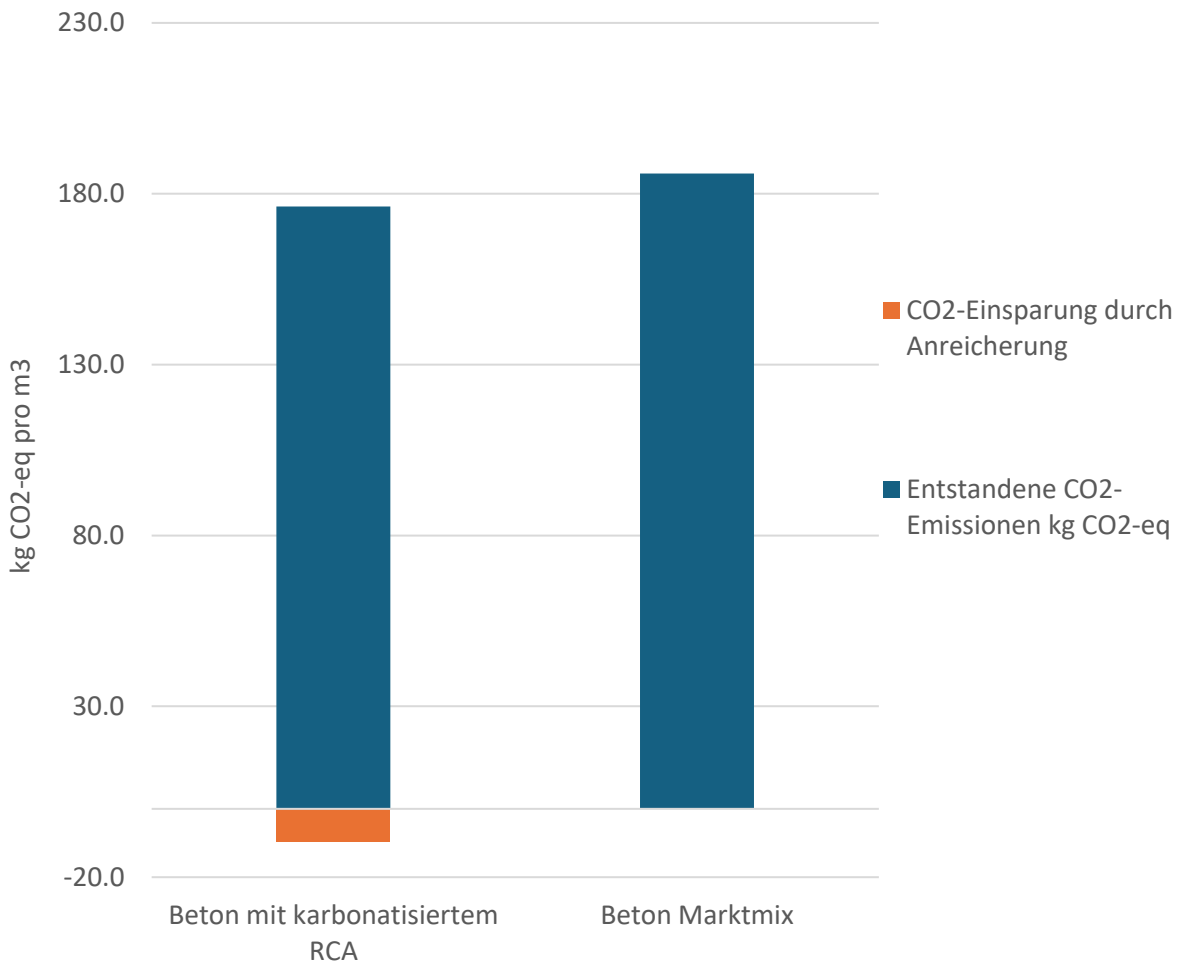

Abbildung 13 Vergleich von einem Kilogramm mit CO_2 angereichertem Beton und einem regulären Beton mit der GWP 100 (V1.03) Methode

Da die Karbonatisierung nicht den Beton ersetzen wird, sondern den Kies- respektive Sandanteil lohnt sich ein Direktvergleich mit Kies/Sand. Da Kies und Sand meist Co-Produkte darstellen und dementsprechend den gleichen CO_2-Fussabdruck hat, wird in von Kies gesprochen. Rein auf das Abbruchmaterial betrachtet handelt es sich hierbei ebenfalls um eine Negativemissionstechnologien (NET). So speichert karbonatisiertes RC-Kies rund -5.8 gCO_2 pro kg, während primärer Kies rund 6.2 gCO_2 pro kg verursacht. In der Ausgangsstudie wurde von 6.7 gCO_2 pro kg Speicherfähigkeit ausgegangen.

Karbonatisiertes RC-Kies hat gemäss der Ökobilanz eine reduzierte Porösität und Wasserabsorption durch die entstehen von Kalziumcarbonat. Dadurch könnte die Stärke des Betons gestärkt werden und könnte zu einem kleineren eingesetzten Klinkeranteil führen. Da eine allfällige Reduktion von vielen Faktoren abhängig ist, wird die allfällige Reduktion des Klinkeranteils in der Betrachtung vorerst weggelassen.

CO_2-Einsparung über Branchenschnitt:

Betonwerke

Wie beim Branchenfahrplan der cemsuisse und des Kieses betrifft diese Massnahme ebenfalls nur die Betonwerke. Wie in der Studie wird von einem Ersatz von 44% des primären Sandes/Kieses durch den

karbonatisiertem RC-Kies angenommen. Andere Transportwege durch die Umstellung auf die karbonatisierte Gesteinskörnung wurde nicht in Betracht gezogen.

Abbildung 14 und Tabelle 11 zeigen den Vergleich vom Scope-3-Fussabdruck, wenn man den karbonatisierten Kiesanteil auf 44% und 100% erhöht. Ein Zusatzszenario gibt es, wenn der bestehende RC-Anteil karbonatisiert wird. Die Gesamtbilanz reduziert sich bei einem Ersatz des bestehenden RC-Anteils um 1.3%, bei 44% Anteil um 5.4%. Bei einer (unrealistischen) Erhöhung auf 100% wäre die Gesamtbelastung der Branche um 13.2% reduziert.

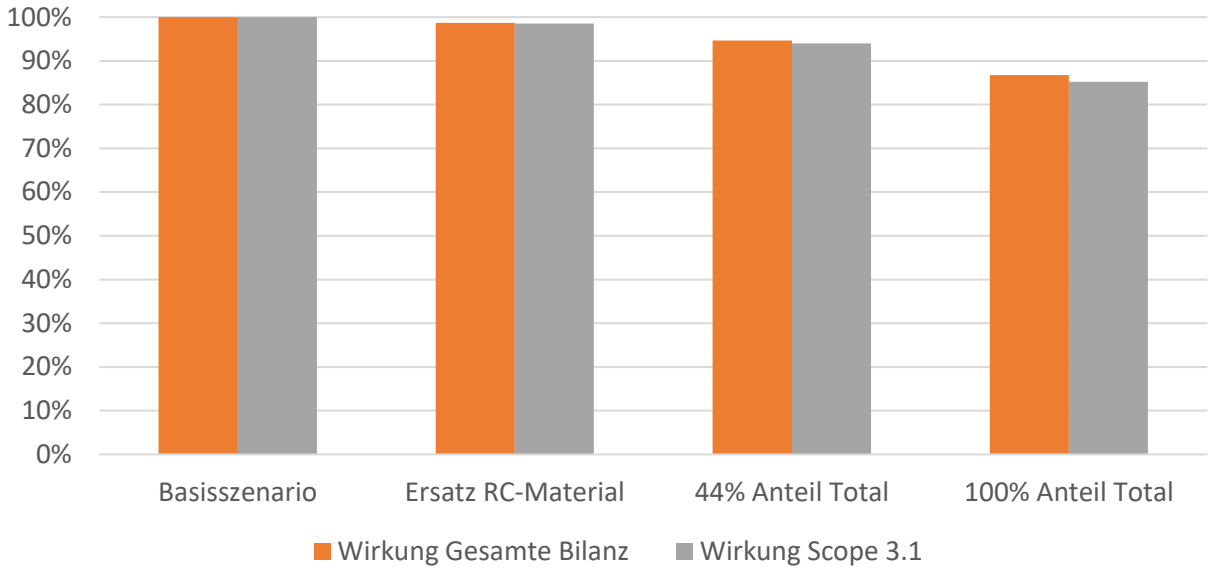

Abbildung 14 Vergleich des Branchenschnitts der Betonwerke mit karbonatisierten Kiesanteil von 44 und 100% mit der GWP 100 (V1.03) Methode

Tabelle 11 Vergleich des Branchenschnitts der Betonwerke mit karbonatisierten Kiesanteil von 44 und 100% mit der GWP 100 (V1.03) Methode

Schadenskategorie	Einheit	Basisszenario	Ersatz RC-Material	44% Anteil Total	100% Anteil Total
GWP100 Scope 3	%	100	98.7	94.6	86.8
GWP100 Scope 3.1	%	100	98.5	94.0	85.1

Einsparungen im Ersatz RC-Material: 141'879 $kgCO_2$

Einsparungen im 44% Anteil Total: 570'712 $kgCO_2$

Einsparungen im 100% Anteil Total: 1'404'732 $kgCO_2$

Kostenabschätzung:

Der Markt ist noch jung, daher können die Kosten nur abgeschätzt werden. In diesem Beispiel rechnen wir mit Mehrkosten von 4.50 CHF / t karbonatisierten Material.

Schätzung Vermeidungskosten:

--

6.2. Elektrifizierung der Transporte/Transporte mit dem Zug

Relevant sind auch unter Umständen die externen Rohstoff- und Produkttransporte der BKS-Mitgliedern. Die Relevanz ist abhängig von der Transportmenge und -distanzen. Entsprechend sind einerseits die Reduktion der Transportwege (Beschaffung sofern möglich lokal), aber auch die Umstellung der Fahrzeugflotte auf elektrische Antriebe oder die Verlagerungen auf Schienentransporte möglich

Die Daten in Abbildung 15 wurden von mobitool 3.0 entnommen (Sacchi & Bauer, 2023). In Abbildung 15 sind die CO_2-Emissionen pro Tonnenkilometer der verschiedenen Antriebsarten eines LKWs (26 Tonnen) über eine durchschnittliche Distanz von weniger als 150 km dargestellt. Ein Tonnenkilometer entspricht einem Transport von einer Tonne Waren über einen Kilometer. Gemäss dem GHG-Protokoll entspricht dies einem externen Transport, da der Verschleiss des LKWs mitberücksichtigt wird, der bei internen Transporten dem Scope 3.2 zugeschrieben werden würde (ähnlich einer Abschreibung im Finanzwesen, wird dies bei externen Transporten auch bei CO_2-Emissionen gemacht). Zusätzlich bestehen bei einigen Mitgliedern Bahnanschlüsse, die zumindest theoretisch die Anlieferung per Bahn ermöglichen. Auch dies wurde mit LKWs verglichen.

Laut mobitool sind die Unterschiede zwischen einem regulären Dieselfahrzeug (174 g CO_2 pro tkm) und einem Hybridfahrzeug (164 g CO_2 pro tkm) gering. Etwas besser schneiden die beiden Varianten mit komprimiertem Erdgas (145 g CO_2 pro tkm) und dem Plugin-Hybrid (127 g CO_2 pro tkm) ab. Deutlich besser ist der Betrieb über eine Brennstoffzelle (Wasserstoff produziert mit Strom) entspricht 68 g CO_2 pro tkm, daher 61% tiefer als Diesel). Die beste Variante mit den geringsten Emissionen ist der elektrische LKW mit 50 g CO_2 pro tkm (-71% zu Diesel), aber auch der Bahntransport mit 9.3 g. Je kleinere der LKW, desto grösser sind die individuellen Emissionen. Es wird von einem durchschnittlichen Beladungsgrad von 80% ausgegangen. Ebenfalls nehmen die Emissionen pro Tonnenkilometer über längere Distanzen ab. Dieser Effekt bringt durch die längere Distanz aber keine positiven Effekte für den Gesamt-CO_2-Fussabdruck.

Elektrische LKWs gibt es beispielsweise von Volvo Trucks oder Mercedes. Problematisch könnten sich hier die Reichweite von elektrischen LKWs auswirken. Volvo Trucks gibt beispielsweise die Reichweite ihrer elektrischen Fahrzeuge mit 300 km an (für den Volvo FH Electric (Volvo Trucks Schweiz, 2024)). Volvo kündigte am 03.September 2024 die Einführung eines Elektro-LKW mit 600 km Reichweite in der zweiten Jahreshälfte 2025 an (Reuters, 2024). Entsprechend sind auch hier die lokale Rohstoffbeschaffung und Produkttransporte wichtig. Abhängig ist der Elektroantrieb auch vom jeweiligen vorzugsweise CO_2-armen Strommix. Die DAF und ebenfalls Volvo Trucks planen die zeitnahe Einführung von Wasserstoff-LKWs. Scania hat einige Wasserstoff-LKWs in der Schweiz bereits in Betrieb (z.Bsp. bei Migros). Die anderen Antriebsarten bieten sich lediglich als Ausweichlösung an, da diese deutlich schlechter abschneiden.

Werden die Transporte von der Firma selbst durchgeführt, profitiert die Firma von der Reduktion der eigenen Scope 1 Emissionen. Falls die BKS-Mitglieder die Transporte nicht selbst durchführen, sind diesbezüglich die Möglichkeiten begrenzt. Lediglich die Wahl des Logistikpartners und damit Einflussnahme auf die Zulieferern ist eine Möglichkeit für die BKS-Mitglieder.

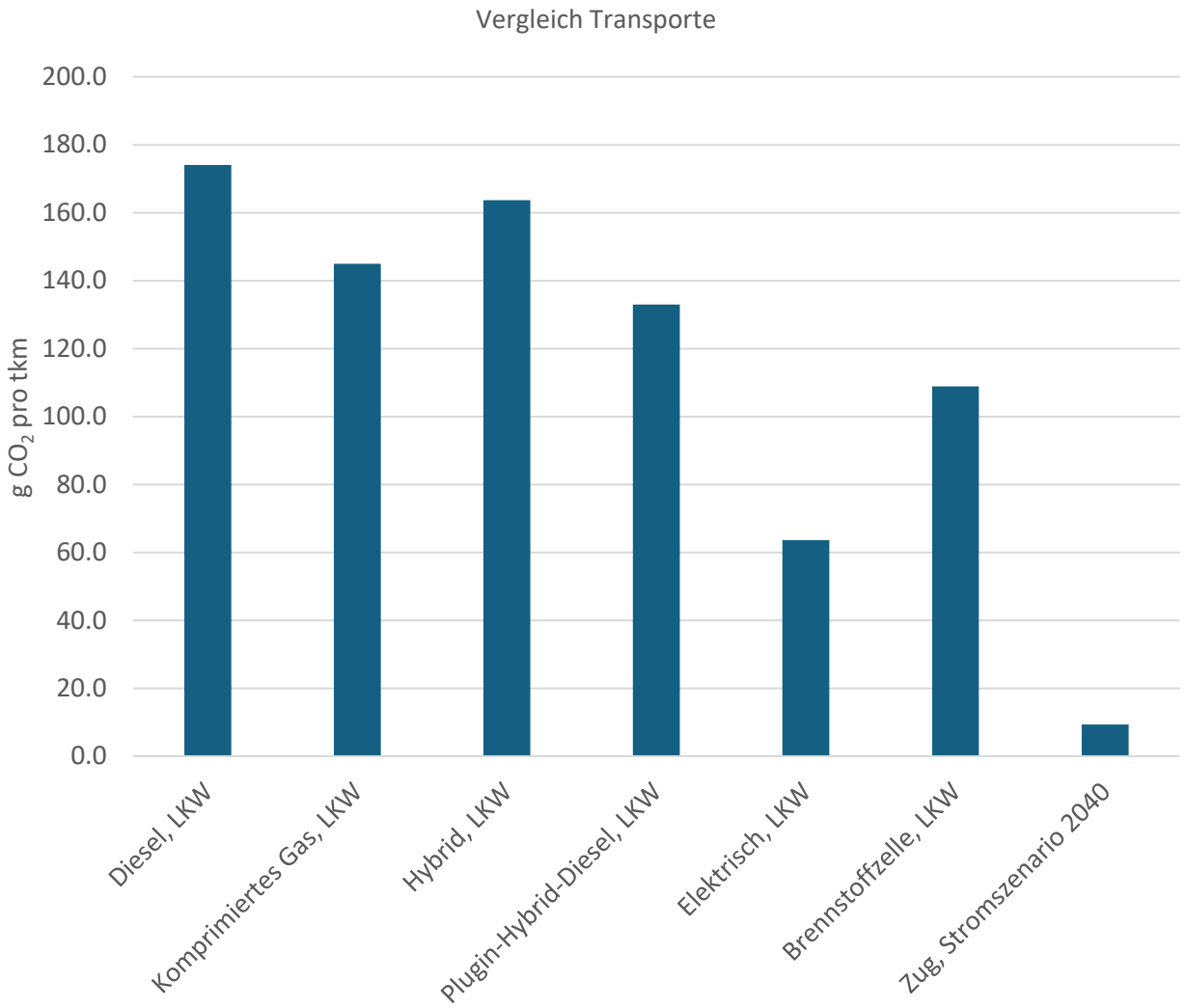

Abbildung 15 Vergleich von einem Tonnenkilometer (=1 Tonne über einen Kilometer transportiert) mit der GWP 100 (V1.03) Methode nach mobitool 3.0

Kostenabschätzung:

Investitionskosten eines herkömmlichen Diesel LKWs liegen bei 270'000 CHF. Die Kosten für einen elektrisch betriebenen LKW sind 2- bis 3-mal höher.[1] Die Mehrkosten betragen bis zu 540'000 CHF. Eine Reduktion der Investitionskosten für Fahrzeuge ist in Zukunft zu erwarten.

Die prognostizierte Lebensdauer liegt bei einer Kilometerleistung von 500'000 km.

Elektrische Fahrzeuge müssen bis 2030 keine LSVA zahlen. Danach wird wahrscheinlich ein reduzierterer Beitrag im Vergleich zu Dieselfahrzeuge für die LSVA fällig sein. Das Dieselfahrzeug zahlt aktuell eine Abgabe von 0.0228 CHF / tkm.

Durchschnittliches Gewicht: 9 t Ladung (50% Leerfahrten) und 16 t Fahrzeuggewicht ergibt 25 t.

Mehrkosten Elektrofahrzeug: 540'000 CHF

[1] https://www.handelszeitung.ch/specials/nutzfahrzeuge-2024/wann-schlagt-der-e-truck-den-diesel-truck-723218

Energiekosten Diesel:	1.90 CHF / l
Energiekosten Strom:	0.20 CHF / kWh
LSVA:	285'000 CHF
Verbrauch Dieselfahrzeug:	36.6 l / 100 km (gemäss Mobitool 3)
Emissionen Dieselfahrzeug:	97 $kgCO_2$ / 100 km
Verbrauch Elektrofahrzeug:	238 kWh / 100km [2]
Emissionen Elektrofahrzeug:	30.46 $kgCO_2$ / 100 km
Einsparungen an Emissionen:	66.5 $kgCO_2$ / 100 km

Vermeidungskosten:

Über die gesamte Lebensdauer gerechnet liegen die Vermeidungskosten bei: **0.44 CHF / $kgCO_2$**

CO_2-Einsparung über Branchenschnitt:

Kieswerke

Es wird von zwei Szenarien ausgegangen, die den Einsatz von 50% elektrifizierten Transporten und 100% elektrifizierten Transporten ausgeht. Dies mit einem Stromszenario um das Jahr 2040. Dabei wird nicht davon ausgegangen, dass sich der Mix der Fahrzeugarten und die Distanzen wesentlich zum Ausgangsjahr 2023 ändern werden.

Abbildung 16 und Tabelle 12 zeigen, dass aufgrund der hohen Relevanz des Transports der Scope-3-CO_2-Anteil bei 50% elektrifizierten Transporten um 16.2% reduzieren kann. Bei einer Erhöhung auf 100% wäre die Gesamtbelastung um 32.4% tiefer.

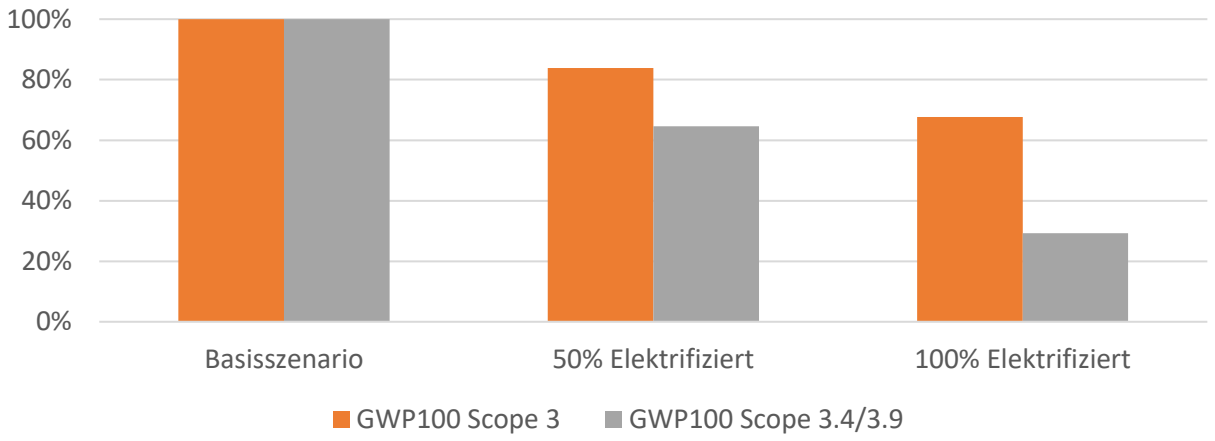

Abbildung 16 Vergleich des Branchenschnitts der Kieswerke mit elektrifizierten Transporten von 50 und 100% mit der GWP 100 (V1.03) Methode

[2] https://www.designwerk.com/elektro-lkw-mid-cab-x/

Tabelle 12 Vergleich des Branchenschnitts der Kieswerke mit elektrifizierten Transporten von 50 und 100% mit der GWP 100 (V1.03) Methode

Schadenskategorie	Einheit	Basisszenario	50% Elektrifiziert	100% Elektrifiziert
GWP100 Scope 3	%	100.0	83.8	67.6
GWP100 Scope 3.4/3.9	%	100.0	64.6	29.2

Einsparungen bei 100% elektrifiziert: 2'455'229 $kgCO_2$

Betonwerke

Wie beim Kieswerk wird von den zwei LKW-Szenarien ausgegangen. Da eine Bahnanbindung bei sämtlichen Pilotwerken bestand wurde zusätzlich noch die Anlieferung per Zug zu 100% geprüft, ohne dass es dabei zu wesentlichen Änderungen der Transportdistanz gekommen ist.

Bei einer Anlieferung per 100% elektrifizierten LKWs würde sich die Gesamtbilanz um 5.8% reduzieren. Falls sämtliche Anlieferungen mit dem Zug durchgeführt werden würden um 6.7% (Abbildung 17). Da die Transporte von geringerer Relevanz sind beim Betonwerk, sind die Reduktionen im Branchenschnitt tiefer.

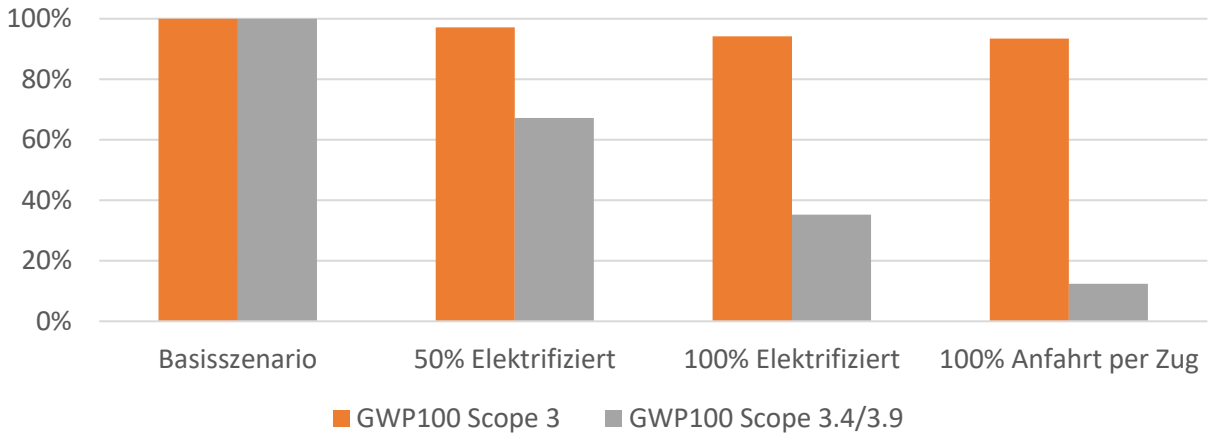

Abbildung 17 Vergleich des Branchenschnitts der Betonwerke mit elektrifizierten Transporten von 50 und 100% mit der GWP 100 (V1.03) Methode

Tabelle 13 Vergleich des Branchenschnitts der Betonwerke mit elektrifizierten Transporten von 50 und 100% mit der GWP 100 (V1.03) Methode

Schadenskategorie	Einheit	Basisszenario	50% Elektrifiziert	100% Elektrifiziert	100% Anfahrt per Zug
GWP100 Scope 3	%	100.0	97.1	94.2	93.4
GWP100 Scope 3.4/3.9	%	100.0	67.3	35.3	12.4

Einsparungen bei 100% elektrifiziert: 613'547 $kgCO_2$

Einsparungen bei 100% Anfahrt per Zug: 698'600 $kgCO_2$

6.2.1. Elektrifizierung der Entsorgung

Generell wird davon ausgegangen, dass sämtliche Abbruch und Entsorgungsarbeiten mit dieselbetriebenen Geräten und Maschinen ausgeführt werden. Entsprechend von kleiner Relevanz ist die Produktentsorgung. Da die Betone zu einem sehr viel späteren Zeitpunkt entsorgt werden, wird die Entsorgung bzw. deren Abbrucharbeiten voraussichtlich zu diesem Zeitpunkt elektrifiziert sein. Als Beispiel kann dies ein Bagger sein, die beim Abbruch eines Hauses oder eines Kanals beteiligt sind. Auch hier gibt es die Möglichkeit, den Betrieb zu elektrifizieren. Elektrische Bagger werden beispielsweise vom schwedischen Hersteller Volvo angeboten.

Basierend auf einem Beispielbagger der 20t-Klasse , hat ein regulärer Dieselmotor eine Leistung von rund 130 kW und ein vergleichbarer Elektromotor eine Leistung von 160 kW max. Leistung bzw. 105 kW Dauerleistung (Volvo, 2024). Ein Elektromotor unter Einbezug der Verluste, die beim Laden einer Batterie entstehen, haben einen Wirkungsgrad von ca. 65% (TÜV Nord, 2024). Gemäss KBOB-Datenbank reduzieren sich die CO_2 Emissionen von 3.9 g pro kg Abfall auf 1.1 g pro kg Abfall bei der Elektrifizierung (Abbildung 18).

Diese Massnahme ist nicht beeinflussbar durch die BKS-Mitglieder und liegt in der Verantwortung der künftigen Entsorgungsunternehmen.

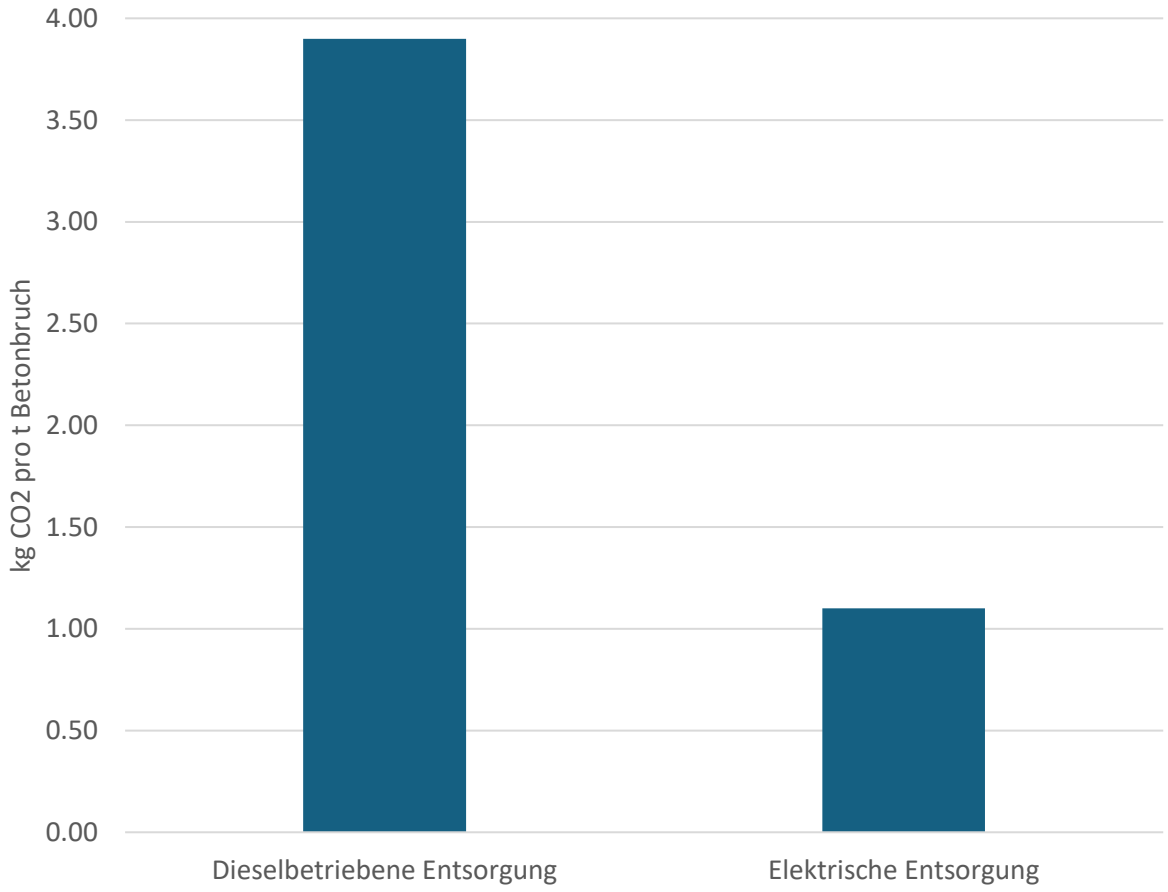

Abbildung 18 Vergleich von dieselbetriebener und elektrischer Entsorgung mit der GWP 100 (V1.03) Methode nach KBOB-Datenbank

Kostenabschätzung:

Als Vergleich wird ein Raupenbagger 20t verglichen.

Kosten Raupenbagger Diesel:	200'000 CHF
Kosten Raupenbagger Elektro:	400'000 CHF
Differenz Investitionskosten:	200'000 CHF
Energiekosten Diesel:	1.9 CHF / l
Energiekosten Strom:	0.2 CHF / kWh

CO_2-Einsparung:

Verbrauch Diesel Dieselbagger:	12 l / h
Emissionen Dieselbagger:	31.1 $kgCO_2$ / h
Verbrauch Strom Elektrobagger:	66.0 kWh / h[3]
Emissionen Elektrobagger:	8.45 $kgCO_2$ / h
Einsparungen an Emissionen:	22.71 $kgCO_2$ / h

Schätzung Vermeidungskosten:

Annahme Betriebsstunden Bagger über Lebensdauer: 15'000 h

Über die gesamte Lebensdauer gerechnet liegen die Vermeidungskosten bei: **0.18 CHF / $kgCO_2$**

[3] https://www.volvoce.com/deutschland/de-de/products/electric-machines/ec230-electric/

CO_2-Einsparung über Branchenschnitt:

Kieswerke

Wie bei den Transporten wird von zwei Szenarien ausgegangen, die den Einsatz von 50% und 100% elektrifizierten Fuhrparks bei der Entsorgung ausgeht. Dies mit einem Stromszenario um das Jahr 2040. Dabei wird nicht davon ausgegangen, dass sich die Entsorgungsart ändert.

Insgesamt kann bei einer Elektrifizierter Entsorgung bei 100% Elektrifizierung rund 24.0% eingespart werden. Besonders beim Kieswerk hat die Entsorgung des Kieses eine grosse Relevanz. Bei 50% halbiert sich die Einsparung gemäss Abbildung 19 und Tabelle 14.

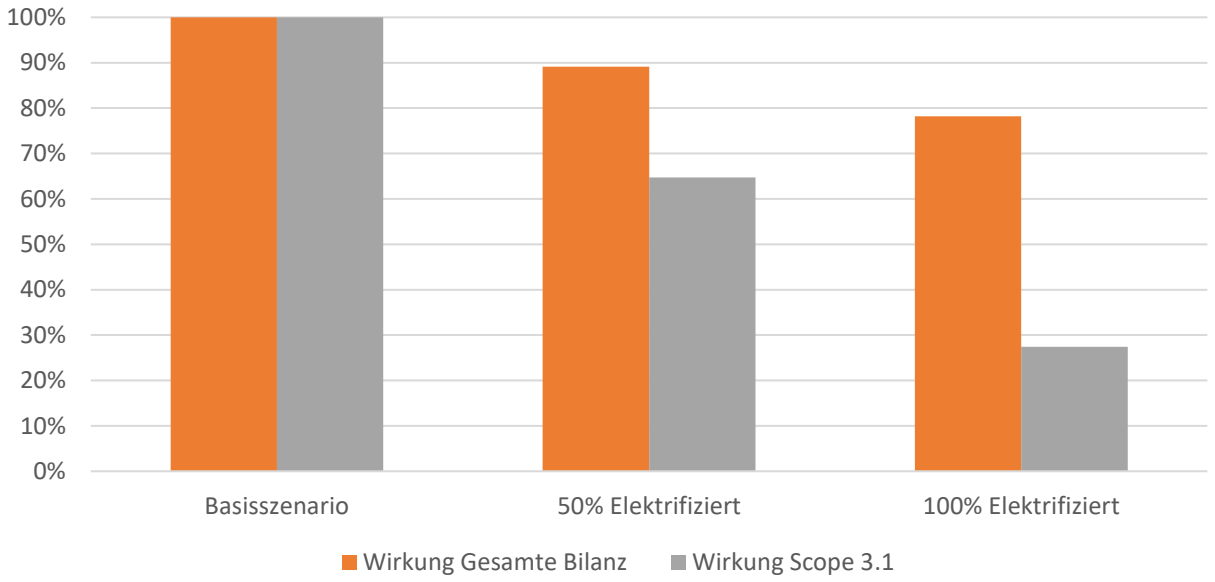

Abbildung 19 Vergleich des Branchenschnitts der Kieswerke mit elektrifizierter Entsorgung von 50 und 100% mit der GWP 100 (V1.03) Methode

Tabelle 14 Vergleich des Branchenschnitts der Kieswerke mit elektrifizierter Entsorgung von 50 und 100% mit der GWP 100 (V1.03) Methode

Schadenskategorie	Einheit	Basisszenario	50% Elektrifiziert	100% Elektrifiziert
GWP100 Scope 3	%	100	88.0	76.0
GWP100 Scope 3.12	%	100	63.7	27.4

Einsparungen bei 100% elektrifiziert: 1'823'446 $kgCO_2$

Betonwerke

Die Relevanz der Entsorgung des Betons bei den Betonwerken war tiefer, war aber dennoch ein relevanter Punkt. Dieselbe Auswertung wie beim Kieswerk wurde deshalb auch bei den Betonwerken gemacht.

Durch die Elektrifizierung des Fuhrparks bei der Entsorgung, können bei 100% rund 3.6% der Gesamtbilanz eingespart werden. Bei 50% halbiert sich die Reduktion der Gesamtbilanz auf 1.8%. Einen Einfluss haben die Beton- und Kieswerke auf dieses Szenario nicht, sondern nur die künftigen Entsorger.

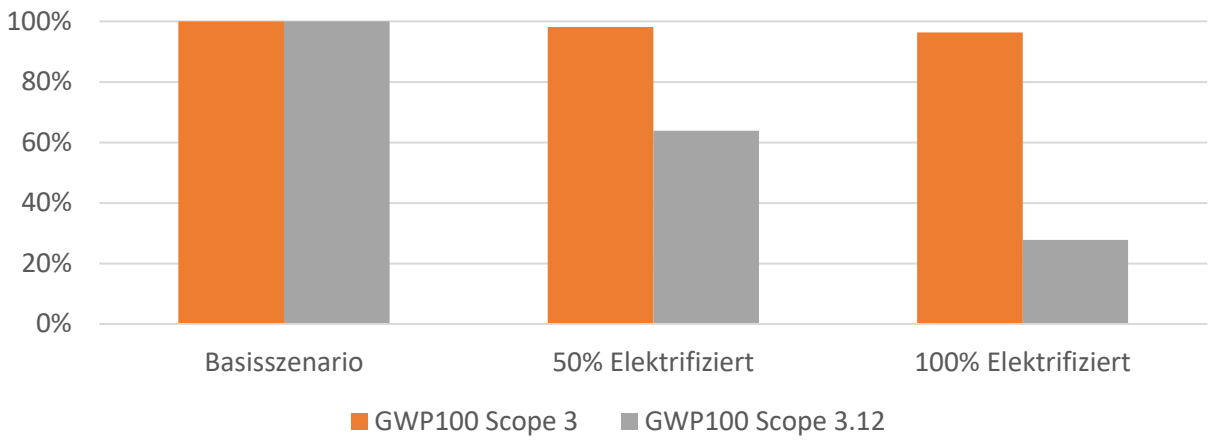

Abbildung 20 Vergleich des Branchenschnitts der Betonwerke mit elektrifizierter Entsorgung von 50 und 100% mit der GWP 100 (V1.03) Methode

Tabelle 15 Vergleich des Branchenschnitts der Betonwerke mit elektrifizierter Entsorgung von 50 und 100% mit der GWP 100 (V1.03) Methode

Schadenskategorie	Einheit	Basisszenario	50% Elektrifiziert	100% Elektrifiziert
GWP100 Scope 3	%	100	98.2	96.4
GWP100 Scope 3.12	%	100	63.9	27.7

Einsparungen bei 100% elektrifiziert: 384'753 kgCO_2

6.3. Einsatz Stahl aus Recycling-Schrott

Stahl wird in vielen Formen für Verbrauchsmaterialien im Kieswerk eingesetzt und könnte allenfalls im Scope 3.1 von Relevanz sein. Hier wird zwischen drei verschiedenen Varianten unterschieden. Der Stahl als «Rohmaterial» würde bedeuten, dass Stahl als Barren angeliefert wird und erst für die jeweilige Anwendung bearbeitet werden muss, um es zu verwenden. Der Stahl «Flachteil» beinhaltet einen zusätzlichen Arbeitsschritt des Walzens. Hier würde ein Barren flachgewalzt und eignet sich entsprechend für flache Blechteile, wie beispielsweise Aussenverkleidungen. «Andere Teile» würden in diesem Falle bedeuten, dass es sich um alle andere Teile handelt, beispielsweise Rohre, Schrauben etc. Dabei handelt es sich um Durchschnittswerte für die Metallbearbeitung.

Grundsätzlich empfiehlt sich das Umstellen auf recyceltes Material, da sich der CO_2-Fussabdruck je nach Teil um den Faktor 6 verbessern kann (Abbildung 21). Der ausschlaggebende Punkt ist, dass nach dem Cut-off Prinzip das Rohmaterial für den recycelten Stahl keine CO_2-Emissionen hat, da die entsprechenden CO_2-Emissionen dem Erstnutzer zugeschrieben werden. Lediglich der Energieverbrauch und Emissionen aus allfälligen Hilfsstoffen aus dem Recyclingprozess werden hier angerechnet.

Limitierend könnte die Verfügbarkeit des recycelten Stahls sein. Rund 85% des gesamten Stahls wird in einem weltweiten Durchschnitt recycelt gemäss der Worldsteel Association (Worldsteel Association, 2021).

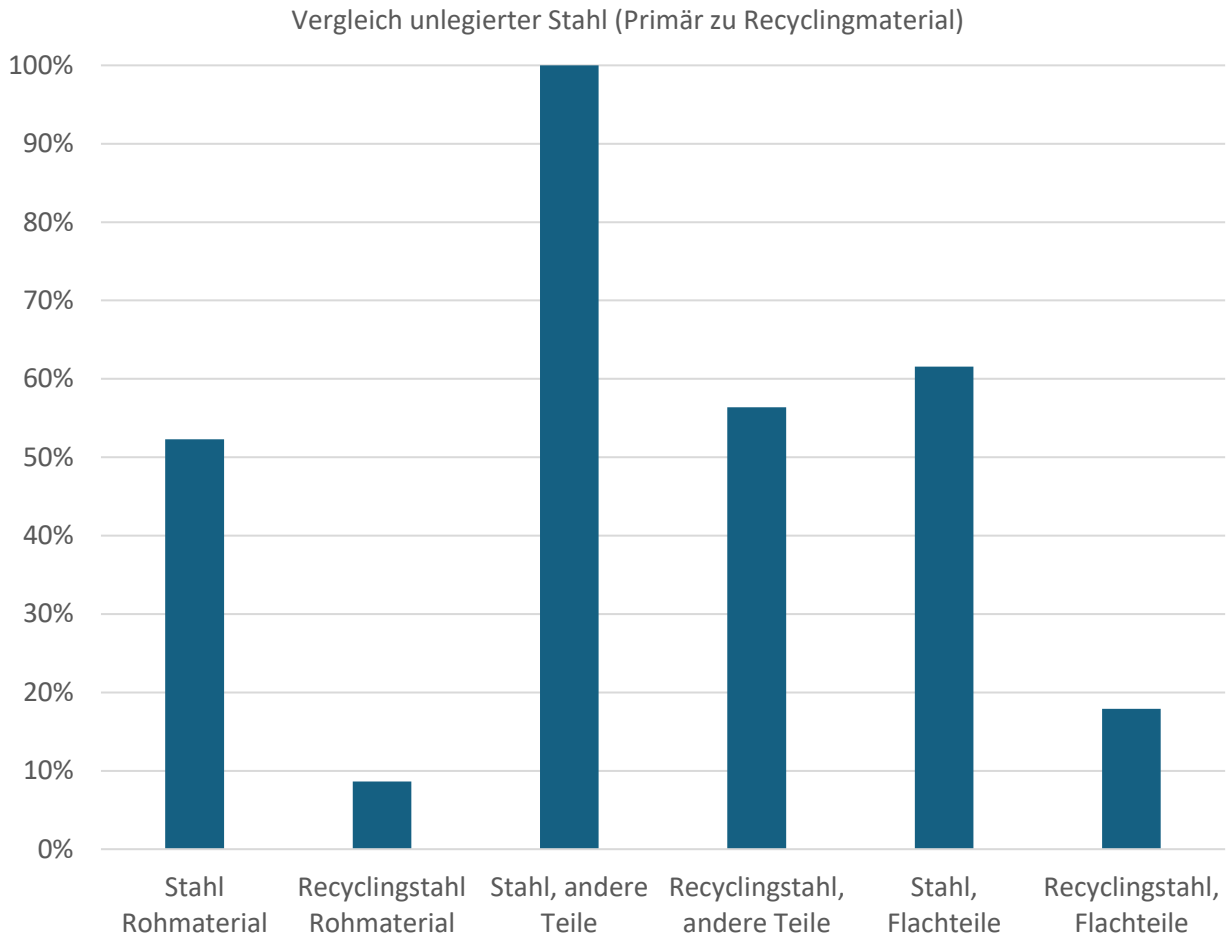

Abbildung 21 Vergleich verschiedener Stahlvarianten

CO_2-Einsparung über Branchenschnitt:

Kieswerke

Stahl wird vor allem als Verbrauchsmaterial beim Kieswerk eingesetzt und hat dadurch eine gewisse Relevanz bei den Kieswerken. Bei den Betonwerken ist die Relevanz tiefer. In diesem Szenario wird geprüft inwiefern sich die Umstellung von Stahl aus 100% Primärmaterial und Stahl aus 100% Recyclingmaterial auswirken würde. Eine Änderung der Transportdistanz ist nicht bilanziert. Neben der Umstellung auf 100% Recyclingstahl wird auch eine Umstellung auf Stahl mit 50% Recyclingmaterial überprüft. Nicht alle Pilotwerke haben den Stahleinsatz nachgewiesen, entsprechend ist die Auswirkung stark abhängig davon, ob und wie viel Stahl eingesetzt wird.

Gemäss Abbildung 22 und Tabelle 16 sind kleinere Unterschiede feststellbar. Eine Umstellung auf 50% Recyclingstahl hätte eine Reduktion von 0.5% in der Gesamtbilanz zur Folge. Auf 100% wäre die Reduktion auf 1.0% verdoppelt.

Die Wahl des Produkts ist eine Einflussmöglichkeit, dass das BKS-mitglied machen kann und in keiner Konkurrenz mit einer anderen Massnahme steht. Eine Umstellung von 100% rezykliertes Stahl ist dementsprechend eine gute und empfehlenswerte, wenn auch kleine Möglichkeit, um Scope 3.1 und damit die Gesamtbilanz zu senken.

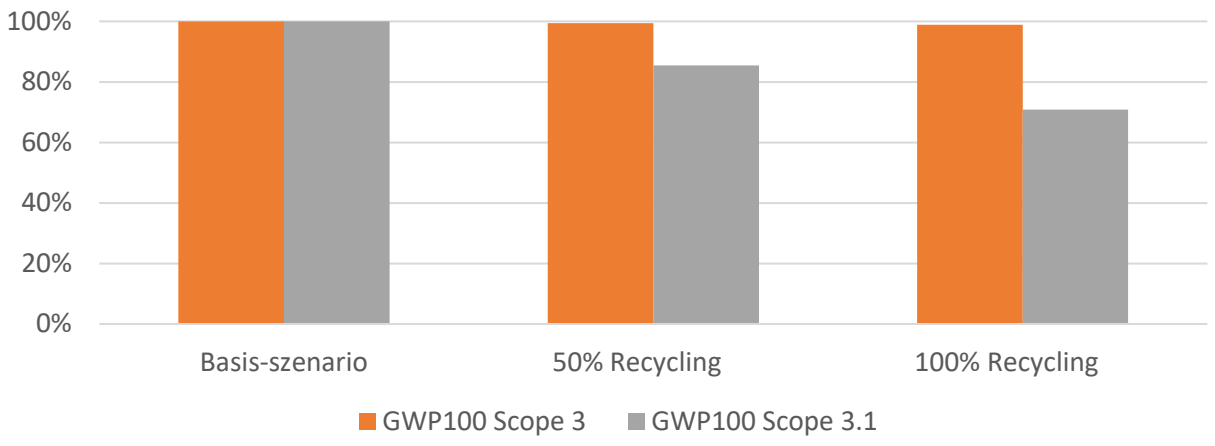

Abbildung 22 Vergleich des Branchenschnitts der Kieswerke mit rezyklierten Stahl mit der GWP 100 (V1.03) Methode

Tabelle 16 Vergleich des Branchenschnitts der Kieswerke mit rezyklierten Stahl mit der GWP 100 (V1.03) Methode

Schadenskategorie	Einheit	Basisszenario	50% Recyclingma-terial	100% Recycling-material
GWP100 Scope 3	%	100	99.4	98.9
GWP100 Scope 3.1	%	100	85.4	70.9

Einsparungen bei 100% Recyclingstahl: 86'046 kgCO_2

Schätzung Vermeidungskosten:

--

6.4. Dekarbonisierung Asphaltwerke

Von Relevanz bei den Kieswerken ist auch die Weiterverarbeitung (Scope 3.10). Dabei zeigte sich vor allem, dass die Emissionen aus den Asphaltwerken dort am relevantesten sind. Vor allem der hohe Einsatz von fossilen Energieträgern ist dabei relevant. Ein Branchenfahrplan der Asphaltsuisse ist in Zusammenarbeit mit Enerprice in Bearbeitung und soll noch dieses Jahr veröffentlicht werden.

Holzstaub, als auch Wasserstoff sind aussichtsreiche Kandidaten für den Ersatz der fossilen Energieträger. Für Scope 3.10 werden lediglich Scope 1 und 2 Emissionen in Betracht gezogen.

Während aus der Verbrennung von Wasserstoff lediglich Wasser entsteht und damit keine Scope 1 und 2 Emissionen hat (im Gegensatz zu den Hintergrundemissionen aus dem Stromverbrauch), sind es beim Holzstaub rund 0.05 kg CO_2eq/kg Holzstaub. Gemäss der Ökobilanzmethode sind die biogenen CO_2-Emissionen zwar CO_2 neutral. Dies betrifft allerdings nicht die restlichen Emissionen, die daraus entstehen (z.Bsp. Methan, Kohlenmonoxid etc.). Der künftige Strommix um 2040 (gemäss Anhang) verursacht im Scope 2 6.8 g CO_2eq/kWh.

Kostenabschätzung:

Die Kosten werden vollständig vom Asphaltwerk getragen.

CO_2-Einsparung über Branchenschnitt:

Die heutige Situation im Überblick:

Kies ans Asphaltwerk im Branchendurchschnitt:	76'365 t
Verbrauch Strom pro Tonne:	3.1 kWh/t Kies
Verbrauch fossile Energieträger pro Tonne:	26.5 kWh/t Kies
Die Ersparnis in CO_2 im Branchenschnitt:	
Stromverbrauch 2040 im Branchendurchschnitt:	240'072 kWh
Andere Energieträger:	2'020'430 kWh

Es wird davon ausgegangen, dass Wasserstoff und Holzstaub zu rund 50% die anderen Energieträger ersetzen. Heute entstehen dem Kieswerk durch die Asphaltwerke rund 682'704 kg CO_2 im Scope 3.10. Durch den künftigen Strommix würden künftig 1'623 kg CO_2 entstehen und durch den Ersatz der fossilen Energieträger nur noch 6'831 kg CO_2.

CO_2-Emissionen gemäss Branchenfahrplan:	682'704 kgCO_2
CO_2-Emissionen künftig:	8'454 kgCO_2
CO_2-Ersparnis:	674'251 kgCO_2

In Abbildung 23 und Tabelle 17 wird davon ausgegangen, dass im Jahr 2030 10% der Energieträger umgestellt werden, im Jahr 2040 50% und im Jahr 2050 100%.

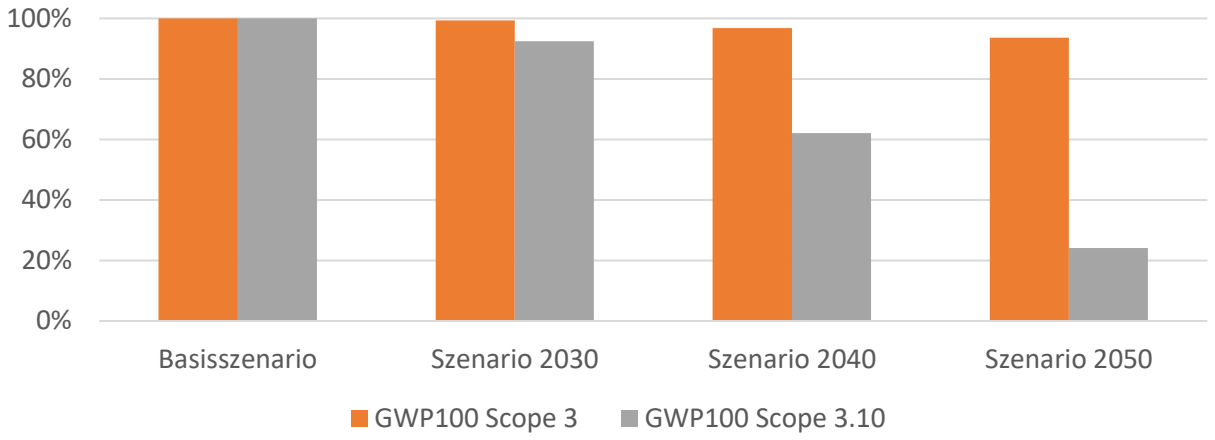

Abbildung 23 Vergleich des Branchenschnitts der Kieswerke mit Dekarbonisierung der Asphaltwerke mit der GWP 100 (V1.03) Methode

Tabelle 17 Vergleich des Branchenschnitts der Kieswerke mit Dekarbonisierung der Asphaltwerke mit der GWP 100 (V1.03) Methode

Schadenskategorie	Einheit	Basisszenario	Szenario 2030	Szenario 2040	Szenario 2050
GWP100 Scope 3	%	100	99.4	96.8	93.7
GWP100 Scope 3.1	%	100	92.4	62.1	24.1

Schätzung Vermeidungskosten:

--

6.5. Darstellung Absenkungspfad Scope 3

6.5.1. Kieswerk

Mit den vorgestellten Massnahmen im Kapitel 6.1 lassen sich die Scope 3 Emissionen reduzieren. Die zu reduzierenden CO_2-Emissionen im Branchenbeispiel, welche mit den Massnahmen eliminiert werden sollen, betragen 7'515'674 kgCO_2. Nicht in den CO_2-Emissionen enthalten sind die Investitionsgüter (Scope 3.2), da diese Kategorie mit stetig variablen Investitionen verbunden sind. In den zwei Elektrifizierungsszenarien (Entsorgung, Transportflotte) wurde davon ausgegangen, dass der Anteil der Fahrzeuge auf 10% bis 2030 steigt, im Jahr 2040 bei 50% liegt und im Jahr 2050 einen Wert von 95% erzielt. Dieselbe Annahme gilt beim Dekarbonisierung des Asphaltwerks. Beim Recyclingstahl wird von demselben Grad des Recyclinganteils ausgegangen. Ausnahme bildet das Jahr 2050, welches ein 100% Anteil vom Recyclingstahl ausgeht.

Bis auf die Dekarbonisierung indirekten Energieemissionen (Scope 3.3) sind die Massnahmen durch die BKS-Mitglieder nicht beeinflussbar. Eine Ausnahme bilden Unternehmen, die den Transport der Rohstoffe und Kieses selbst durchführen. Ebenfalls die Wahl des Logistikpartners können die BKS-Mitglieder beeinflussen. Die jährlichen Vermeidungskosten wurden kumuliert (CHF/kgCO_2), basieren auf dem Ist-Zustand. Künftige mögliche Reduktionen im Kaufpreis, wie beispielsweise bei Elektro-LKWs sind nicht abgebildet. Beim Recyclingstahl ist eine Quantifizierung der Kosten noch nicht möglich, während die Dekarbonisierung von Scope 3.3 bereits durch die Scope 1 und 2 Massnahmen abgedeckt sind.

Mit den ausgewiesenen Massnahmen lassen sich die Scope 3 Emissionen bis auf 32.6% reduzieren. Dies trotz der Restemissionen aus den Hintergrundemissionen des Stroms, welcher eingesetzt wird. Diese machen beim Transport und der Entsorgung einen signifikanten Anteil aus, von rund 22.6% der Scope-3-Emissionen im Jahr 2023. Die Dekarbonisierung des Stroms durch die Stromversorger würde zu weiteren Reduktionen in der Bilanz führen, wurde allerdings nicht in Betracht gezogen. Wie oben erwähnt, ist die Transportflotte nur bis zu 95% dekarbonisiert. Mit der Dekarbonisierung des Stroms würden sich die Gesamtemission auf 6.7% statt aktuell auf 32.6% reduzieren. Die Elektrifizierung der Transporte und der Entsorgung sorgen für die grössten Reduktionen in der Scope-3-Bilanz.

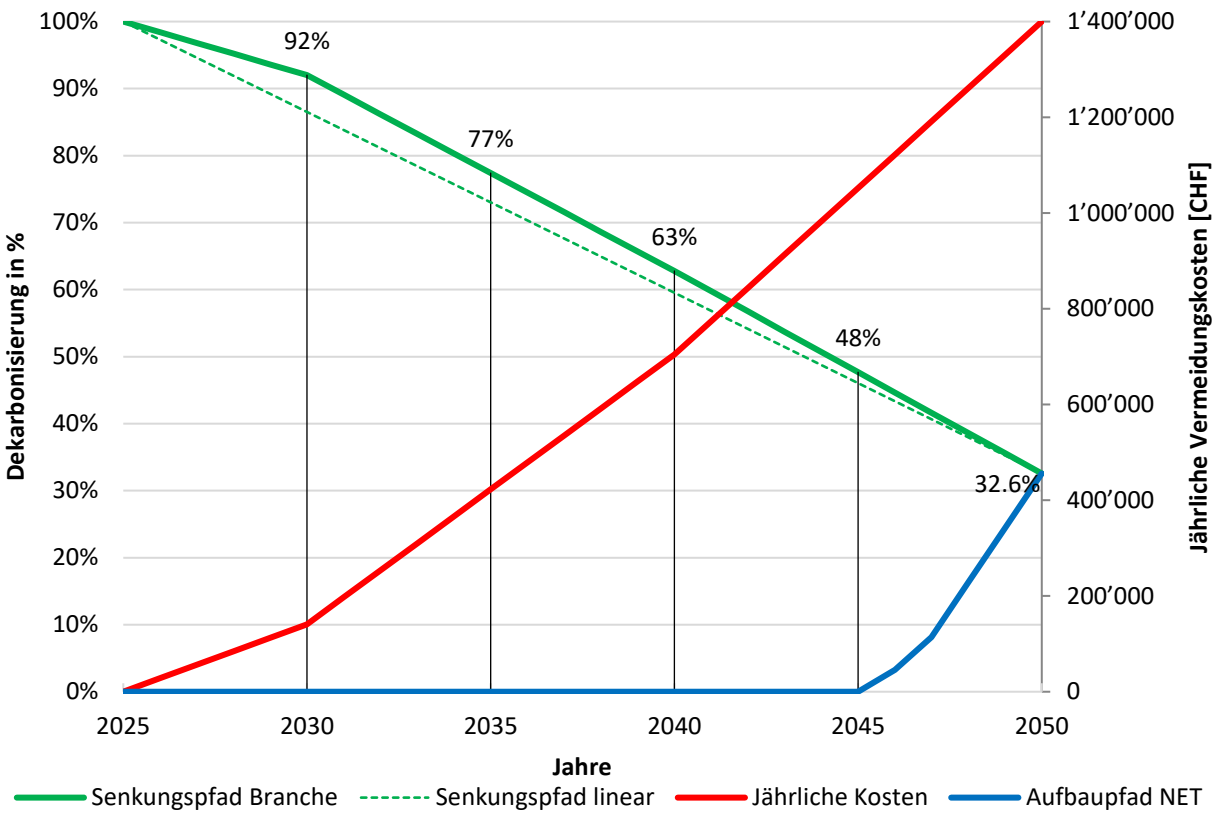

Abbildung 24: Möglicher Dekarbonisierungspfad für die Branche.

Tabelle 18: Übersicht der geplanten Massnahmen.

Massnahme	Typ	Wirkung im Jahr 2030 [kgCO_2]	Wirkung im Jahr 2040 [kgCO_2]	Wirkung im Jahr 2050 [kgCO_2]
Massnahme 1	Elektrifizierung Transporte	245'523	1'227'615	2'332'468
Massnahme 2	Elektrifizierung Entsorgung	182'345	911'723	1'732'274
Massnahme 3	Recycling Stahl	8'605	43'023	86'046
Massnahme 4	Dekarbonisierung Scope 3.3	97'033	277'238	277'238
Massnahme 5	Dekarbonisierung Asphalt-werke	67'425	337'126	640'538
Total		**600'931**	**2'796'724**	**5'068'564**

Abbildung 25 und Tabelle 19 zeigen, wie sich der Scope 3 im Jahr 2050 zusammensetzen würde. Relevanter wird Scope 3.1, während nach wie vor die Transportkategorien (Scope 3.4 und 3.9), sowie die Entsorgung (Scope 3.12) und Weiterverarbeitung (Scope 3.10) am relevantesten sind und in etwa gleich mit dem Basisszenario bleiben. Letztere 4 Kategorien wären für rund 88% der Gesamtemissionen verantwortlich. Bei 78.2% (ohne Weiterverarbeitung) tragen die Hintergrundemissionen des Stroms massgeblich zum Ergebnis bei, neben dem Verschleiss der Transportfahrzeuge.

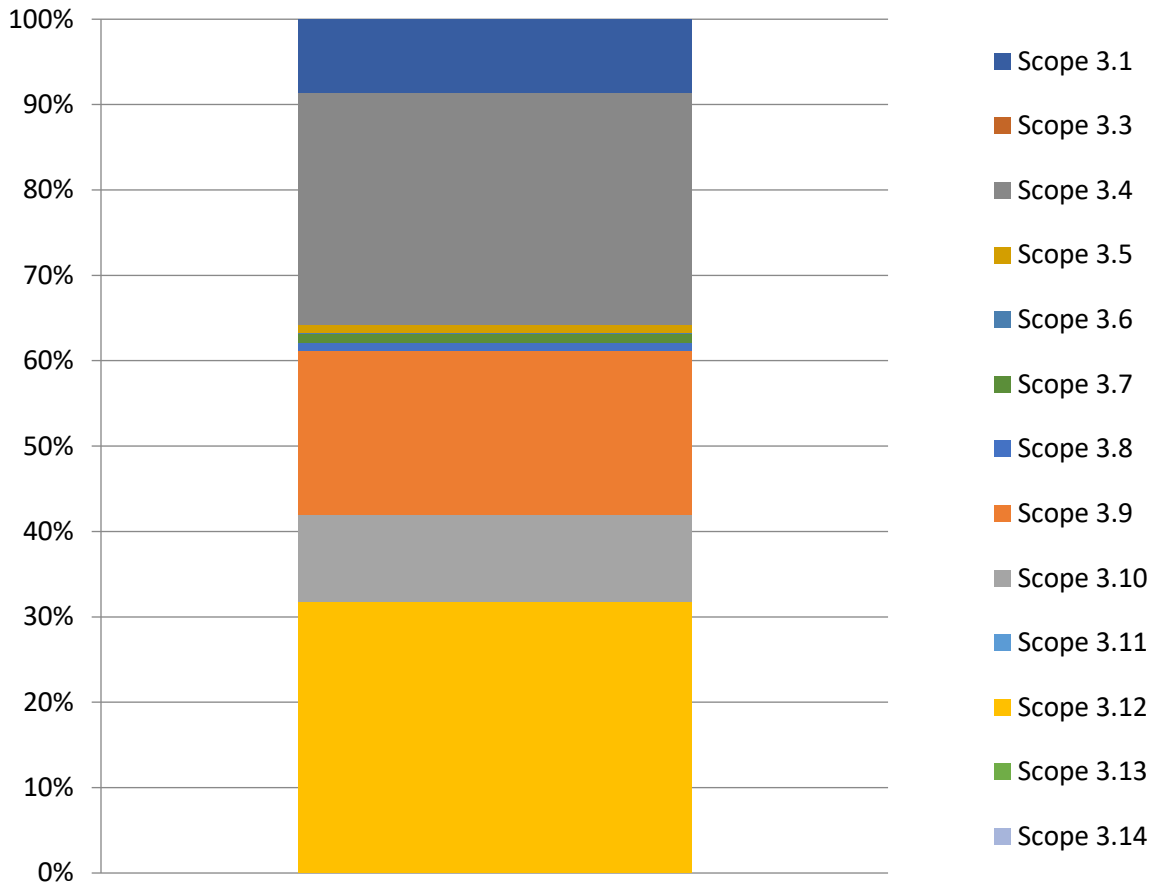

Abbildung 25 Verteilung der Scope 3-Emissionen aus dem Kieswerk in einem künftigen Szenario ohne Investitionsgüter (Scope 3.2) und Investitionen (Scope 3.15)

Tabelle 19 Verteilung der Scope 3-Emissionen aus dem Kieswerk in einem künftigen Szenario ohne Investitionsgüter (Scope 3.2) und Investitionen (Scope 3.15)

Kapitel	Indikatorname	GWP100 [%]
Scope 3.1	Bezogene Waren und Dienstleistungen	8.6%
Scope 3.3	Indirekte Energieemissionen	0.0%
Scope 3.4	Vorgelagerter Transport	27.2%
Scope 3.5	Entsorgung Produktionsabfälle	1.0%
Scope 3.6	Geschäftsreisen	0.0%
Scope 3.7	Pendelverkehr	1.1%
Scope 3.8	Gemietete Vermögenswerte	1.0%
Scope 3.9	Nachgelagerter Transport	19.2%
Scope 3.10	Verarbeitung der Produkte	10.1%
Scope 3.11	Nutzung der Endprodukte	0.0%
Scope 3.12	Entsorgung der verkauften Produkte	31.8%
Scope 3.13	Vermietete Vermögenswerte	0.0%
Scope 3.14	Franchises	0.0%

6.5.2. Betonwerk

Mit den Massnahmen können die Scope-3-Emissionen vollständig eliminiert werden. Die zu reduzierenden CO_2-Emissionen im Branchenbeispiel, welche mit den Massnahmen eliminiert werden sollen, betragen 10'583'919 $kgCO_2$. Wie beim Kieswerk sind die Investitionsgüter (Scope 3.2) nicht enthalten. Bei der Elektrifizierung wurde vom selben Elektrifizierungsgrad, wie beim Kieswerk ausgegangen. Bei der Karbonatisierung wird von einem Anteil von 11% bis 2030, 22% bis 2040 und 44% bis 2050 ausgegangen. In den Branchenfahrplänen (BKS, cemsuisse) wurde von effektiven Werten gemäss Fahrplan ausgegangen.

Bis auf die Karbonatisierung (durch Produktwahl) und Wahl des Zulieferers sind die Massnahmen durch die BKS-Mitglieder nicht beeinflussbar. Eine Ausnahme bilden Unternehmen, die den Transport der Rohstoffe und Betons selbst durchführen. Die jährlichen Vermeidungskosten wurden kumuliert (CHF/$kgCO_2$), basieren auf dem Ist-Zustand. Künftige mögliche Reduktionen im Kaufpreis, wie beispielsweise bei Elektro-LKWs sind nicht abgebildet. Beim Kies- und Zementszenario ist eine Quantifizierung der Kosten aktuell nicht möglich.

Mit den ausgewiesenen Massnahmen lassen sich die Scope 3 Emissionen bis auf -4.4% reduzieren. Dies trotz der Restemissionen aus den Hintergrundemissionen des Stroms, welcher eingesetzt wird. Die Dekarbonisierung des Stroms durch die Stromversorger würde zu weiteren Reduktionen in der Bilanz führen, wurde allerdings nicht in Betracht gezogen. Wie oben erwähnt, ist die Transportflotte nur bis zu 95% dekarbonisiert. Vor allem der Einsatz der NET-Technologie der Karbonatisierung führt in Kombination mit allen anderen Massnahmen zu einer insgesamt negativen Bilanz.

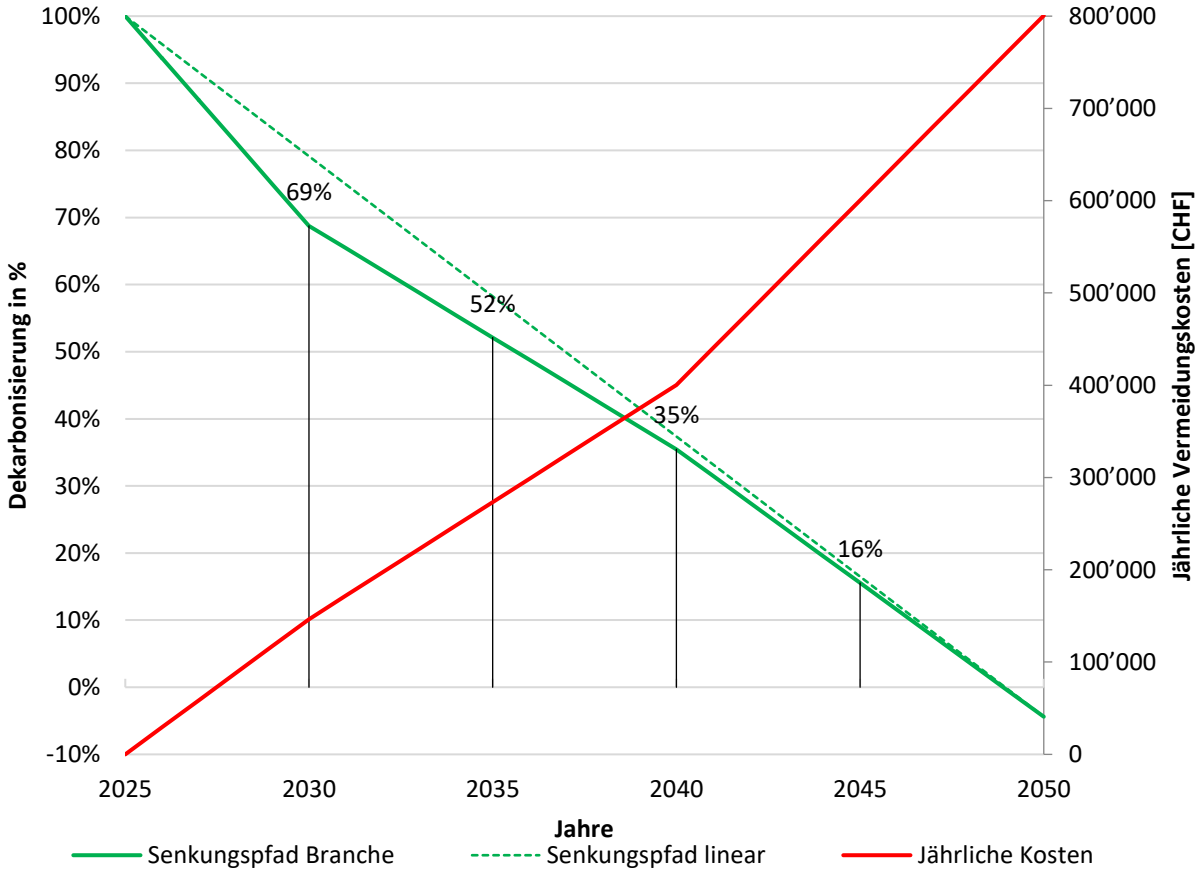

Abbildung 26: Möglicher Dekarbonisierungspfad für die Branche und deren Vermeidungskosten

Tabelle 20: Übersicht der geplanten Massnahmen

Massnahme	Typ	Wirkung im Jahr 2030 [$kgCO_2$]	Wirkung im Jahr 2040 [$kgCO_2$]	Wirkung im Jahr 2050 [$kgCO_2$]
Massnahme 1	Branchenfahrplan cemsuisse	2'868'960	5'738'684	8'898'422
Massnahme 2	Branchenfahrplan Kies	192'459	291'437	549'882
Massnahme 3	Karbonatisierung RC-Kies	142'678	285'356	570'712
Massnahme 4	Elektrifizierung Transporte	66'367	331'835	663'670
Massnahme 5	Elektrifizierung Entsorgung	36'552	182'758	365'515
Total		**3'307'016**	**6'830'070**	**11'048'201**

7. Weitere Scope 3 Massnahmen

Beim Kieswerk sind vor allem die Transporte, die Weiterverarbeitung der Produkte und die Entsorgung der Produkte entscheidend. Da die meisten Transporte von externen Unternehmen durchgeführt werden, ist auch der Handlungsspielraum gering. Die Kieswerke, die die Weiterverarbeitung auch selber durchführen mit einem Betonwerk oder Asphaltwerk, könnten dort direkt wirken, indem sie die Scope 1&2 Emissionen entsprechend reduzieren. Die Asphaltsuisse erarbeitet dieses Jahr einen Branchenfahrplan mit der Enerprice. Basierend auf den Resultaten sind weitere Reduktionen der Gesamtbilanz des Kieswerks wahrscheinlich.

Beim Betonwerk wurde auch die Möglichkeit von Pflanzenkohlepellets beschrieben im Massnahmenkatalog. Dies wurde nicht in den Branchenfahrplan aufgenommen, da die Machbarkeit von Pflanzenkohle im Beton bisher erst in einer Studie festgestellt wurde. Aufgrund der Unsicherheiten im Reduktionspotential und der Machbarkeit wurde die Aufnahme nicht in den Branchenfahrplan aufgenommen.

Treibhausgasreduzierter Zement, wie der Einsatz von CEM III Beton ist indirekt bereits im Branchenfahrplan der cemsuisse enthalten (Reduktion Klinkeranteil) und wurde dementsprechend nicht separat aufgeführt.

8. Empfehlungen

Bei den Scope 3 Massnahmen sind die Einflussmöglichkeiten auf die Produktwahl und die Wahl des Zulieferers begrenzt. Grundsätzlich sind auch die Prioritäten je nach Werk unterschiedlich. Während bei den Kieswerken vor allem der Transport und die Entsorgung von Relevanz ist, ist beim Betonwerk vor allem der Zement wichtig. Je nach örtlichen Gegebenheiten können sich diese Prioritäten verschieben. Beispielsweise ist die Relevanz des Transports tiefer, wenn die Transporte per Förderband geschehen. Eine Analyse nach GHG-Protokoll kann dabei helfen, diese Prioritäten zu finden. Massnahmen sollen priorisiert werden, wobei möglichst die kostengünstigsten Massnahmen mit der grössten Wirkung priorisiert werden sollen (Low hanging fruits). In diesem Branchenfahrplan zeigte sich vor allem, dass die Elektrifizierung von Entsorgungs- und Transporten, sowie der Branchenfahrplan der cemsuisse die grösste Wirkung zeigten. Die Abhängigkeit ist hier relativ gross, dass diese Elektrifizierung stattfindet und die cemsuisse ihren Branchenfahrplan einhalten kann. Andere Massnahmen können der Einsatz von Recyclingmaterial (Stahl/Kies) oder Karbonatisierung sein. Auch weitere Massnahmen zu den Reduktionen im Bereich

Zement sind zu empfehlen.

Bei den Scope 1 und 2 Massnahmen sind die Prioritäten je nach Werk ebenfalls unterschiedlich. Beim Kieswerk ist es vor allem der Dieselverbrauch aus dem Betrieb des Fuhrparks relevant. Bei den Betonwerken ist es der Einsatz fossiler Energieträger, welcher primär als Frostschutz eingesetzt wird. Bei beiden Massnahmen sind elektrische Alternativen (Splitgerät/Wärmetausche/E-Fahrzeuge) grundsätzlich zu empfehlen. Besonders bei den Radladern, sind die Möglichkeiten hierzu zurzeit noch aufgrund technischer und wirtschaftlicher Gegebenheiten begrenzt. Auch hierzu lohnt es sich, zuerst die Massnahmen zu priorisieren nach grösster Wirkung und grösster Kosteneffizienz. Dabei könnte sich bei den Kieswerken eine Analyse des Dieselverbrauchs pro Fahrzeug lohnen.

9. Kommunikationsnachweise

Der Verband hat in Zusammenarbeit mit der Enerprice diverse Kommunikationskanäle genutzt. So wurde den Verbandsmitgliedern am 31.Oktober 2024 beim Herbstanlass die Branchen-Roadmap Dekarbonisierung mittels einer Präsentation und einer angeregten Fragerunde vorgestellt. Dabei ging es darum über das Vorgehen, die Mehrwerte sowie den aktuellen Stand des Projektes zu informieren. Dieselben Informationen wurden den Mitgliedern aus der Westschweiz an der Sessiond'hiver vom 04. April 2025 präsentiert. Des Weiteren wurde im Magazin «Baustoff Kreislauf Schweiz Info» Ausgabe 2024 - dem Thema ein spezifischer Artikel gewidmet. Auch auf der Website immo!nvest (https://www.immo-invest.ch/) wurde das Projekt erwähnt. Sobald der Fahrplan abgeschlossen ist, werden weitere spezifische Informationsaktivitäten folgen.

Anhang A CO_2 Deklaration Strommix Schweiz

Für die Berechnung der Massnahmenwirkung wird der schweizer Verbraucher-Strommix angewendet. Der Wert liegt bei 128 gCO_2 / kWh.

Quelle: BAFU: Klimawandel: Fragen und Antworten

Der in der Schweiz produzierte Strom ist emissionsarm, weil er kaum mit fossilen Energieträgern erzeugt wird. Der in der Schweiz verbrauchte Strom ist dagegen deutlich emissionsreicher, da die CO2-Emissionen des Importstroms berücksichtigt werden müssen. Die Kennzahlen für die verschiedenen Schweizer Strommixe betragen:

- Produktions-Strommix: 29.8 g CO2eq/kWh
- Lieferanten-Strommix (gemäss Herkunftsnachweis): 54.7 g CO2eq/kWh
- Durchschnittlicher erneuerbarer Strommix: 15.7 g CO2eq/kWh
- Verbraucher-Strommix (gemäss Produktion und Stromhandel): 128.0 g CO2eq/kWh

Umweltbilanz Strommixe Schweiz 2018 (PDF, 1 MB, 27.04.2021)
treeze Ltd., im Auftrag des BAFU

Anhang B Strommixszenario 2040

Für die Berechnungen der Scope 3-Massnahmen (spezifischer die Elektrifizierungsmassnahmen) wurde der prognostizierte Strommix für das Jahr 2040 herangezogen. Es wird nicht der aktuelle Verbrauchsmix abgebildet. Hierfür wurde das Referenzszenario des Bundesamts für Energie zugrunde gelegt (Bundesamt für Energie BFE, 2022). Gemäss diesem Szenario setzt sich der künftige Strommix zu 52.9% aus Photovoltaik, 42.3% aus Wasserkraft, 2.5% aus Windkraft, 2.1% aus thermischen Kraftwerken (beinhaltet u.a. KVA, Biogas, Biomasse) und 0.2% aus Geothermie zusammen. Gemäss diesem Szenario wird es zu einer Erhöhung des Wind- und PV-Anteils kommen, während die Kernkraftwerke zu diesem Zeitpunkt bereits nicht mehr in Betrieb sind. Ohne Dekarbonisierungsmassnahmen entstehen bei diesem künftigen Strommix 59.1 g CO_2eq/kWh.

Anhang C Begriffserklärung

GWP100: Jedes Treibhausgas hat ein sogenanntes Global Warming Potential (GWP). Dieser Wert gibt an, wie viel stärker die Klimawirkung eines Gases im Vergleich zu CO_2 (hat GWP von 1) über einen bestimmten Zeitraum ist. Mit der Zahl 100 wird die Klimawirkung des Gases über 100 Jahre angegeben.

CO_2: Einfachheitshalber werden alle Ergebnisse mit der Einheit CO_2 ausgewiesen anstatt CO_2eq, wobei immer der äquivalente Werte zu verstehen ist. Der äquivalente Wert ist die Wirkung aller Treibhausgase.