

Rohstoffe zur Herstellung von Zement – Bedarf und Versorgungssituation in der Schweiz



Berichte der Landesgeologie
Rapports du Service géologique national
Rapporti del Servizio geologico nazionale
Reports of the Swiss Geological Survey

Autoren
swisstopo (Federführung)
BAFU (Mitwirkung)

Begleitgruppe / Fachreview
ARE, BFS, ASTRA, BAV, SECO, Kanton AG, Kanton VD, arv Baustoffrecycling Schweiz, FGS ETHZ, NEROS,
SBB, SL-FP, cemsuisse, VSH



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Landestopografie swisstopo
www.swisstopo.ch

Herausgeber

Bundesamt für Landestopografie (swisstopo)

Autoren

Bundesamt für Landestopografie (swisstopo) (Federführung)

Bundesamt für Umwelt (BAFU) (Mitwirkung)

Begleitgruppe

Bundesamt für Raumentwicklung (ARE)

Bundesamt für Statistik (BFS)

Bundesamt für Strassen (ASTRA)

Bundesamt für Verkehr (BAV)

Staatssekretariat für Wirtschaft (SECO)

Kanton Aargau

Canton de Vaud

arv Baustoffrecycling Schweiz

Fachgruppe Georessourcen Schweiz (FGS), ETH Zürich

Netzwerk Mineralische Rohstoffe Schweiz (NEROS)

Schweizerische Bundesbahnen (SBB)

Stiftung Landschaftsschutz Schweiz (SL-FP)

Verband der Schweizerischen Zementindustrie (cemsuiss)

Verband schweizerischer Hartsteinbrüche (VSH)

Keywords

Mineralische Rohstoffe, Zementrohstoffe, Stand der Versorgung

Empfehlung für die Angabe in einem Literaturverzeichnis

swisstopo (2020): Rohstoffe zur Herstellung von Zement – Bedarf und Versorgungssituation in der Schweiz. – Ber. Landesgeol. 13 DE (nur als pdf).

Titelbild

Standorte der schweizerischen Zementwerke (orange Symbole) und generalisierte Lage der Vorkommen von kalziumkarbonathaltigen Gesteinen (graue Flächen), welche als potenzielle Primärrohstoffe zur Zementherstellung dienen könnten. Quellen: swisstopo, FGS.

Copyright

© swisstopo, CH-3084 Wabern, 2020

Erhältlich im pdf-Format auf www.swisstopo.ch



Zement spielt bei der Realisierung von vielen Bau- und Infrastrukturprojekten eine zentrale Rolle. Kalk und Mergel, die beiden wichtigsten mineralischen Rohstoffe für die Herstellung von Zement, sind in der Schweiz reichlich vorhanden.

Der vorliegende Bericht zeigt, wo diese abgebaut und verarbeitet werden, wie der aktuelle Stand der Versorgung der Schweiz mit diesen Rohstoffen ist und wie sich der Zementbedarf entwickeln könnte.

Rohstoffe zur Herstellung von Zement – Bedarf und Versorgungssituation in der Schweiz

Berichte der Landesgeologie
Rapports du Service géologique national
Rapporti del Servizio geologico nazionale
Reports of the Swiss Geological Survey

Autoren
swisstopo (Federführung)
BAFU (Mitwirkung)

Begleitgruppe / Fachreview
ARE, BFS, ASTRA, BAV, SECO, Kanton AG, Kanton VD, arv Baustoffrecycling Schweiz, FGS ETHZ, NEROS,
SBB, SL-FP, cemsuisse, VSH



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Landestopografie swisstopo
www.swisstopo.ch

Executive Summary – Zusammenfassung

Die Schweiz verfügt – geologisch gesehen – über reichliche Vorkommen an den beiden wichtigsten Zementrohstoffen Kalk und Mergel. Diese werden in der Schweiz in Steinbrüchen abgebaut und lassen sich nur zu einem sehr geringen Teil durch Sekundärrohstoffe substituieren. Für die Realisierung und den Unterhalt von Bau- und Infrastrukturprojekten benötigt die Schweiz jährlich rund 5 Mio. t Zement. Dieser Bedarf wird durch die sechs schweizerischen Zementwerke (2019: 86%) sowie durch Import (2019: 14%) gedeckt.

Eine stabile Zementversorgung wird in erster Linie durch einen langfristig gesicherten Zugang zu den Primärrohstoffen gewährleistet. Bei einigen Zementwerken ist derzeit dieser Zugang für die von ihnen gewählten Standorte aufgrund geltender gesetzlicher Grundlagen und aufgrund von Widerständen gegen die beantragten Rohstoffabbauerweiterungsprojekte eingeschränkt. Vorlaufzeiten für eine Abbaubewilligung, vom Richtplanverfahren bis zum Abbaubeginn, können 10–15 Jahre beanspruchen.

Der vorliegende Bericht lässt die Schlussfolgerung zu, dass ohne neue Bewilligungen an den von den Zementwerken beantragten Abbauerweiterungsgebieten die Deckung der nationalen Zementversorgung durch die schweizerische Produktion ab 2024 auf rund 64% sinken würde. Sofern die beantragten Erweiterungsprojekte bis 2023 bewilligt werden können, verzögert sich der beschriebene Rückgang der schweizerischen Zementproduktion bis Ende 2030. Ab 2031 ist erneut ein Rückgang zu erwarten, wenn zusätzliche Erweiterungsgebiete nicht für den Abbau freigegeben werden können oder keine neuen Abbaustandorte gefunden werden.

Inhaltsverzeichnis

Executive Summary – Zusammenfassung	5
1. Einleitung	8
1.1 Ausgangslage	8
1.2 Ziel und Aufbau des Berichts	8
1.3 Zement in unserer Gesellschaft	9
1.4 Zementrohstoffe, Zement und Beton	9
2. Zement in der Schweiz	12
2.1 Wie viel Zement unsere Gesellschaft braucht und wofür	12
2.2 Inlandverbrauch, Import und Export	15
2.3 Standorte für die Produktion von Zement	17
2.4 Transport von Zementrohstoffen und Zement	18
3. Prognose Zementbedarf 2030	20
4. Die nationale Zementversorgung mit inländischen Zementrohstoffen	21
4.1 Reserven und Ressourcen	22
4.2 Vorkommen	24
5. Herausforderungen für die Versorgung der Schweiz mit inländischen Zementrohstoffen	26
5.1 Raumplanerische Sicherung von Abbauvorhaben	27
5.2 Reduktion von CO ₂ -Emissionen	29
5.3 Rohstoffsubstitution und Beitrag zur Schliessung von Stoffkreisläufen	31
5.4 Auswirkungen auf Landschaft und Biodiversität	34
5.5 Auswirkungen aus Transporten von Zementrohstoffen	36
6. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	39
7. Referenzen	41
8. Verwendete Begriffe	43
9. Abkürzungen	45

10.	Anhang	46
A-1	Grundlagen und Methodik für die Prognose des Zementbedarfs 2030	46
A-2	Hauptstossrichtungen zur Reduktion von CO ₂ -Emissionen in der schweizerischen Zementindustrie . .	49
A-3	Kurzinformationen zu den potenziell zur Zement- produktion geeigneten Gesteinseinheiten	50
A-4	Kurzinformationen zu den schweizerischen Zement- werken und deren Abbaustandorten	51
A-4.1	Standort Cornaux	51
A-4.2	Standort Eclépens	53
A-4.3	Standort Péry	55
A-4.4	Standort Siggenthal	57
A-4.5	Standort Untervaz	59
A-4.6	Standort Wildegg	61

1. Einleitung

1.1 Ausgangslage

Gestützt auf den «Bericht mineralische Rohstoffe» [1] und die Schwerpunktmassnahme 5a 2016–2019 aus dem Aktionsplan «Grüne Wirtschaft» [2] wurden swisstopo und das BAFU vom Bundesrat beauftragt, periodisch aktualisierte Rohstoffsicherungsberichte zu den inländischen nichtenergetischen mineralischen Rohstoffen zu erarbeiten. Diese Berichte zeigen den aktuellen Verbrauch und den Stand der Versorgung der Schweiz mit den entsprechenden Rohstoffen auf und schätzen den kurz- bis mittelfristigen nationalen Bedarf ab.

1.2 Ziel und Aufbau des Berichts

Der vorliegende Rohstoffsicherungsbericht fasst aktuelle Grundlagendaten zu den Zementrohstoffen sowie zur Zementproduktion aus nationaler Perspektive zusammen. Damit schafft der Bericht fachliche Grundlagen für die kantonale und kommunale Planung und die raumplanerische Interessenabwägung zur Beurteilung der Versorgungssituation der Schweiz mit inländischen Zementrohstoffen.

Die Nutzung des Untergrundes bzw. der mineralischen Rohstoffe liegt in der Kompetenz der Kantone, welche über die entsprechenden Bergregale bzw. Untergrundgesetze verfügen. Die Kantone sind grundsätzlich für die Sicherung der Versorgung mit mineralischen Rohstoffen zuständig. Der Abbau von Zementrohstoffen und deren Verarbeitung beschränkt sich heute auf sechs Zementwerke in fünf Kantonen¹, nachdem sich der Markt seit den 1970er Jahren konsolidiert hat. Aktuell wird die Nachfrage so weit möglich von diesen Produktionsstandorten befriedigt.

Die Kapitel 1–4 liefern Grundlagen zur Rolle und zur Produktion von Zement, zur Verfügbarkeit der Zementrohstoffe in der Schweiz und zum heutigen Verbrauch und künftigen Zementbedarf. Kapitel 5 beschreibt die Herausforderungen, welche sich beim Abbau der Zementrohstoffe sowie bei der Zementproduktion ergeben, worauf in Kapitel 6 Schlussfolgerungen gezogen werden.

Der vorliegende Bericht entstand unter der Federführung der Landesgeologie von swisstopo in enger Zusammenarbeit mit dem BAFU und einer Begleitgruppe, bestehend aus weiteren Bundesämtern (ARE, ASTRA, BAV, BFS, SECO), Kantonsvertretern und -vertreterinnen (VD, AG), Industrieverbänden (cemsuisse, arv, VSH), der SBB, der Fachgruppe Georessourcen Schweiz der ETHZ (FGS), der Stiftung Landschaftsschutz Schweiz (SL-FP) und dem Netzwerk Mineralische Rohstoffe Schweiz (NEROS).

¹ Aargau, Bern, Neuenburg, Graubünden, Waadt.

1.3 Zement in unserer Gesellschaft

Die sichere Versorgung eines Landes mit Zement in ausreichender Menge und normkonformer Qualität hat eine hohe gesellschaftliche und wirtschaftliche Bedeutung. Tragfähige und langlebige Bauwerke im Hoch- und Tiefbau bestehen heute mehrheitlich aus Beton. Zement ist im Beton das zentrale Bindemittel für Kies und Sand und damit ein fundamentaler Baustoff für die Erstellung und Instandhaltung der Verkehrsinfrastruktur (Strassen, Tunnel, Brücken usw.), von Bauten für die Ver- und Entsorgung (Staudämme, Kläranlagen, Kraftwerke usw.) sowie von Bauwerken zum Schutz der Bevölkerung und Infrastruktur vor Naturkatastrophen.

Wie bei vielen anderen Rohstoffen, die für unsere Gesellschaft von grossem Nutzen sind², führt auch die Gewinnung von Zementrohstoffen zu einem Abbau natürlicher Ressourcen, verbunden mit Emissionen und sichtbaren Eingriffen in unseren Lebensraum. Die Zementproduktion erfordert grosse Mengen an Energie, die entweder aus primären fossilen Brennstoffen, wie Kohle, Koks, Gas und Öl, oder zunehmend auch aus sekundären Brennstoffen, wie Altreifen und Kunststoffabfällen, gewonnen wird. Der thermische Umwandlungsprozess der Zementrohstoffe und der Einsatz von fossilen Brennstoffen setzen grosse Mengen an CO₂ frei, das heute allgemein als Hauptfaktor des anthropogenen Klimawandels gilt. Der Bereich Wohnen (und Bauen) hat laut dem Umweltbericht des Bundesrates 2018 [3] neben den Bereichen Ernährung und Mobilität den grössten Einfluss auf die Umwelt. Bei der aktuellen Bautätigkeit werden jährlich grosse Mengen an Baustoffen benötigt. Gleichzeitig fallen relevante Mengen an Bauabfällen an, die so weit wie möglich als Sekundärbaustoffe in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt werden können und vermehrt auch sollen.

Durch den hohen Bedarf an Bau- und Rohstoffen, die für die Erfüllung der Bedürfnisse unserer Gesellschaft erforderlich sind, besteht ein öffentliches Interesse an einer gesicherten Versorgung der Schweiz mit Zement und den assoziierten primären Zementrohstoffen. Der Abbau von Zementrohstoffen führt jedoch zu einem Druck auf Umwelt, Klima, Landschaft und Bevölkerung. Die dadurch entstehenden Schutz- und Nutzungskonflikte werden in einer sachgerechten und möglichst umfassenden Abwägung aller berechtigten und relevanten Interessen beurteilt. Der Entscheid zugunsten des Schutz- oder Nutzungsinteressens ist auf Basis dieser Interessenabwägung zu treffen.

1.4 Zementrohstoffe, Zement und Beton

Zement wird aus den Primärrohstoffen Kalk und Mergel hergestellt. In geringem Mass wird teilweise auch Ton und/oder Sand beigegeben. In der Schweiz sind diese Rohstoffe – geologisch gesehen – reichlich vorhanden und werden insbesondere im Jura und in geringerem Mass auch in den Alpen im Tagebau gewonnen.

Die Zementproduktion ist ein industrieller Prozess mit einem hohen Bedarf an thermischer und elektrischer Energie. Zuerst wird eine Rohmischung aus Kalk (Massenanteil rund 80%), Mergel (Massenanteil rund 15%) und einigen Korrekturstoffen wie Quarzsand oder Bauxit (Massenanteil < 5%) erstellt. Anschliessend wird diese Rohmischung bei rund 1450 °C in einem Drehrohrofen gebrannt (Kalzinierung), wodurch ein synthetisches Mineral, der Klinker, entsteht (Fig. 1). Der Zement ist schliesslich eine Mischung von gemahlenem Klinker mit natürlichem oder aus Rauch-

² Wie z.B. Kupfer, Kobalt, Lithium, Nickel usw.

gasentschwefelungsanlagen stammendem Gips³ und weiteren Zumahlstoffen. Die Wahl der Zumahlstoffe hängt vom gewünschten Endprodukt ab. Traditionell wird dazu neben Gips hochreiner Kalk verwendet, aktuell kommen vermehrt Sekundärrohstoffe wie gebrannter Schiefer, Asche⁴ oder Misch- und Betongranulat aus dem Rückbau zum Einsatz. Der Klinker macht den grössten Anteil des Zements aus (Fig. 2).

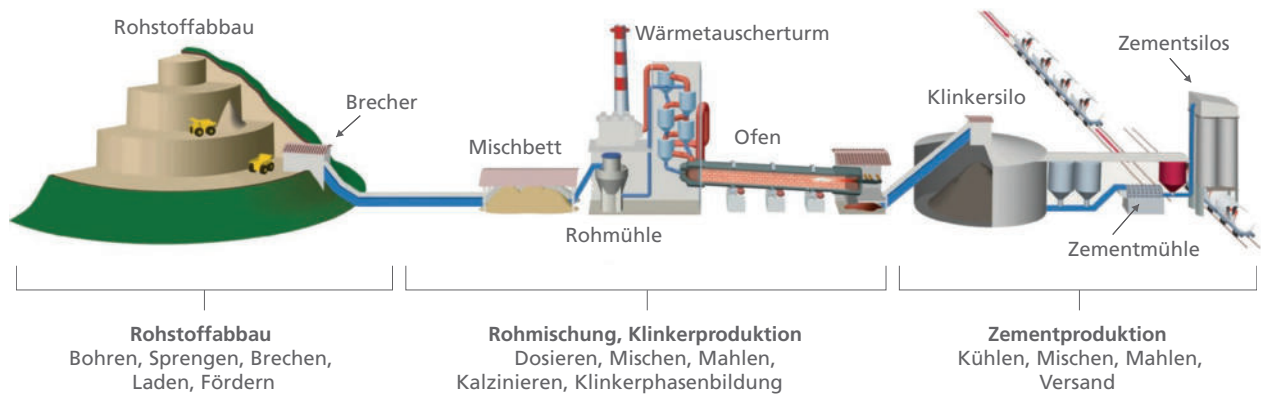


Fig. 1: Die wichtigsten Stufen im Zementproduktionsprozess. Bildquelle: Holcim (Schweiz) AG.

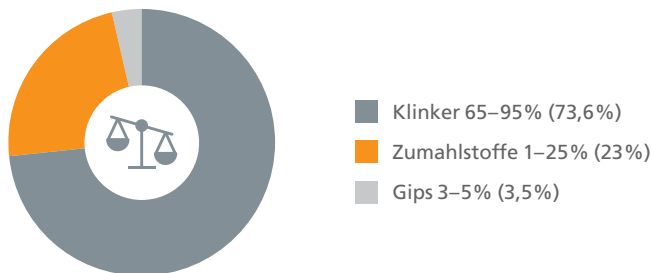


Fig. 2: Zusammensetzung von Zement (Durchschnittsgehalte der in der Schweiz meistverkauften Zementsorten CEM I und CEM II nach der Norm SN EN 197-1). Die Mengenanteile variieren je nach Zementsorte. Die Angaben in Klammern beschreiben die Zusammensetzung des Durchschnittszements in der Schweiz von 2015 [5].

Bei der Betonproduktion spielt der mengenmässig geringe Anteil an Zement eine zentrale Rolle, indem dieser unter Zugabe von Wasser und Additiven die Zuschlagstoffe Kies und Sand zu Beton verbindet. Im Allgemeinen sind zur Herstellung von einer Tonne Beton rund 820 kg Kies und Sand, 120 kg Zement und 60 l Wasser nötig (Fig. 3).

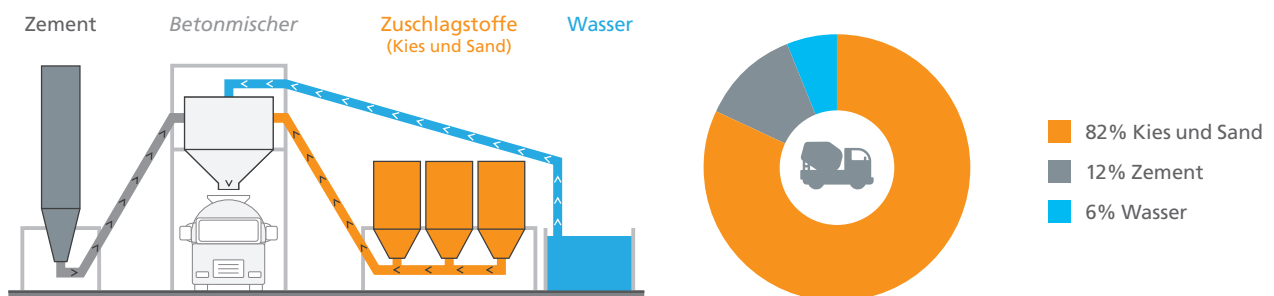


Fig. 3: Links: Betonproduktion (schematisch). Rechts: Durchschnittliche Zusammensetzung für die Herstellung von Beton [5].

³ Auch bekannt als REA-Gips.

⁴ Z.B. Rückstände aus Kehrrichtverbrennungsanlagen oder aus Kohlekraftwerken.

Mit seinen umfangreichen Anlagen nimmt ein Zementwerk eine Fläche von rund 10–25 ha ein und erfordert Kapitalinvestitionen je nach Grösse und Komplexität von 300–600 Mio. Fr. Ein Betonwerk hingegen benötigt rund 2–8 ha Land und die Installation erfordert eine Investition von weniger als 10 Mio. Fr.⁵

Eine Zementwerksanlage, deren Lebensdauer mehr als fünfzig Jahre beträgt, kann aufgrund ihrer Grösse, Komplexität und der hohen Investitionskosten nicht ohne Weiteres verlegt werden.

Zur Minimierung von negativen Auswirkungen aus Transporten der Rohstoffe sowie der Betriebskosten sollte der Standort des Zementwerks so nah wie möglich bei den Abbaustellen der Primärrohstoffe liegen (s. Fig. 19). Zudem sollte ein Zementwerk gut an das Schienen- und Hauptstrassennetz und damit an die Absatzmärkte angeschlossen und, wenn möglich, in die regionale Abfallbewirtschaftung integriert sein (s. Kap. 5.3).

5 Quelle: swisstopo (Berechnung auf Basis von Angaben von Holcim (Schweiz) AG).

2. Zement in der Schweiz

2.1 Wie viel Zement unsere Gesellschaft braucht und wofür

Um die Nachfrage nach Baustoffen zu decken, wurden in der Schweiz in den letzten zehn Jahren fast 5 Mio. t Zement pro Jahr benötigt [6, 7]. Dies entspricht einem Anteil pro Einwohner/in von rund 600 kg Zement pro Jahr, was nahe am globalen Durchschnitt, aber weit über dem Median liegt (Fig. 4). Der hohe Zementverbrauch pro Einwohner/in in der Schweiz erklärt sich aus dem hohen Lebensstandard und der daraus resultierenden grossen Nachfrage nach Beton für Neubauprojekte sowie Renovationen im öffentlichen und privaten Bereich⁶.

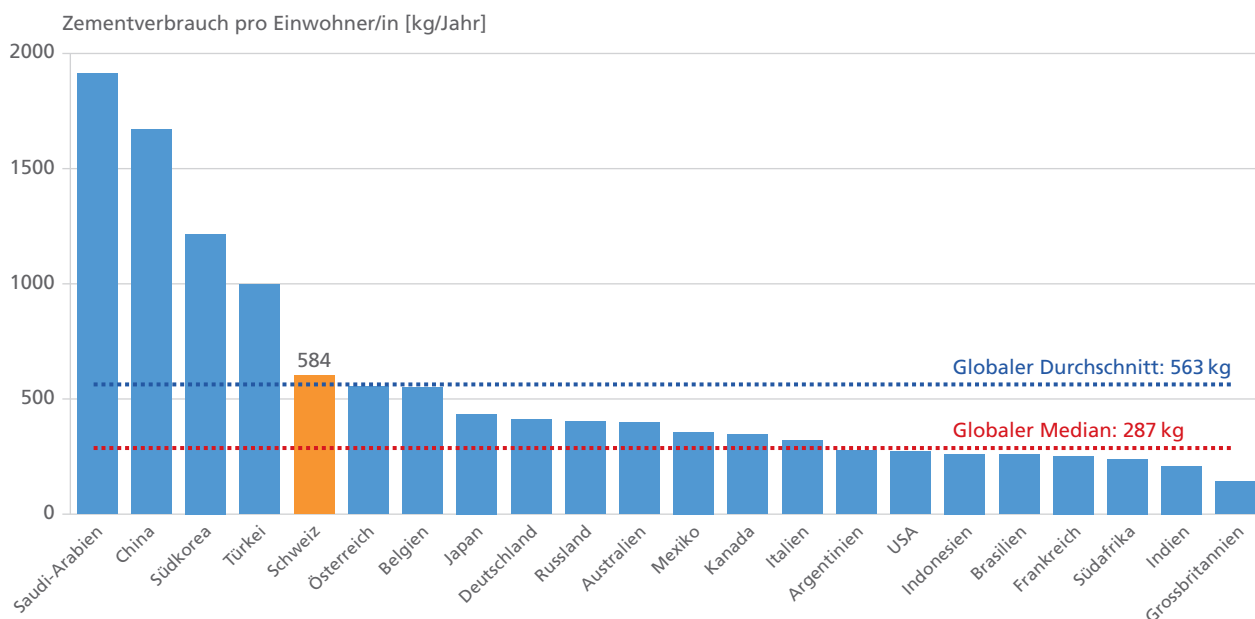


Fig. 4: Durchschnittlicher Zementverbrauch pro Einwohner/in in der Schweiz in den letzten zehn Jahren im Vergleich mit einer Auswahl der meistproduzierenden Länder 2017 (basierend auf [6, 7, 8, 9, 10, 11 u. 12]).

2016 stellte die Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA) in einer vom BAFU initiierten Materialflussanalyse (MatCH) fest, dass mehr als 40% des «Bauwerks Schweiz» aus Beton bestehen [13]. Der grösste Teil des Betons – und damit der Komponenten Zement und Zuschlagstoffe⁷ – ist hauptsächlich in Ein- und Mehrfamilienhäusern enthalten (Fig. 5). Daneben wird ein erheblicher Anteil an Beton für Wasser-, Gas- und Stromversorgungs- sowie Abfallinfrastruktur benötigt. In allen Bauwerken der Schweiz – mit Ausnahme der Strassen und Schienen – kommt dem Beton der grösste Anteil zu.

⁶ Der Betonverbrauch pro Einwohner/in liegt bei 4,5–5 t pro Jahr [6, 38].

⁷ Hauptsächlich Kies und Sand.

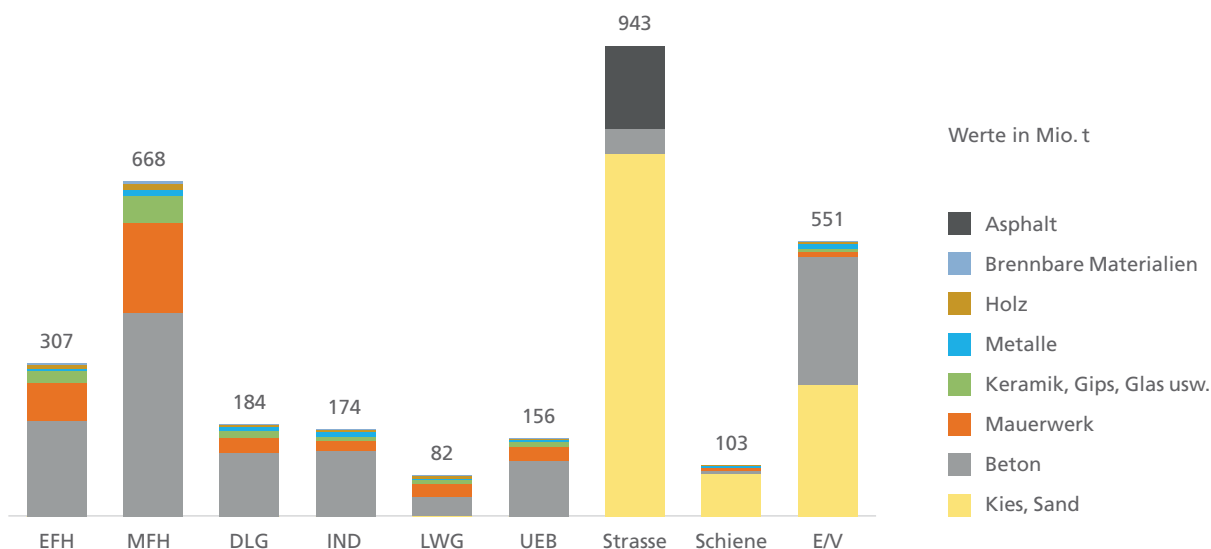


Fig. 5: Anteil unterschiedlicher Baumaterialien pro Baukategorie in der Schweiz 2015. Abkürzungen: EFH = Einfamilienhäuser, MFH = Mehrfamilienhäuser, DLG = Dienstleistungsgebäude, IND = Industriegebäude, LWG = Landwirtschaftsgebäude, UEB = Übrige Gebäude, E/V = Ent- und Versorgungsinfrastruktur [13].

Die Auswertung der vom BFS erhobenen jährlichen Bauinvestitionen für die Jahre 1994–2017 zeigt, dass der private Hochbau nach wie vor der Motor der Bauwirtschaft ist [14]. Ab 2000 ist eine fast konstante Zunahme der Investitionen im privaten Hochbau sowie eine leichte Steigerung im öffentlichen Tiefbau zu beobachten (Fig. 6). Beide Kategorien sind in hohem Mass abhängig von der rechtzeitigen Lieferung von Baumaterialien, insbesondere von Beton und Backsteinen, die nach wie vor über 90% der tragenden Strukturen von Neubauten ausmachen (Fig. 7 u. Fig. 8).

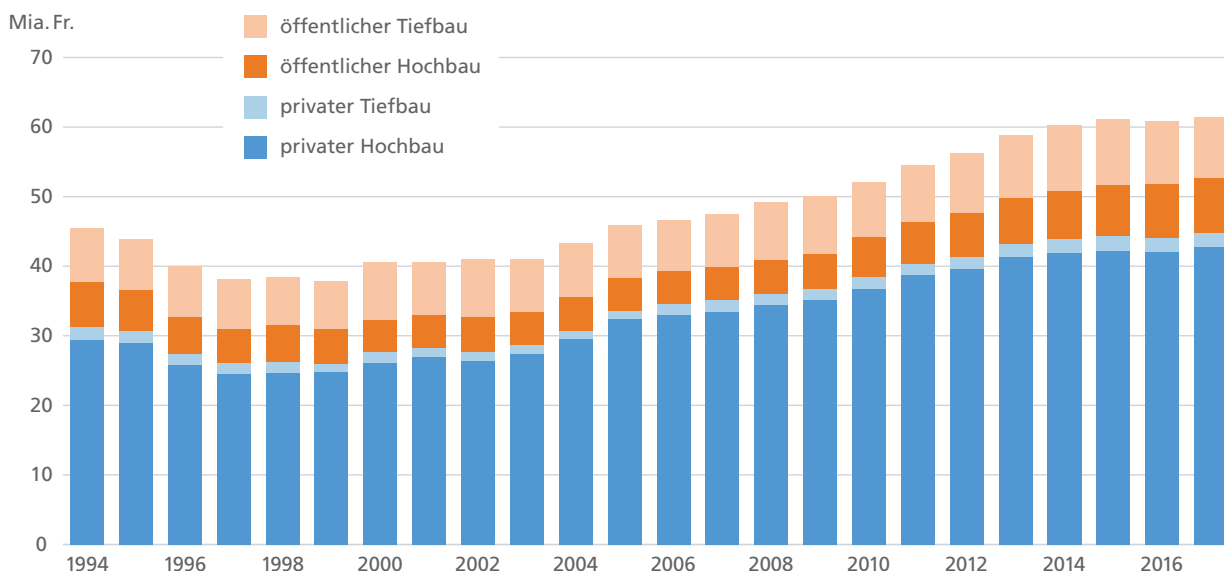


Fig. 6: Bauinvestitionen in der Schweiz 1994–2017. Der private Hochbau überwiegt und zeigt seit 2000 einen steigenden Trend [14].

Obwohl die Verwendung von Holz als Baumaterial für Tragkonstruktionen im letzten Jahrzehnt zugenommen hat, überwiegt der Materialanteil von Beton und Backsteinen nach wie vor (Fig. 7 u. Fig. 8). Die verbreitete Nutzung von Beton in allen Baukategorien erklärt sich aus seiner

Festigkeit und Langlebigkeit, die diesen Baustoff bisher für gewisse Anwendungen nicht austauschbar machen.

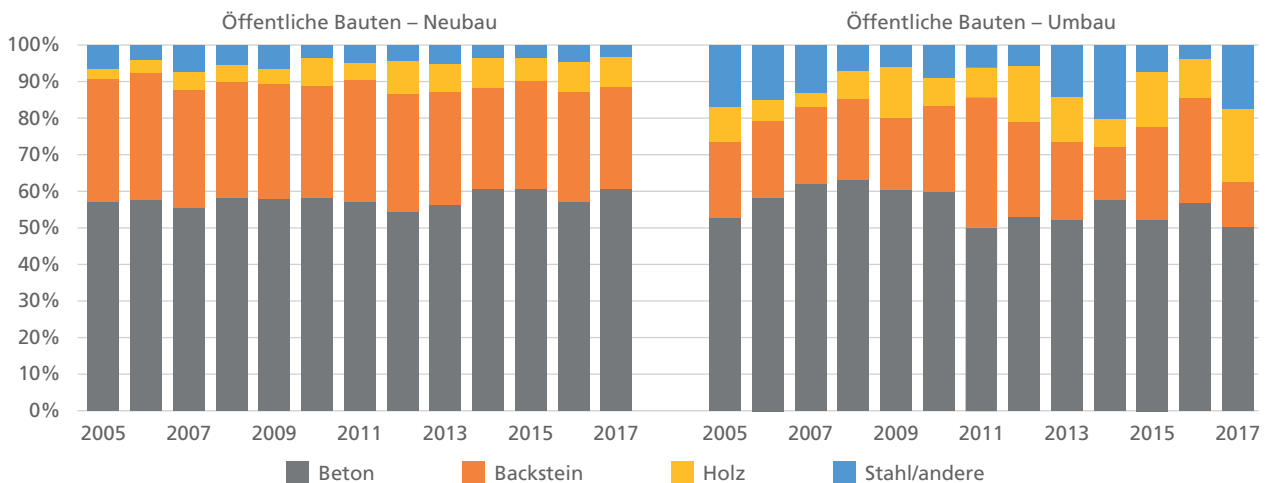


Fig. 7: Materialanteile in Tragkonstruktionen von öffentlichen Bauten 2005–2017, gewichtet nach Baukosten. Der Anteil an Beton und Backsteinen in Neubauten ist nahezu konstant [15].

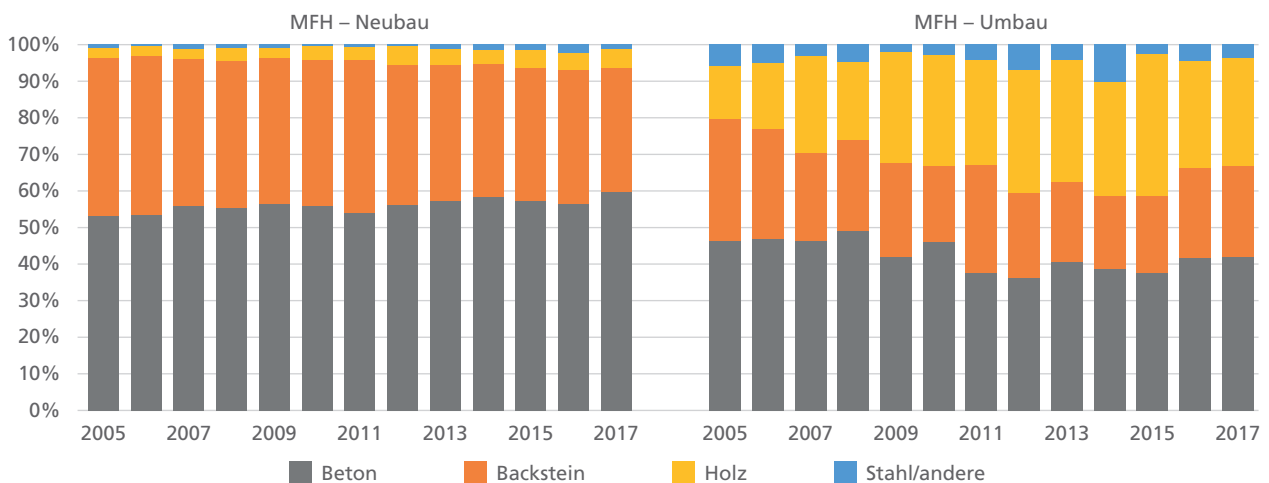


Fig. 8: Materialanteile in Tragkonstruktionen von Mehrfamilienhäusern (MFH) 2005–2017, gewichtet nach Baukosten. Bei Neubauten wurden vorwiegend Beton und Backsteine verbaut, bei Umbauten hingegen hat der Holzanteil seit 2005 zugenommen [15].

Die Gebäudeverteilung – und somit auch die räumliche Verteilung der eingelagerten Baustoffe in der Schweiz – zeigt eine Konzentration im Mittelland und entlang der Hauptverkehrsachsen. Die sechs Zementwerke sind an das Schienen- und Nationalstrassennetz angeschlossen⁸ und befinden sich in der Nähe der Hauptverwendungsorte des Zements (Fig. 9).

⁸ Dieser Anschluss ist im «Konzept für den Gütertransport auf der Schiene» des Bundes gesichert [39]. Die Schienennetzkapazitäten werden im Rahmen der Bahnausbauprogramme STEP AS 2025 und AS 2030/35 erhöht.

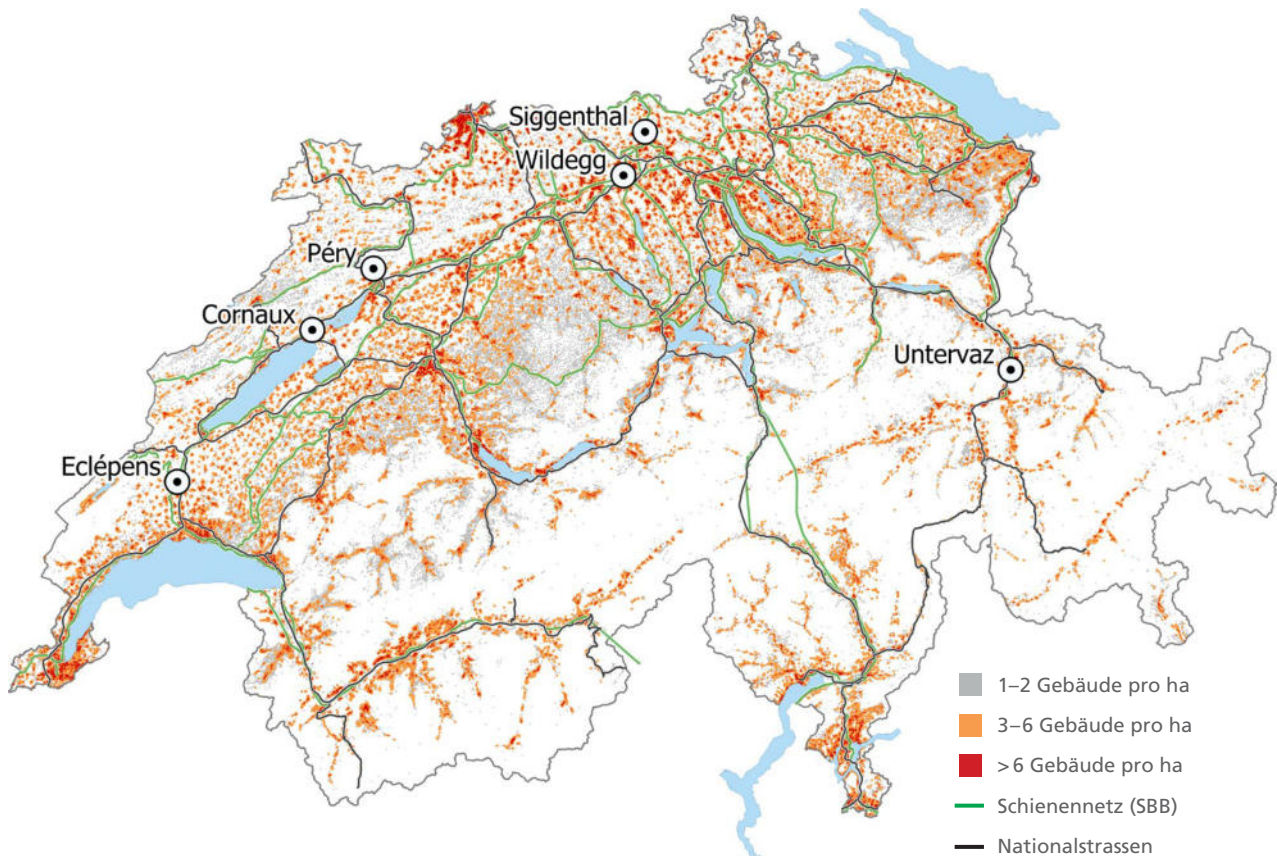


Fig. 9: Räumliche Verteilung der Gebäude in der Schweiz (Stand 2017) [16] und Standorte der Zementwerke.

2.2 Inlandverbrauch, Import und Export

Zwischen 1990 und 2019 wurden in der Schweiz zwischen 3,7 und 5,7 Mio. t Zement pro Jahr verbraucht (Mittelwert 4,6 Mio. t) [6, 7]. Im betrachteten Zeitraum stieg die Bevölkerungszahl von 6,8 Mio. auf über 8,5 Mio. [11]. Die schweizerischen Zementwerke deckten den nationalen Zementverbrauch zu 84–98% (86% im Jahr 2019) (Fig. 10).

Dabei korrelierte der Zementverbrauch in den letzten Jahren nicht mit der Bevölkerungszunahme. Nach der zweiten Hälfte der 1990er-Jahre blieb der Verbrauch pro Einwohner/in einigermaßen konstant bei rund 590 kg pro Einwohner/in. In den Jahren 2011–2019 reduzierte sich der Zementverbrauch von 650 kg auf rund 550 kg pro Einwohner/in.

Gemäss den Zahlen der Eidgenössischen Zollverwaltung (EZV) stieg der Import von Zement und Klinker in den letzten drei Jahrzehnten von rund 0,2 Mio. t auf rund 0,8 Mio. t pro Jahr. Nach einem erheblichen Wachstum zwischen 2010 und 2014 ist der Import wieder leicht rückläufig.

2019 wurden fast 0,7 Mio. t Zement importiert, was rund 14% des gesamten Zementverbrauchs entsprach (Fig. 11). Der Grossteil des Imports im Jahr 2019 kam aus Italien (0,34 Mio. t) und Deutschland (0,32 Mio. t).

Der Zementexport war im Vergleich zum Import verhältnismässig gering. Er betrug in den vergangenen zehn Jahren im Durchschnitt rund 0,12 Mio. t pro Jahr, was weniger als 3% des gesamten Zementverbrauchs in der Schweiz entspricht. Der Export im Jahr 2019 ging hauptsächlich nach Österreich (0,1 Mio. t). Der Handel mit Klinker wurde vor allem vor der Wirtschaftskrise 2008 betrieben (Fig. 11).

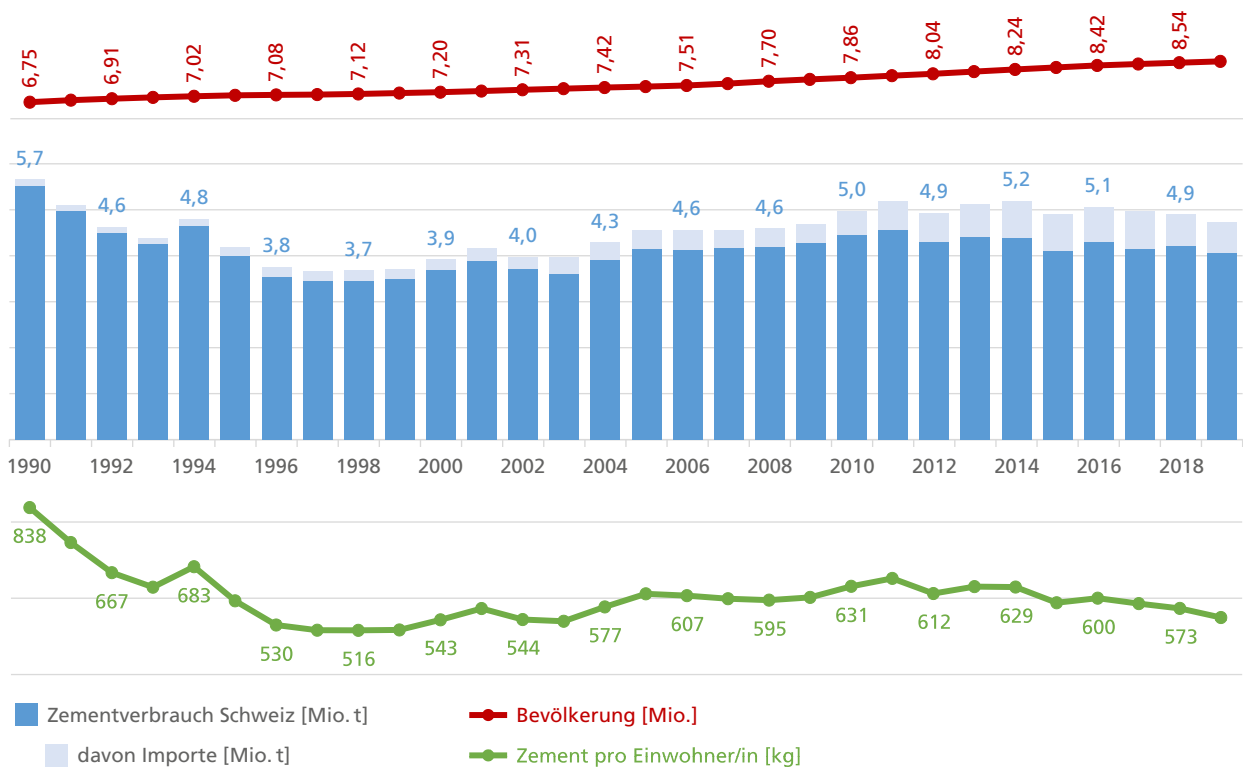


Fig. 10: Bevölkerungsentwicklung, Zementverbrauch total und pro Einwohner/in in der Schweiz 1990–2019 (basierend auf [6, 11⁹ u. 7]).

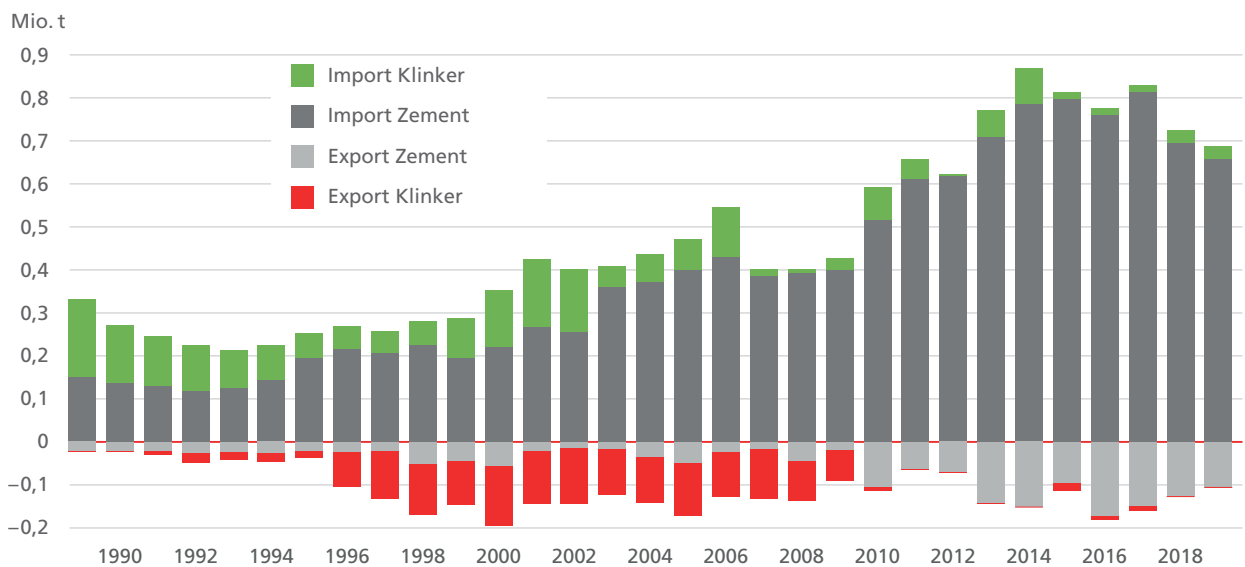


Fig. 11: Import und Export von Zement und Klinker [7].

⁹ Der Bevölkerungsstand 2019 ist provisorisch (8,6039 Mio.; Stand: 29.5.2020).

2.3 Standorte für die Produktion von Zement

Die Zementproduktion hat in der Schweiz eine lange Geschichte, angefangen mit dem ersten Werk, das 1871 von Robert Vigier in Luterbach (SO) gegründet wurde. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts boomte die Industrie. So waren 1913 in der Schweiz 26 Zementwerke mit einer gesamten Produktionskapazität von 0,66 Mio. t pro Jahr in Betrieb [17]. Heute arbeiten rund 660 Beschäftigte in sechs Zementwerken [6]. Die gesamte Produktionskapazität beträgt rund 5 Mio. t pro Jahr, also fast achtmal mehr als 1913 (Fig. 12). Der Hauptgrund für die zahlreichen Stilllegungen von Werken und den damit assoziierten Rohstoffabbaustandorten seit 1990 liegt darin, dass Produzenten und Produzentinnen mit einem optimalen Zugang zu den Rohstoffen und Märkten ihre technologischen Prozesse optimierten und damit den Absatz auf Kosten der Konkurrenz steigern konnten.

Die heute in Betrieb stehenden Zementwerke in Eclépens (VD), Siggenthal (AG) und Untervaz (GR) werden von Holcim (Schweiz) AG betrieben (Mutterkonzern LafargeHolcim, Schweiz). Das Werk in Untervaz liegt als einziges schweizerisches Zementwerk ausserhalb des Jurabogens. JURA Materials (Mutterkonzern CRH, Irland) betreibt die Zementwerke in Cornaux (NE) und Wildegg (AG). Das Zementwerk in Péry (BE) wird von Vigier Ciment SA betrieben (Mutterkonzern Vicat, Frankreich).

Fünf der sechs Zementwerke deckten 2018 je 15–18% des nationalen Zementverbrauchs. Das sechste Werk weist einen Anteil von unter 10% auf.

Eine Kurzbeschreibung für jedes Zementwerk sowie eine rohstoffgeologische Beschreibung der Abbaustandorte liegen im Anhang A-4 vor.

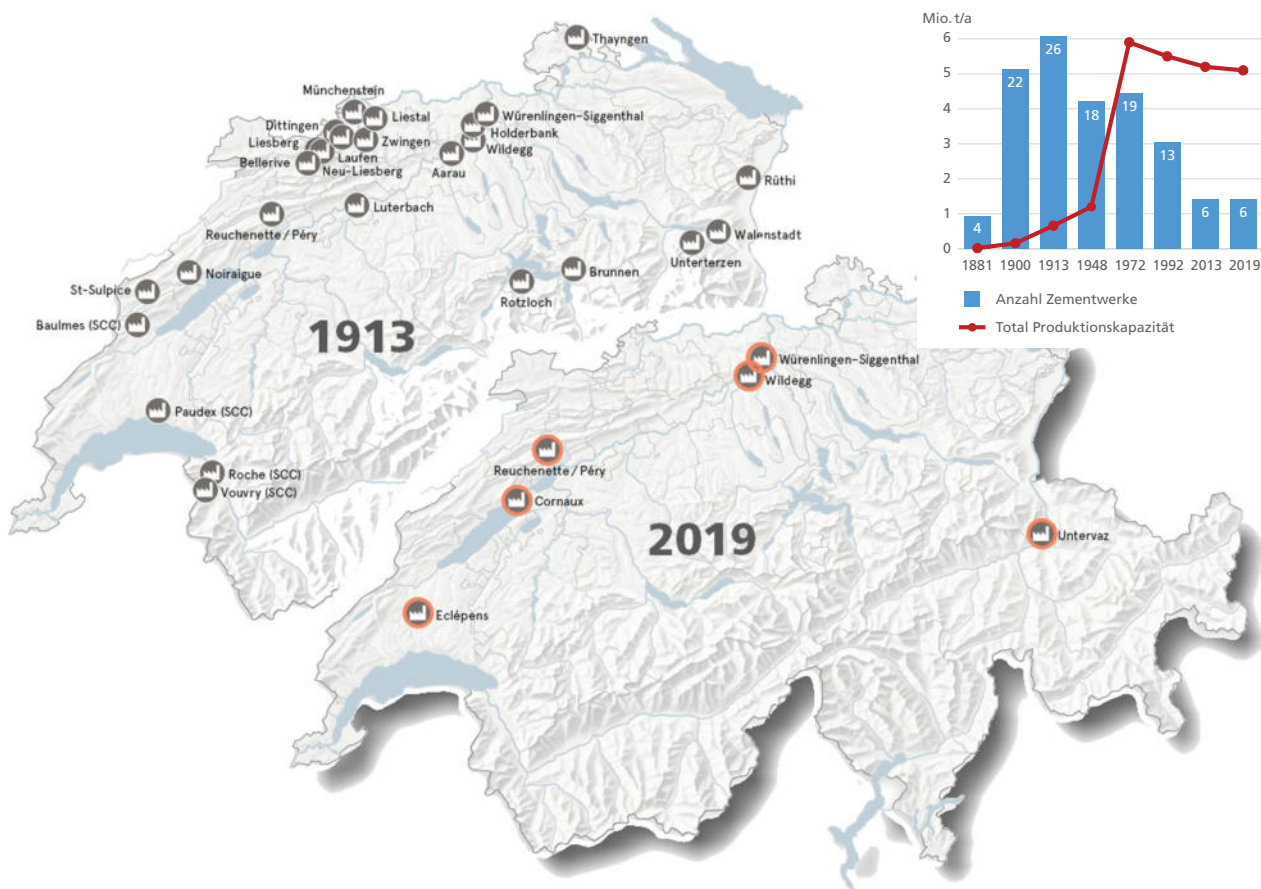


Fig. 12: Standorte der Zementwerke in der Schweiz von 1913 und 2019. 1913 produzierten 26 Werke zusammen fast einen Achtel der Zementproduktion der heutigen sechs Werke [17]. Bildquelle: cemsuisse (modifiziert).

2.4 Transport von Zementrohstoffen und Zement

Die zur Zementproduktion benötigten Primärrohstoffe werden in Steinbrüchen gewonnen. Das beim Abbau zerkleinerte Gestein wird in der Regel mit grossen Dumpfern (Nutzlast 60–75 t) und via Förderband zur weiteren Verarbeitung in das Zementwerk transportiert (Fig. 13). Da die Steinbrüche meist topografisch höher liegen als die Zementwerke, wird in manchen Fällen die Lageenergie der beladenen Förderbänder und neuerdings auch eines elektrisch betriebenen Dumpers [18] in elektrische Energie umgewandelt.



Fig. 13: Elektrisch betriebener Dumper (links) und Förderband (rechts) beim Zementwerk in Péry.
Bildquelle: Vigier Ciment SA.

Das fertige Produkt Zement erreicht die Betonwerke und Baustellen über das Strassen- und Schienennetz. 2019 erfolgten in der Schweiz 40% aller Zementlieferungen per Bahn, die restlichen Transporte – vorwiegend zur Feinverteilung – fanden auf der Strasse statt (Fig. 14).

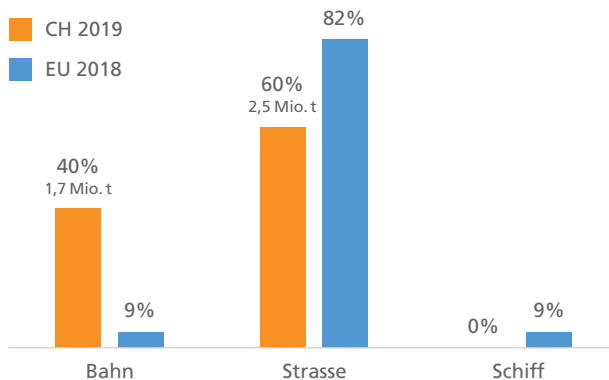


Fig. 14: Transportmittel für Zementlieferungen in der Schweiz und in der EU.
Quellen: cemsuisse, [8].

In der Schweiz befinden sich rund 1000 Silobahnwagen für Zement im Besitz der Zementunternehmen¹⁰. Ein Silobahnwagen fasst bis 65 t Zement. Somit können in einem Ganzzug (Fig. 15) bis zu 1300 t Zement transportiert werden [19]. Demgegenüber fasst ein Silolastwagen typischerweise bis zu 28 t, was bedeutet, dass für das gleiche Nettogewicht rund 46 Silolastwagen benötigt würden.

¹⁰ Der weitaus grösste Teil der Silobahnwagen befindet sich im Eigentum der Unternehmen, ein kleiner Teil wird geleast bzw. gemietet. Quelle: cemsuisse.

Eine Diskussion über Transporte und deren Einfluss auf Umwelt, Infrastruktur und Bevölkerung befindet sich in Kapitel 5.5.



Fig. 15: Links: Ganzzug mit 65-t-Silobahnwagen. Rechts: 28-t-Silolastwagen. Bildquellen: Holcim (Schweiz) AG (links), JURA Materials (rechts).

3. Prognose Zementbedarf 2030

Im Auftrag von cemsuisse führte Emch+Berger zwischen 2015 und 2018 eine Abschätzung des zukünftigen Zementbedarfs durch, welche 2018 von swisstopo validiert wurde [20]. Das erstellte Modell basiert auf detaillierten Daten des BAV, des ASTRA, des Schweizerischen Baumeisterverbands (SBV), der Bau-, Planungs- und Umweltdirektoren-Konferenz (BPUK), der cemsuisse, des BFS und der BAK Economics AG. Für den vorliegenden Bericht wurde das Modell unter Berücksichtigung der aktuellen Datengrundlage (effektiver Zementverbrauch und Bauausgaben bis 2019) und der künftigen Bautätigkeit¹¹ aktualisiert. Die Grundlagen und Angaben zur Methodik sind im Anhang A-1 beschrieben.

Basierend auf der Entwicklung des Zementverbrauchs in der Vergangenheit und Prognosen zur Entwicklung der Bauausgaben (unter Einbezug von FINÖV¹² und NAF¹³) wurde ein «Basis-Szenario» und darauf aufbauende Szenarien mit unterschiedlichen Entwicklungen der Bautätigkeit definiert. Der prognostizierte Zementbedarf variiert bis 2030 je nach Szenario zwischen 4,3 Mio. t und 5,9 Mio. t pro Jahr und liegt gemäss «Basis-Szenario» bei durchschnittlich 4,9 Mio. t pro Jahr (Fig. 16).

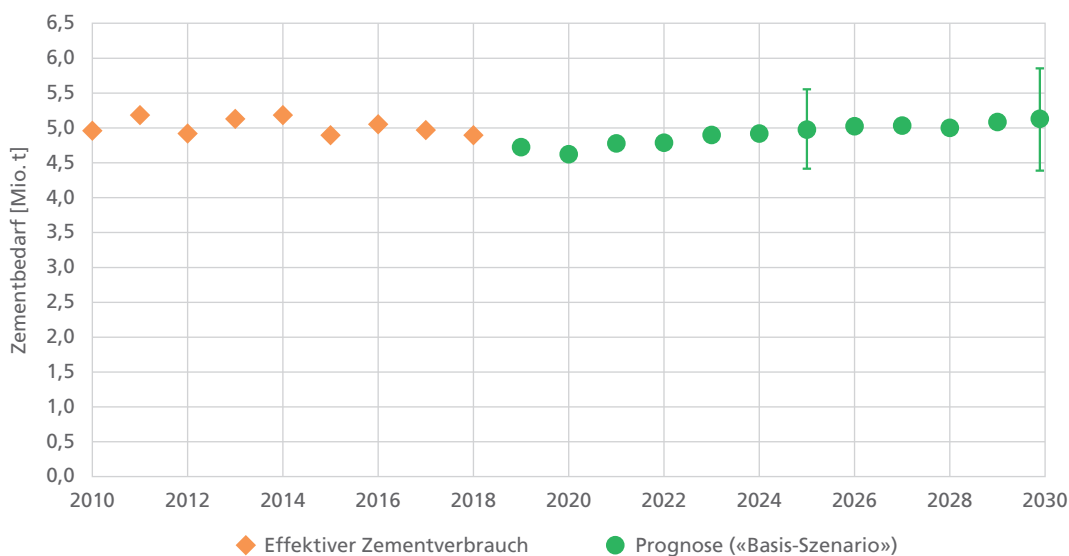


Fig. 16: Prognostizierter Zementbedarf bis 2030 gemäss «Basis-Szenario» [20] und effektiver Zementverbrauch für die Jahre 2010–2019 [6, 7]. Für die Jahre 2025 und 2030 wurde die Spannweite der Prognose dargestellt, basierend auf den verschiedenen Szenarien der Entwicklung der Bautätigkeit (s.a. Anhang A-1).

¹¹ Auch unter Berücksichtigung von COVID-19 (BAK Economics, 7.5.2020).

¹² Finanzierung der Infrastruktur des öffentlichen Verkehrs.

¹³ Nationalstrassen- und Agglomerationsverkehrs-Fonds.

4. Die nationale Zementversorgung mit inländischen Zementrohstoffen

Eine stabile Produktion von Zement hängt in erster Linie von einem langfristig gesicherten Zugang zu den Primärrohstoffen ab. Um den Grossteil des nationalen Zementverbrauchs zu decken¹⁴, verarbeiteten die schweizerischen Zementwerke im Jahr 2019 rund 5,8 Mio.t Zementrohstoffe. Rund 90% der Primärrohstoffe Kalk und Mergel, welche den grössten Anteil der Zementrohstoffe ausmachen, wurden in den in der Nähe der Werke liegenden Abbaustandorten gefördert. Etwa 9% der eingesetzten Zementrohstoffe stammten aus sekundären Quellen (s. Kap. 5.3). Die Verwendung von Sekundärrohstoffen hat in den letzten rund zehn Jahren zugenommen, wodurch der Einsatz von Primärrohstoffen in der Klinkerproduktion leicht reduziert werden konnte (Fig. 17). Relativ kleine Mengen an Gips und Korrekturstoffen wurden aus dem Ausland importiert.

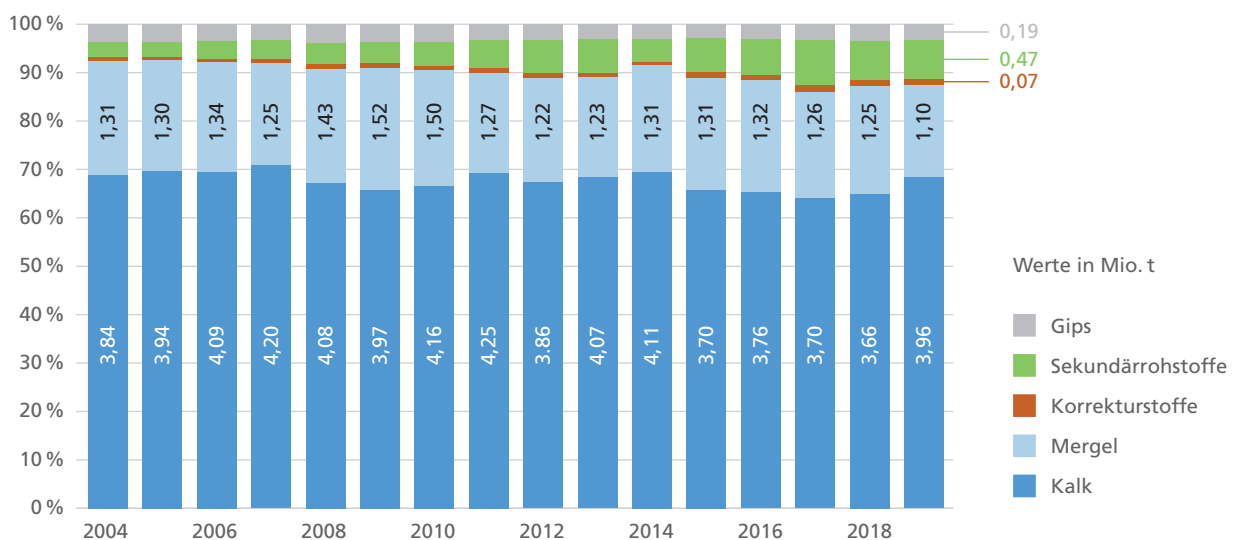


Fig. 17: Verbrauch von Zementrohstoffen 2004–2019 [6]. Siehe Kapitel 5.3 für eine Zusammenstellung der eingesetzten Sekundärrohstoffe.

Die Schweiz verfügt – geologisch gesehen – über reichliche Mengen an für die Zementproduktion geeigneten Primärrohstoffen (s. Kap. 4.2). Die Verteilung der Rohstoffvorkommen an sich zeigt jedoch nicht, ob diese auch zugänglich und wirtschaftlich und technisch abbaubar sowie bewilligungsfähig sind. Die langfristige Erschliessung einiger Vorkommen kann infolge überlagernder Schutz- und Nutzungsinteressen erschwert sein (s. Kap. 5.1).

In den folgenden Kapiteln werden die Begriffe «Vorkommen», «Reserven» und «Ressourcen» verwendet. Diese sind in der internationalen Bergbaupraxis definiert (z.B. [21]) und hier soweit möglich vereinfacht erklärt:

¹⁴ Rund 0,7 Mio. t Zement wurden aus dem Ausland importiert (s. Kap. 2.2).

Ein **Vorkommen** ist eine natürliche Konzentration an mineralischen oder sonstigen Rohstoffen von potenziell wirtschaftlichem Interesse. Die rohstoffgeologischen Eigenschaften (insb. Qualität und Tonnagen) sind (noch) nicht genügend untersucht und/oder die wirtschaftliche und technische Abbaubarkeit und der rechtliche Zugang sind nicht nachweisbar oder (noch) nicht geprüft.

Beispiele: Verlauf bzw. Eignung einer Kalk- oder Mergelschicht (noch) nicht nachgewiesen, Kalk in einer Grundwasserschutzzone, Mergel unter einer Stadt.

Eine **Ressource** ist ein Rohstoffvorkommen mit einem hohen wirtschaftlichen Potenzial, dessen rohstoffgeologische Eigenschaften ausreichend bekannt sind, bei dem aber der rechtliche Zugang und/oder die wirtschaftliche und technische Abbaubarkeit nicht endgültig geklärt oder geprüft ist (d.h. es sind nicht alle Bedingungen für eine Reserve erfüllt).

Beispiel und Anwendung: Ein gut untersuchtes und geeignetes Rohstoffvorkommen befindet sich im Besitz eines Zementwerkes. Im Richtplan ist das entsprechende Gebiet für ein Abbauvorhaben festgesetzt. Zurzeit liegt keine Abbaubewilligung vor.

Eine **Reserve** ist ein Rohstoffvorkommen, dessen rohstoffgeologische Eigenschaften ausreichend bekannt sind und bei welchem im Gegensatz zu einer Ressource die wirtschaftliche und technische Abbaubarkeit gewährleistet ist. Zusätzlich ist der rechtliche Zugang für den Abbau gesichert (insb. klar geregelte Eigentumsverhältnisse), und alle Bewilligungen für den Abbau sind vorhanden.

Beispiel und Anwendung: Ein gut untersuchtes und geeignetes Rohstoffvorkommen befindet sich im Besitz eines Zementwerkes. Alle behörden- und grundeigentümerverbindlichen Dokumente für den geplanten Abbau (oder die Erweiterung eines existierenden Abbauperimeters) sind vorhanden (Richtplan-, Nutzungsplan- und Baubewilligungsverfahren sind abgeschlossen).

Die Verankerungen dieser Definitionen in den raumplanerischen Prozessen ist in Figur 21 (Kap. 5.1) dargestellt.

4.1 Reserven und Ressourcen

In den folgenden Abschnitten wird anhand des zukünftigen Zementbedarfs (s. Kap. 3) und unter Einbezug der aktuellen Abbaubewilligungsfristen aufgezeigt, wie lange die inländische Zementproduktion den schweizerischen Zementbedarf decken kann. Dazu wurden die Reserven und Ressourcen an Primärrohstoffen unter Berücksichtigung einer Produktion aller Zementwerke auf maximaler Kapazität (rund 5 Mio. t) in die daraus herzustellende Menge Zement umgerechnet. Sind für ein Werk keine Reserven bzw. Ressourcen mehr ausgewiesen, entfällt dessen Beitrag zur Gesamtproduktion (Abbaubewilligungsfristen ausgelaufen, selbst wenn noch nicht aller Rohstoff abgebaut wurde).

Die verwendeten Kennzahlen wurden Anfang 2019 bei den einzelnen Zementwerken erhoben und durch die Kantonsvertreter/innen geprüft. Aus Gründen des Datenschutzes können diese Kennzahlen nur in aggregierter Form dargestellt werden.

Aus den von den Werken ausgewiesenen Rohstoffreserven und den Fristen der laufenden Abbaubewilligungen ist ersichtlich, dass die nationale Zementversorgung mit inländischen Zementrohstoffen mittelfristig abnehmen wird, sofern keine neuen Rohstoffreserven erschlossen wer-

den können (Fig. 18). Ohne Bewilligung beantragter Erweiterungsgebiete (z.Z. als Ressourcen klassiert) würde die Versorgung der Schweiz mit inländischem Zement bis 2024 auf 64% sinken. Grund für diesen Rückgang wäre der fehlende Zugang zu den Primärrohstoffen, verursacht durch auslaufende Abbaubewilligungen von zwei Zementwerken.

Durch im Richtplan festgesetzte Abbauerweiterungsgebiete und die Sicherung von relevanten Grundstücken verfügen die betroffenen Zementwerke über Ressourcen an Primärrohstoffen. Die hellen Balken in Figur 18 zeigen die prognostizierte Zementproduktion¹⁵ für den Fall, dass die geplanten Erweiterungsprojekte bis 2023 bewilligt und somit die vorhandenen Ressourcen in Reserven umgewandelt würden. Der beschriebene Rückgang der Versorgung mit Zement aus schweizerischer Produktion würde so bis Ende 2030 verzögert.

Das eine Projekt befindet sich in Bearbeitung auf der Kantons- und/oder Gemeindeebene zum Eintrag der entsprechenden Zonen im Nutzungsplan. Für das andere Projekt wurde 2020 die Nutzungsplanänderung für die Erweiterung des Abbaubereiches von der lokalen Bevölkerung angenommen. Das Projekt steht im Baubewilligungsverfahren. Beide Standorte sind mit Widerständen aus der lokalen Bevölkerung sowie von Natur- und Landschaftsschutzverbänden konfrontiert und stehen in Konflikt mit Fruchtfolgeflächen (FFF).

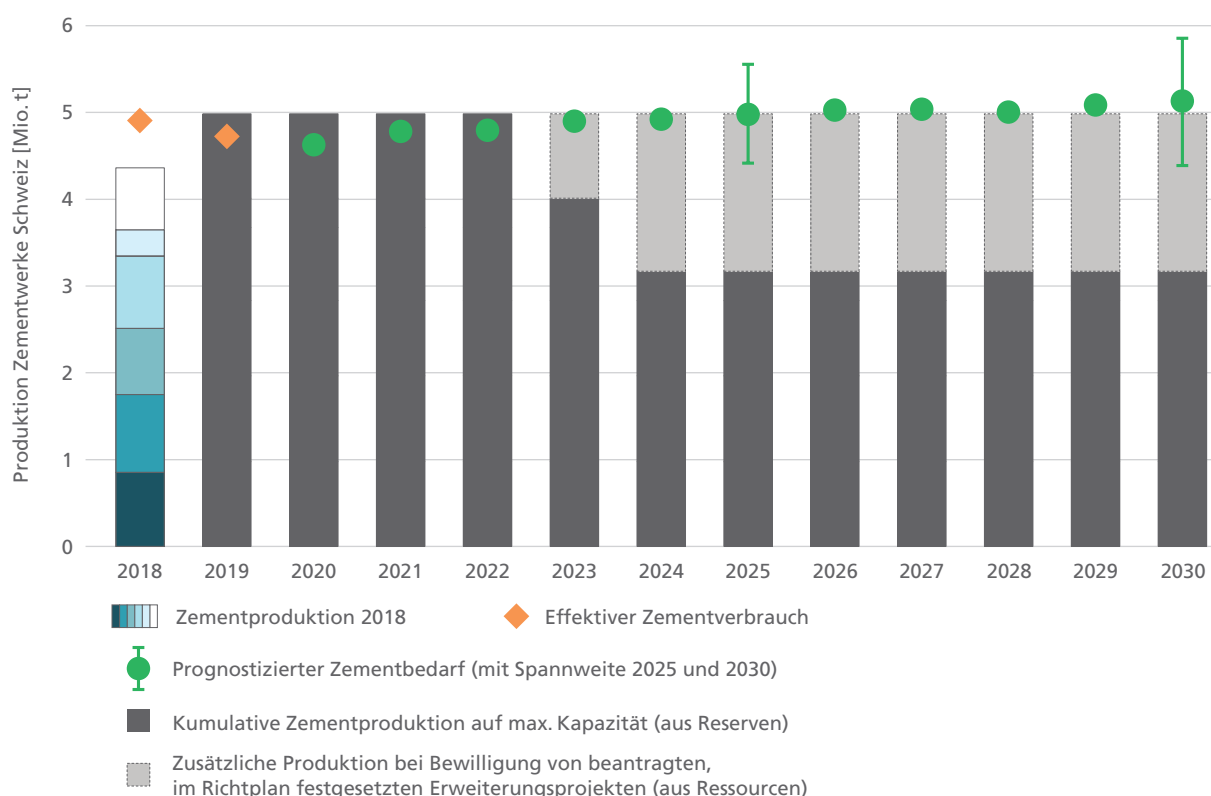


Fig. 18: Prognostizierte, kumulative Zementproduktion der sechs Zementwerke auf Grundlage der aktuellen Abbaubewilligungen (Reserven) und unter Annahme einer Produktion auf maximaler Kapazität, effektiver Zementverbrauch (Stand Ende 2019) und prognostizierter Bedarf bis 2030 mit der Spannweite der Szenarien in 2025 und 2030 (s. Kap. 3). Die hellen Balken zeigen den Fall, in dem alle im Richtplan festgesetzten Erweiterungsprojekte bis 2023 bewilligt und somit alle vorhandenen Ressourcen in Reserven umgewandelt würden. Die Farben der Säule für das Jahr 2018 entsprechen der tatsächlichen Produktion der einzelnen Zementwerke. Quelle: swisstopo, Erhebung Q1/2019, basierend auf Angaben der einzelnen Werke und Kantone.

¹⁵ Unter der Voraussetzung einer Produktion auf maximaler Kapazität von allen sechs Zementwerken (rund 5 Mio. t pro Jahr).

Ab 2031 wird unter den aktuellen Rahmenbedingungen erneut eine Abnahme in der Versorgung mit Zement aus inländischen Primärrohstoffen erwartet. Grund dafür ist einerseits die Erschöpfung der im Richtplan festgesetzten Ressourcen von einem Werk und andererseits die auslaufende Abbaubewilligung von einem anderen Werk. Von den Werken beabsichtigte Abbauerweiterungsperimeter an den zwei betroffenen Standorten¹⁶ überlagern sich teilweise mit BLN-Gebieten¹⁷, einem regionalen Naturpark und/oder Fruchtfolgeflächen (FFF).

4.2 Vorkommen

Die zur Zementproduktion geeigneten Vorkommen von kalziumkarbonathaltigen Primärrohstoffen wie Kalk und Mergel treten entlang des Jura-bogens zwischen Genf und Schaffhausen, in den nördlichen Alpen sowie in Teilen der Südalpen auf (Fig. 19). Im Mittelland bieten sich Molasse-Mergel als tonig-mergelige Komponente an.

Im Anhang A-3 sind die entsprechenden Gesteinseinheiten nach heutigem Wissensstand lokalisiert und geologisch beschrieben.

Alle heutigen sowie die stillgelegten Standorte für die Produktion von Zement und von anderen kalziumkarbonatbasierten Produkten befinden sich grundsätzlich unmittelbar dort, wo die Primärrohstoffe aufgeschlossen sind. Potenzielle Abbaustandorte von Zementrohstoffen könnten theoretisch entlang der beschriebenen geologischen Formationen lokalisiert werden, stehen aber in vielen Fällen in Konflikt mit Ausschluss- und Schutzgebieten oder befinden sich in schwer zugänglicher bzw. bebauter Lage (Fig. 19 sowie Anhang A-4 für Details).

¹⁶ Die entsprechenden Projekte befinden sich noch in der Planungsphase und sind in den Richtplänen nicht festgesetzt.

¹⁷ Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler.

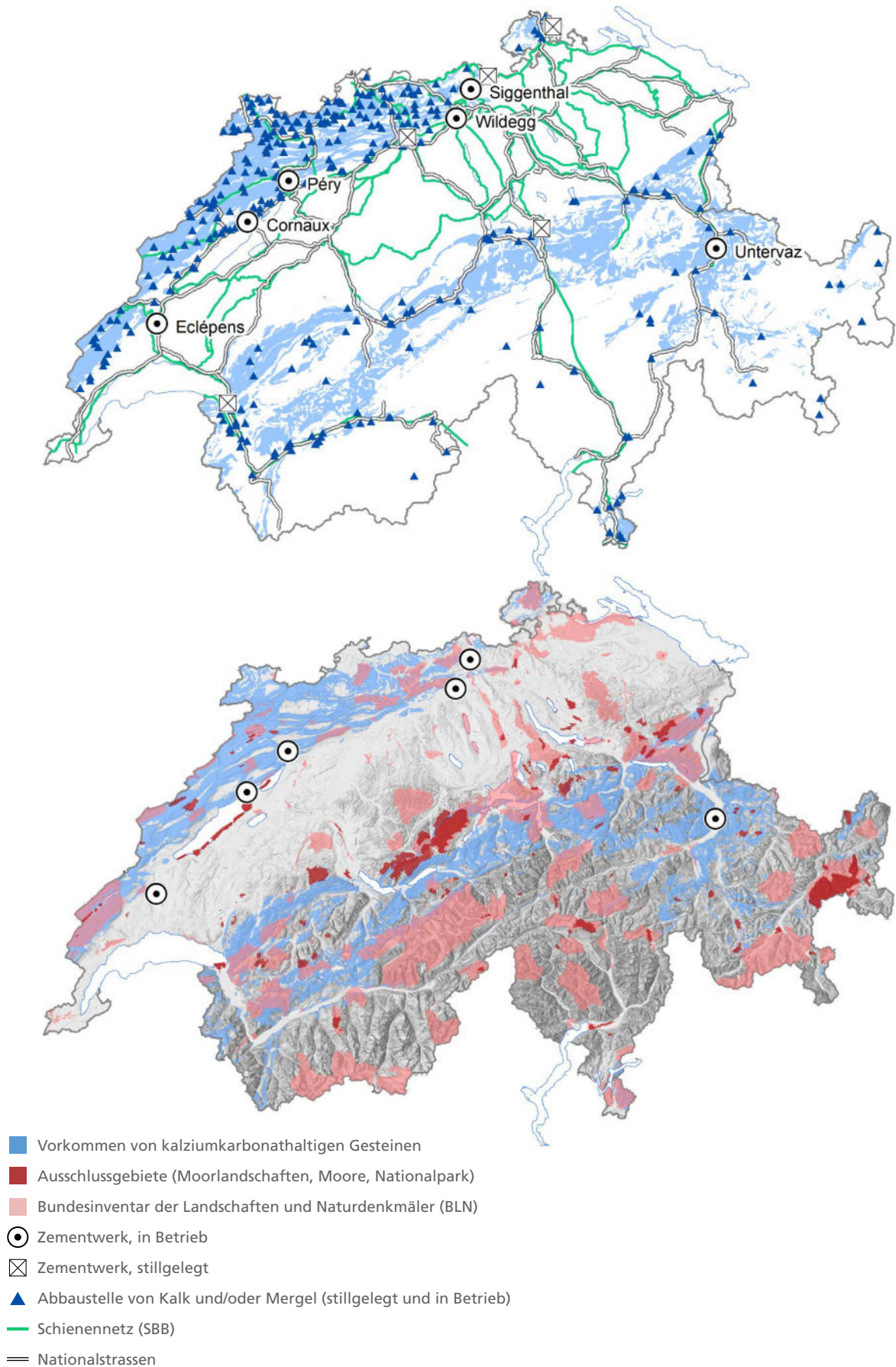


Fig. 19: Vorkommen von kalziumkarbonathaltigen Gesteinen in der Schweiz, mit Hauptverkehrsachsen, Abbau- und Produktionsstandorten (oben) sowie Ausschlussgebieten (nach NHG Art. 23c und 18a) und dem Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler (nach NHG Art. 5) (unten). Geodatenquellen: swisstopo, FGS, BAFU, ASTRA und BAV.

5. Herausforderungen für die Versorgung der Schweiz mit inländischen Zementrohstoffen

Um die heutigen Bedürfnisse der Gesellschaft zu erfüllen, wird eine Vielzahl normkonformer und qualitativ hochwertiger Baustoffe benötigt, darunter auch Beton aus Zement, Kies und Sand. Die dazu notwendigen mineralischen Rohstoffe können als Primärrohstoffe aus schweizerischen Materialabbaustellen und/oder als Sekundärrohstoffe aus Recycling-Quellen gewonnen und in der Schweiz nach gängigen Umwelt- und Produktionsstandards verarbeitet werden.

Um eine langfristige Versorgung der Schweiz mit inländischen Bau- und Rohstoffen zu gewährleisten, müssen geeignete Vorkommen frühzeitig erkannt, in die kantonalen Planungsprozesse einbezogen und zeitgerecht nutzbar gemacht werden können. Wenn die Versorgung mit inländischen Zementrohstoffen nicht gewährleistet werden kann, müssen entweder Zementrohstoffe den Werken zugeführt oder es muss Zement importiert werden.

In den folgenden Abschnitten werden die wichtigsten Herausforderungen aufgezeigt, welche sich in Zusammenhang mit der Gewinnung von Zementrohstoffen sowie der Zementproduktion in der Schweiz ergeben. Überlagernde Schutz- und Nutzungsinteressen sowie die teilweise fehlende öffentliche Akzeptanz gegenüber Abbauprojekten beeinflussen die Versorgung mit inländischen Zementrohstoffen. Im Zusammenhang mit dem Abbau und dem Zugang bzw. der Nutzung von in der Schweiz vorkommenden Primärrohstoffen bestehen die Interessenkonflikte insbesondere mit Natur- und Landschaftsschutzgebieten, Landwirtschaft, Lärmschutz, Wald, Luftreinhaltung, Verkehrsinfrastruktur, Grundwasser sowie lokalen oder regionalen wirtschaftlichen Interessen wie Bau- und Gewerbezone oder Tourismus (Fig. 20).

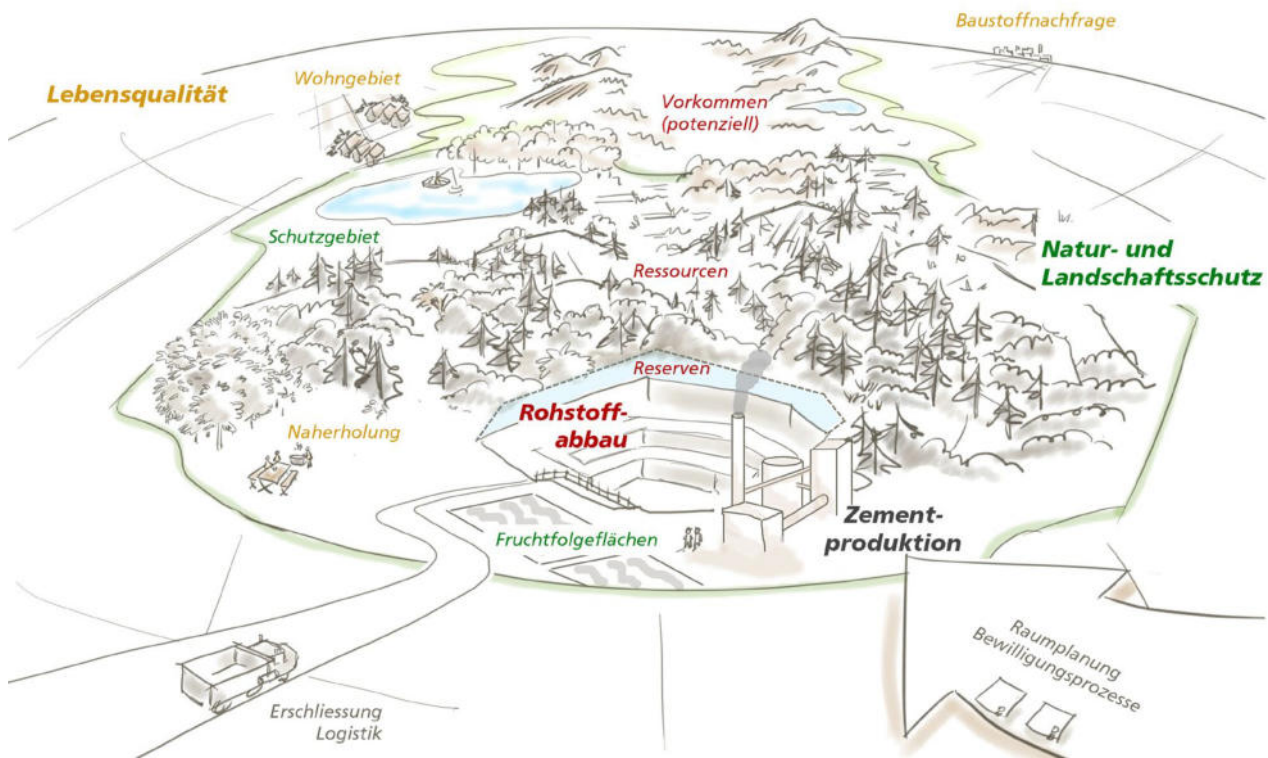


Fig. 20: Darstellung typischer Nutzungs- und Schutzansprüche. Eine Überlagerung dieser Ansprüche ist oft unvermeidlich. Bildquelle: Holcim (Schweiz) AG, Reserves and Mining (modifiziert).

5.1 Raumplanerische Sicherung von Abbauvorhaben

Aktuelle Planungen zeigen, dass potenziell geeignete Rohstoffabbaugebiete oftmals von überlagernden Schutz- und Nutzungsinteressen betroffen sind. Bei der Interessenabwägung steht der Stellenwert der Versorgung mit in der Schweiz vorhandenen Rohstoffen den Schutz- und Nutzungsinteressen mit unterschiedlichem rechtlichem Stellenwert gegenüber. Eine Übersicht von abbauwürdigen Rohstoffvorkommen als Grundlage für die Planung künftiger Abbauvorhaben ist heute nicht vorhanden.

Im Raumplanungsverfahren werden allfällig gegenläufige Schutz- und Nutzungsansprüche von potenziellen Abbauvorhaben geprüft. Die heutigen Abbaugebiete sowie die Erweiterungspläne der schweizerischen Zementwerke tangieren an verschiedenen Stellen planungsrechtliche Schutz- und Nutzungsperimeter. Es gibt verschiedene nationale Inventare und Perimeter¹⁸. In Tabelle 1 sind diejenigen Perimeter aus dem Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler (BLN), dem Sachplan Fruchtfolgeflächen (FFF), Wald und Grundwasserschutzzonen sowie Pärke von nationaler Bedeutung aufgelistet, welche an Abbaustandorte und Erweiterungsgebiete angrenzenden oder diese überlagern.

¹⁸ Z.B. Moorlandschaften, Moore, Schweizerischer Nationalpark, Kernzonen von National- und Naturerlebnispärken, Bundesinventare (BLN, IVS und ISOS), Biotopinventare (Auengebiete, Amphibienlaichgebiete, Trockenwiesen und -weiden), Regionale Naturpärke, UNESCO-Biosphären, Naturerlebnispärke, FFF, Grundwasserschutzzonen und Wald. Moorlandschaften (NHG Art. 23b), Moorbiotop (NHG Art. 18a) und der Schweizerische Nationalpark (Nationalparkgesetz) sind Ausschlussgebiete ohne Interessenabwägung.

Tab. 1: Auflistung der überlagernden oder angrenzenden Perimeter bei den aktiven Abbaustandorten sowie bei den potenziellen Erweiterungsgebieten. Quellen: Geodaten des BAFU und aus kantonalen GIS-Portalen.

Standort	Perimeter überlagernd mit aktuellen Abbauperimetern	Perimeter angrenzend an aktuelle Abbauperimeter	Perimeter in potenziellem Konflikt mit eventuellen Abbauerweiterungsgebieten
Cornaux	—	BLN Nr. 1013, FFF, Wald	BLN Nr. 1013, FFF, Wald, Grundwasserschutzzonen, Parc régional Chasseral
Eclépens	—	BLN Nr. 1023, FFF, Wald	BLN Nr. 1023, FFF, Wald, Parc Jura vaudois
Péry	Parc régional Chasseral	Wald, Parc régional Chasseral	Wald, Parc régional Chasseral
Siggenthal	BLN Nr. 1108, Jurapark Aargau	BLN Nr. 1108, Wald, Jurapark Aargau	BLN Nr. 1108, Wald, Grundwasserschutzzonen, Jurapark Aargau
Untervaz	—	Wald	Wald
Wildeggen	FFF, Jurapark Aargau	BLN Nr. 1017, FFF, Wald, Jurapark Aargau	BLN Nr. 1017, FFF, Wald, Jurapark Aargau

Eine zentrale Herausforderung der Raumplanung besteht in der räumlichen Abstimmung verschiedener, teils gegenläufiger Nutzungs- und Schutzinteressen. Dabei spielt auch der rechtliche Stellenwert der unterschiedlichen Interessen eine wichtige Rolle. Ein Abbauvorhaben in einem Gebiet mit überlagernden Interessen ist – mit Ausnahme der Ausschlussgebiete – nicht grundsätzlich ausgeschlossen, erfordert jedoch sach- und stufengerechte Interessenabwägungen aller relevanter Interessen.

Die parallel zum vorliegenden Bericht erarbeitete «Planungshilfe für den Abbau von Steinen und Erden zur Herstellung von Zement» [22] gibt einen vertieften Einblick in die Planungsprozesse und bietet den in die Planung involvierten Instanzen Hilfestellungen für die vorzunehmenden Abklärungen und relevanten Verfahrensschritte bei Abbauvorhaben. Figur 21 stellt den Ablauf des Verfahrens von der Standortsuche bis zum Abbaubetrieb vereinfacht dar. Die angegebenen Zeiten entsprechen Schätzungen basierend auf Erfahrungen der Industrie und können vom Richtplanverfahren bis zum Abbaubeginn 10–15 Jahre beanspruchen. Die Evaluation neuer Standorte sowie die Einigung bei Einsprachen ist dabei nicht eingerechnet, da die dafür benötigte Zeit stark variieren kann. Die Planungshilfe [22] behandelt lediglich die nötigen Schritte, bis ein neuer Abbaustandort oder eine Erweiterung eines bestehenden Abbaustandorts im Kantonalen Richtplan festgesetzt werden kann.

Im Gegensatz zu verschiedenen EU-Ländern¹⁹ gibt es in der Schweiz keine anerkannte nationale Übersicht von qualitativ und quantitativ geeigneten Rohstoffvorkommen von wirtschaftlich bedeutsamem Interesse. Eine solche Übersicht könnte die Grundlage für eine frühzeitige und zweckgemässe Standortevaluation potenzieller Abbauggebiete darstellen sowie die kantonale Richtplanung unterstützen.

19 Z.B. Österreich [40], Frankreich [41], Deutschland [42].

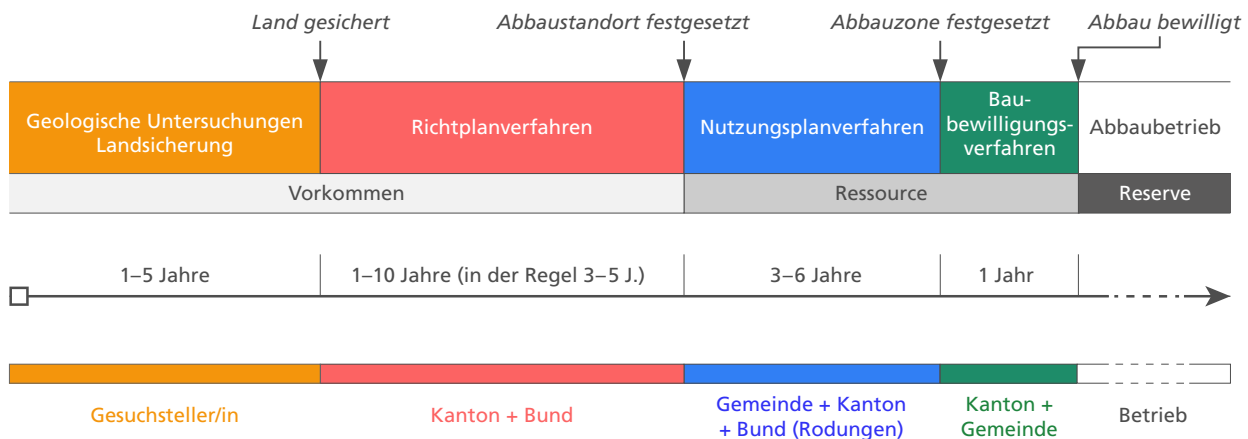


Fig. 21: Vereinfachte Darstellung des Abbaubewilligungsprozesses mit geschätzten Zeitangaben (basierend auf Erfahrungen der Industrie [23]) sowie den beteiligten Instanzen in den einzelnen Schritten (die erstgenannte Instanz ist jeweils federführend). Ab der Festsetzung des Abbaubereiches im Richtplan gilt das Vorkommen als Ressource, ab der Abschliessung des Baubewilligungsverfahrens als Reserve (s. Definitionen in Kap. 4 sowie «Planungshilfe für den Abbau von Steinen und Erden zur Herstellung von Zement» [22] für weitere Angaben über den Abbaubewilligungsprozess).

5.2 Reduktion von CO₂-Emissionen

Bei der Klinkerproduktion werden grosse Mengen an CO₂ freigesetzt. Während Technologien zur CO₂-Sequestrierung, -Verwendung und -Speicherung weltweit untersucht werden, steht zurzeit eine effiziente und wirtschaftliche Lösung, die im industriellen Massstab anwendbar ist, noch nicht bereit. Die schweizerische Zementindustrie arbeitet an der Entwicklung und dem Einsatz von klinkereffizienten Zementen, bei deren Produktion weniger CO₂ freigesetzt wird, sowie an der Substitution von fossilen Brennstoffen.

In der Schweiz wurden im Jahr 2017 insgesamt mehr als 47 Mio. t CO_{2-eq}²⁰ emittiert, wovon 2,51 Mio. t aus der Produktion von Zement stammten, was einem Anteil von 5,3% entspricht [24]. Bei der Zementproduktion stammt etwa ein Drittel der CO₂-Emissionen aus der Feuerung von Brennstoffen zum Erreichen der Kalzinierungstemperatur (1450 °C). Zwei Drittel werden bei der Kalzinierung der Rohmischung aus dem Kalk freigesetzt (ohne Kalzinierung kann kein Klinker und somit kein Zement hergestellt werden) (Fig. 22). Forschung und Industrie sind gefordert, Möglichkeiten zur Reduktion der CO₂-Emissionen zu entwickeln und umzusetzen.



Fig. 22: Treibhausgasemissionen der Hauptteilprozesse der schweizerischen Zementindustrie (Anteile abgeleitet aus der BAFU-Studie 2019 [25]).

²⁰ CO_{2-eq} = CO₂-Äquivalente (s. Kap. 8).

Im Zusammenhang mit den Zielen des «European Green Deal»²¹, in welchem die Zementindustrie für die EU-Wirtschaft als von wesentlicher Bedeutung anerkannt wurde, publizierte der Verband der europäischen Zementindustrie (CEMBUREAU) im Mai 2020 einen Fahrplan zur Erreichung von Netto-Null-Emissionen in der EU entlang der Zement- und Beton-Wertschöpfungsketten bis 2050 [26].

Gemäss der Forschung²² und der International Energy Agency (IEA) [27] gibt es vier Hauptstossrichtungen für die Reduktion von CO₂-Emissionen der Zementindustrie:

- Substitution von primären Brennstoffen durch sekundäre Brennstoffe
- Reduktion des Klinkeranteils im Zement
- Steigerung der Energieeffizienz im Produktionsprozess
- Einsatz von Technologien zur CO₂-Sequestrierung, -Verwendung und -Speicherung (CCUS²³)

Im Anhang A-2 sind diesbezügliche Entwicklungen in der schweizerischen Zementindustrie und Forschung beschrieben.

Unter den zahlreichen Verfahren zur CO₂-Reduktion kann die CCUS-Technologie einen massgeblichen Beitrag zur Dekarbonisierung der Industrie bis 2050 leisten²⁴. Noch befindet sich dieses Verfahren weltweit in der Pilotphase²⁵. Die technische Machbarkeit ist noch nicht geklärt und das benötigte Kapital für eine entsprechende Installation steht noch nicht bereit. Obwohl es Pläne in der EU gibt, die auf eine vollständige Umsetzung der CCUS-Verfahren abzielen, wird ihre allgemeine Implementierung weitgehend von der Entwicklung einer (inter)nationalen CO₂-Pipeline-Infrastruktur, von der Bereitstellung von geeigneten unterirdischen Reservoirs sowie von umfangreichen politischen Massnahmen und Finanzierungsprojekten abhängen. Gemeinsame Anstrengungen sind unumgänglich, um das Ziel von «Netto Null» in der Klimapolitik zu erreichen.

Aus Verwaltung und Forschung sind in der Schweiz das BFE, zusammen mit dem Swiss Competence Center for Energy Research (SCCER), der ETH und dem Felslabor Mont Terri in entsprechende CCUS-Forschungsprojekte involviert. Auf europäischer Ebene nimmt cemsuisse mit der European Cement Research Academy (ECRA) und mit CEMBUREAU an der Forschung und Entwicklung teil. Ferner engagieren sich die Unternehmen der Zementindustrie in diversen europäischen und globalen Pilotprojekten (s. Anhang A-2).

21 Beim «European Green Deal» handelt es sich um eine neue Wachstumsstrategie, mit der die EU zu einer fairen und wohlhabenden Gesellschaft mit einer modernen, ressourcen-effizienten und wettbewerbsfähigen Wirtschaft werden soll, in der im Jahr 2050 keine Netto-Treibhausgasemissionen mehr freigesetzt werden und das Wirtschaftswachstum von der Ressourcennutzung abgekoppelt ist [43].

22 Z.B. die Studie der EPFL-ETHZ von 2018 [44].

23 Carbon Capture, Utilisation and Storage.

24 Die CCUS-Methode hat gemäss CEMBUREAU das Potenzial, die CO₂-Emissionen der EU-Zementindustrie um 42% zu reduzieren [26].

25 Z.B. ECRA und das EU H2020 Leilac Project (Low Emissions Intensity Lime and Cement) in Lixhe, Belgien: www.project-leilac.eu.

5.3 Rohstoffsubstitution und Beitrag zur Schliessung von Stoffkreisläufen

Der Zementherstellungsprozess benötigt grosse Mengen an Rohstoffen und thermischer Energie. Durch kontinuierliche Prozessoptimierung ist die Industrie heute in der Lage, eine Vielzahl von Abfällen unserer Gesellschaft in ihren Zementöfen und Mühlen stofflich und thermisch zu verwerten. Dank dieser international etablierten Praxis werden heute weniger fossile Brennstoffe benötigt, Deponieräume geschont und die Substitution eines Teils der Zementrohstoffe ermöglicht, wobei sich die Primärrohstoffe Kalk und Mergel bisher nur zu einem sehr geringen Teil substituieren lassen. Der vermehrte Einsatz von Recycling-Beton und zu kleinen Teilen auch Recycling-Zement bedingt eine konsequentere Bereitstellung von geeigneten Abfällen gemäss der «Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen» (VVEA) [28].

Um den hohen Primärrohstoffverbrauch der Schweiz zu reduzieren, hat der Bund die Material- und Stoffflüsse entlang der gesamten Wertschöpfungskette im Fokus – vom Rohstoffabbau über das Produktdesign bis zur Abfallbewirtschaftung. Gemäss Umweltbericht des Bundesrates 2018 [3] entstehen in der Schweiz jährlich rund 80–90 Mio. t Abfall. Den grössten Anteil machen unverschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial sowie Rückbaumaterial aus (Fig. 23).

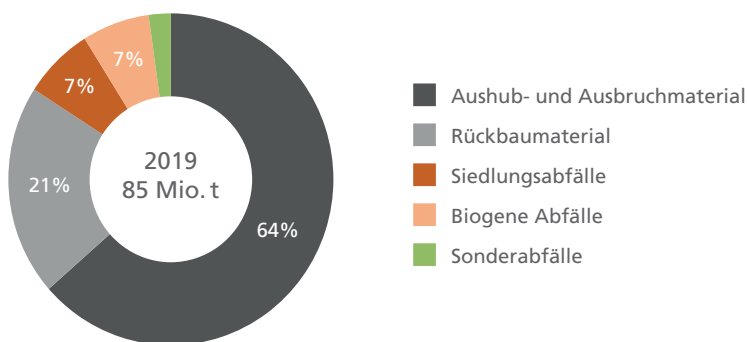


Fig. 23: Jährliche Produktion von Abfall in der Schweiz. Neben den grossen Mengen an Aushub- und Ausbruchmaterial (54 Mio. t) generiert die Bautätigkeit jährlich rund 17,5 Mio. t Rückbaumaterial, wovon ein grosser Teil verwertet wird [29].

Als Teil der Massnahme 5a des Aktionsplans «Grüne Wirtschaft» [2] stellt die Substitution von Primärrohstoffen durch Sekundärrohstoffe einen wichtigen Aspekt zur Sicherstellung der Versorgung der Schweiz mit Primärrohstoffen und zur Schliessung der Stoffkreisläufe dar. Die Zement- und Betonindustrie sowie die Forschung sind mit der Abfallverwertungs- und Recyclingbranche²⁶ aktiv an der Entwicklung und dem Einsatz von Substitutionslösungen beteiligt.

Mit dem Umweltschutzgesetz [30] und der Abfallverordnung VVEA [28] hat der Bund die rechtlichen Grundlagen geschaffen, um Mensch und Umwelt vor schädlichen oder lästigen Einwirkungen des anfallenden Abfalls zu schützen [3]. Die VVEA präzisiert unter anderem, auf welche Weise Abfälle in Zementwerken verwertet werden dürfen – insbesondere als Roh-

²⁶ arv (Verband Baustoffrecycling Schweiz), Geocycle (Holcim (Schweiz) AG), Altola (Vigier Holding AG), A.RO.MA. (JURA Materials).

stoffe für die Klinker- und Zementproduktion und/oder als Brennstoffe für die Feuerung der Zementöfen.

5.3.1 Substitution von primären fossilen Brennstoffen

Die Zementwerke dürfen Abfälle als sekundäre Brennstoffe nur verwenden, wenn die Schadstoffbelastungen in den Abgasen des Ofens sowie im Klinker nicht steigen. Beim Einsatz von sekundären Brennstoffen gelten dieselben Grenzwerte der Luftreinhalte-Verordnung [31] wie bei der Verwendung von primären Brennstoffen.

In den schweizerischen Zementwerken werden primäre fossile Brennstoffe (wie Kohle, Koks, Gas, Öl) vermehrt durch sekundäre Brennstoffe substituiert. Als sekundäre Brennstoffe eignen sich heizwertreiche Industrie- oder Haushaltsabfälle wie z.B. Klärschlamm, Tiermehl und -fett, Holzabfälle, Altöl, Lösungsmittel, Altreifen oder Kunststoffabfälle (Fig. 24). Durch die hohen Prozesstemperaturen wird einerseits die in den Abfällen eingebundene Energie gewonnen, und andererseits der entstehende Ascheanteil in den Klinker integriert. Dadurch entstehen direkte und indirekte Vorteile wie die Senkung der Netto-CO₂-Emissionen²⁷ (s.a. Kap. 5.2 u. Anhang A-2), die Entlastung von Deponieräumen²⁸ und die Schonung von primären Brennstoffen. 2019 lag der Substitutionsanteil von primären Brennstoffen in den schweizerischen Zementwerken bei rund 68% (Fig. 25) [6].

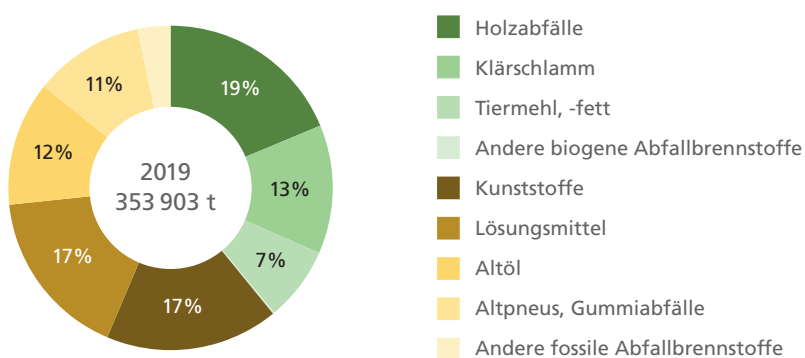


Fig. 24: Anteile der unterschiedlichen sekundären Brennstoffe, die im Jahr 2019 zur Substitution von primären Brennstoffen in den schweizerischen Zementwerken eingesetzt worden sind [6].

²⁷ Laut cemsuisse und Daten vom BAFU konnte die schweizerische Zementindustrie mit diesem Verfahren die CO₂-Emissionen aus primären Brennstoffen seit 1990 um rund 67% reduzieren [6].

²⁸ Im Fall der Deponierung von Schlacken aus Kehrlichtverbrennungsanlagen handelt es sich um Deponien des Typ D gemäss VVEA [28].

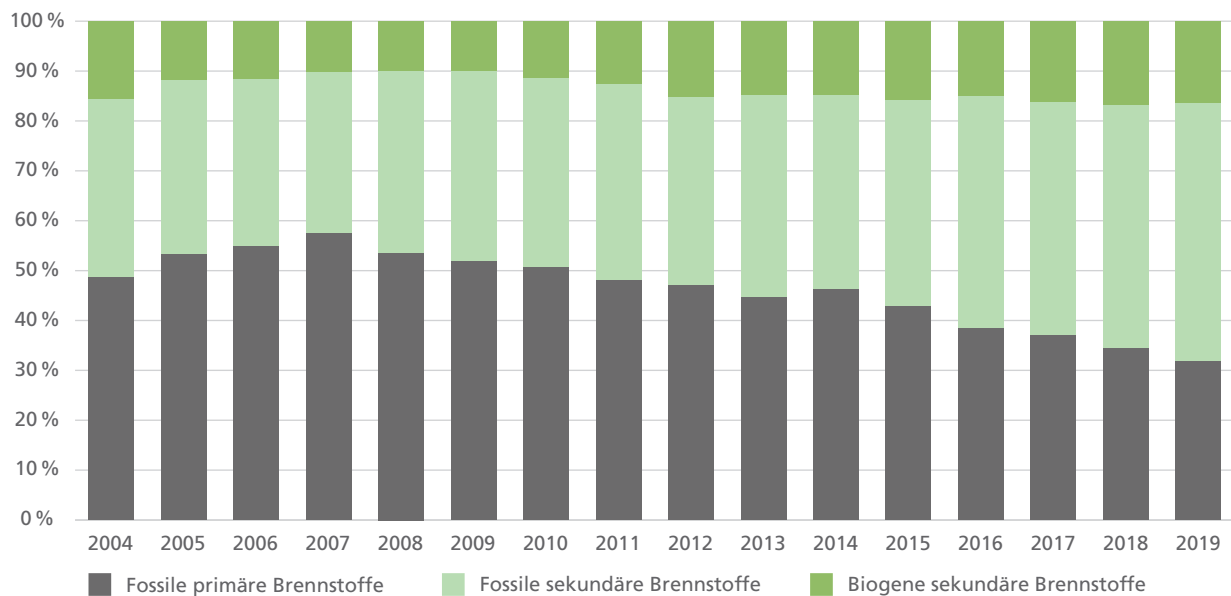


Fig. 25: Substitution von fossilen primären Brennstoffen mit sekundären Brennstoffen für die Herstellung von Klinker in schweizerischen Zementwerken [6].

5.3.2 Substitution von primären Zementrohstoffen

Zur Zementproduktion werden in der Schweiz Sekundärrohstoffe aus mineralischen Abfällen wie z.B. Rückstände aus der Industrie (Asche), verschmutzter und unverschmutzter Aushub, kontaminierte Erde (z.B. Strassensand), Trockenschlamm aus Kläranlagen, bestimmte Fraktionen aus der Altlastensanierung und neu auch aufbereitete Mischgranulate aus Rückbauarbeiten (s. Fig. 26) eingesetzt. 2019 wurden rund 0,47 Mio. t Sekundärrohstoffe verwendet, was einem Substitutionsanteil von rund 9% des Gesamtverbrauchs an Zementrohstoffen entspricht (s.a. Fig. 17).

Auch wenn eine weitere Steigerung des Einsatzes von Sekundärrohstoffen in Zukunft möglich sein wird, ist die Substitution der Primärrohstoffe Kalk und Mergel – der Hauptbestandteile von Zement²⁹ – trotz technologischer Entwicklungen weiterhin noch nicht oder nur zu einem sehr geringen Mass möglich. Die prognostizierte Abnahme in der inländischen Zementproduktion, die durch fehlende Bewilligungen für den Abbau von Kalk und Mergel zu erwarten ist (s. Kap. 4 u. 5.1), kann also nicht allein mit dem Einsatz von Sekundärrohstoffen kompensiert werden.

5.3.3 Substitution von primären Betonrohstoffen

Die Primärrohstoffe Kies und Sand machen mehr als 80% der Zusammensetzung des Betons aus und lassen sich theoretisch grossmehrheitlich mit ausgewählten Recycling-Komponenten aus Rückbauarbeiten und Aushubmaterialien substituieren, um damit normierte Recycling-Betonprodukte herzustellen (Fig. 26).

Jährlich werden in der Schweiz rund 40 Mio. t Beton verbaut. Allerdings fallen beim Rückbau und bei der Sanierung von Bauwerken in der Schweiz jährlich nur rund 6 Mio. t Betonabbruch an. Davon werden 85% als aufbereitetes Betongranulat wiederverwertet, 15% gelangen zur Ablagerung auf Deponien [13]. Daraus ist ersichtlich, dass das Substitutionspotenzial von Beton nur zu einem geringen Teil durch Recycling-Komponenten ausgenutzt werden kann.

²⁹ 85% Massenanteil in der Rohmischung für die Herstellung von Klinker.

Technologien zur Substitution von Zement im Beton bis hin zu zementfreiem Beton befinden sich zurzeit in der Entwicklungsphase (s. Anhang A-2). Parallel dazu wird das BAFU im Rahmen der Arbeiten zur Stärkung der Kreislaufwirtschaft die Möglichkeiten zur Förderung der Substitution von Primärrohstoffen durch Sekundärrohstoffe, insbesondere auch des vermehrten Einsatzes von Recyclingbeton und generell von kreislauffähigen Materialien, aufnehmen.

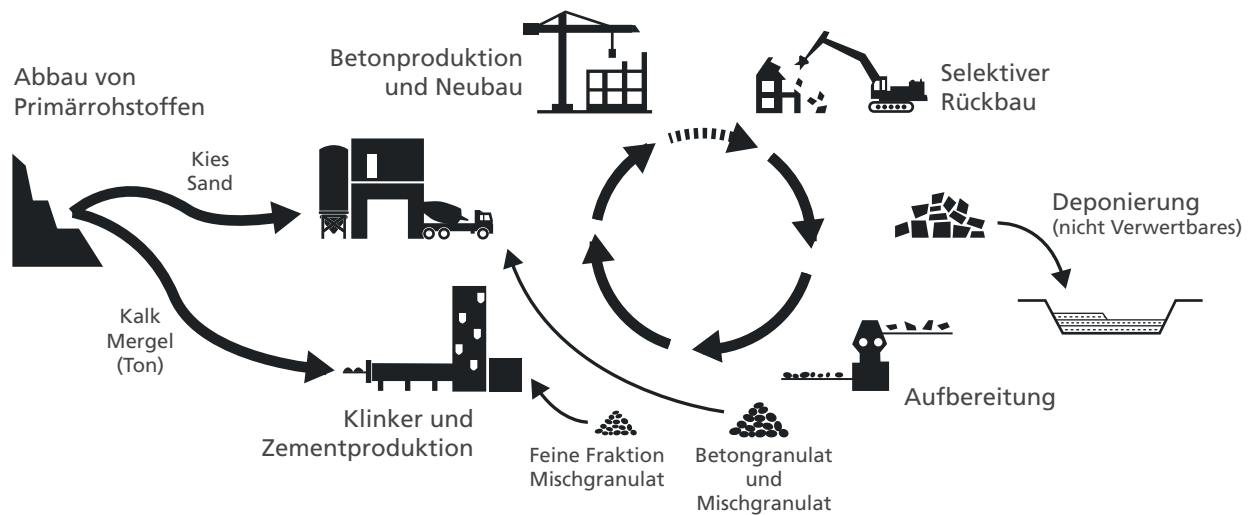


Fig. 26: Materialflüsse und Kreislaufnutzung von Rückbauabfällen in der Beton- und Zementproduktion. Bildquelle: Holcim (Schweiz) AG (modifiziert).

5.4 Auswirkungen auf Landschaft und Biodiversität

Der Abbau von Rohstoffen führt zu Eingriffen in die Natur und die Landschaft. Eine Rekultivierung während oder im Anschluss an einen Abbau wird in den Abbaubewilligungen geregelt. Die landschaftlichen Auswirkungen von Steinbrüchen auszugleichen ist schwierig und teilweise nicht möglich. Rekultivierungsprojekte von ehemaligen und aktuellen Abbaustandorten können hingegen zu einer Steigerung der Biodiversität gegenüber dem Ursprungszustand bei gewissen Artengruppen führen.

Die Gewinnung von Rohstoffen im Tagebau ist mit einem Eingriff in die bestehende Landschaft verbunden. Mit ihren markanten, steilen Abbaufonten und infolge der hohen Verwitterungsresistenz der anstehenden Festgesteine können Steinbrüche die ursprüngliche Landschaft dauerhaft verändern. Im Gegensatz zur Mehrheit von ausgeschöpften Kies-, Sand- und Mergelgruben werden Steinbrüche in der Regel nach dem Abbau nicht vollständig aufgefüllt (s. Tab. 3). Eine sorgfältige und frühzeitige Planung der Abbau- und Rekultivierungstätigkeiten über die gesamte Dauer des Betriebs und im Hinblick auf die Endgestaltung kann diese landschaftsverändernden Auswirkungen mindern.

Ein Abbauvorhaben hat vielfältige Auswirkungen auf die Biodiversität. Während des Abbaus gehen die ursprünglichen Lebensräume und ihre charakteristischen Tier- und Pflanzenarten verloren. Ebenso wird die Vernetzung von Ökosystemen beeinträchtigt. Sind Eingriffe in schutzwürdige Lebensräume nicht zu vermeiden, so sind beeinträchtigte Lebensräume nach Abschluss der Nutzung wiederherzustellen. Können sie nicht wie-

derhergestellt werden, müssen sie im erforderlichen Umfang und an einem geeigneten Standort ersetzt werden. Dieser Ersatz nach NHG (Art. 18 Abs. 1^{ter}) dient dazu, die durch die Eingriffe verursachten Verluste zu kompensieren. Massnahmen zum ökologischen Ausgleich werden hingegen getroffen, um Einflüsse von intensiver Nutzung in einem Gebiet möglichst auszugleichen.

Durch eine gezielte Rekultivierung während und nach dem Abbau kann es gelingen, die standörtliche Vielfalt und mit ihr die Biodiversität der untersuchten Artengruppen zu erhöhen. Dieser Biodiversitätsgewinn kann dabei temporär oder dauerhaft sein. Beispiele dafür sind Pionierwaldstadien, Feuchtgebietslebensräume und Felsnischenbrutplätze in stillgelegten Steinbrüchen oder ein kleinräumiges Mosaik aus feuchten und trockenen Lebensräumen.

Wiederherstellungsmassnahmen und der Ersatz nach NHG sowie Massnahmen zum ökologischen Ausgleich innerhalb und ausserhalb des Abbauperimeters werden im Rahmen der Abbaubewilligung festgelegt. Diese Massnahmen werden von unabhängigen Naturschutzspezialisten und -spezialistinnen³⁰ begleitet und von den Abbaubetreiber/innen finanziert.

In der Schweiz werden bereits während der Abbauphase in inaktiven Bereichen innerhalb sowie teils auch ausserhalb des Perimeters verschiedene Massnahmen für den Ersatz nach NHG und zum ökologischen Ausgleich durchgeführt (Tab. 2).

Tab. 2: Zusammenstellung von geleistetem Ersatz nach NHG und Massnahmen zum ökologischen Ausgleich der schweizerischen Zementwerke.

Standort	Ersatz nach NHG und Massnahmen zum ökologischen Ausgleich
Cornaux	Wanderbiotope, Biodiversitätsmassnahmen ausserhalb des Perimeters, Bekämpfung von Neophyten durch Beweidung des abgetragenen Unterbodens durch Schafe und Pferde, Fördern von temporären Gewässern, Sand- und Kiesflächen, Hecken, Nistkästen für Fledermäuse und Waldohreulen
Eclépens	Betrieb extensiver Landwirtschaft ausserhalb des Perimeters
Péry	Pflege von Waldweiden, Schaffung und Pflege von Ruhezonen für Wildtiere, Umsiedlung von Orchideen, Schutz und Pflege von Trockenrasen, Feuchtgebieten, Trockenmauern und Hecken, Umsetzung von Massnahmen zum ökologischen Ausgleich auf mehr als 700 ha im Parc régional Chasseral
Siggenthal	Anlegung von kargen Schuttflächen, Wald-, Strauch- und Wiesenbereichen und Wassertümpeln, Wanderbiotope, Trockenstandorte, extensive Landwirtschaft auf dem Werkareal, Pflanzung von einheimischen Orchideen, Schaffung von Lebensräumen für Gämsen und seltene Amphibien
Untervaz	Wanderbiotope, Schaffung von Trockenvegetation im Umfang von 3 ha
Wildeggen	Wanderbiotope, Trockenstandorte, Obstplantage, Amphibienverbundkorridor, Wildtierkorridor, Bau und Unterhalt von temporären Gewässern

Wie der Ersatz nach NHG und die Massnahmen zum ökologischen Ausgleich wird auch die Rekultivierung einer Abbaustelle im Rahmen der Abbaubewilligung geregelt (Tab. 3). So kann der durch den Abbau verursachte Landschaftseingriff abgemildert werden, indem Wald oder Kulturland wiederhergestellt und neue Lebensräume geschaffen werden. Indem diese Punkte vorgängig im Nutzungsplan geregelt werden, wird sichergestellt, dass die gewünschten Rekultivierungsziele nach Beenden des Ab-

30 Z.B. Pro Natura, WWF und Auditoren und Auditorinnen der Stiftung Natur & Wirtschaft. Fast alle Steinbrüche der schweizerischen Zementwerke sind von der Stiftung Natur & Wirtschaft zertifiziert. Die Stiftung zeichnet in Zusammenarbeit mit dem Fachverband der Schweizerischen Kies- und Betonindustrie (FSKB) naturnah gestaltete Abbaustellen aus.

baus erreicht werden. Das Abbaubewilligungsverfahren stellt sicher, dass der vereinbarte Ersatz nach NHG und die Massnahmen zum ökologischen Ausgleich umgesetzt werden.

Tab. 3: Einige laufende und geplante Folgenutzungen der in Betrieb stehenden Abbaustellen.

Standort	Geplante Folgenutzung	Stand Folgenutzung 2018
Cornaux	Grösstenteils aufgefüllt, Aufforstung, vielfältige Naturgebiete, landwirtschaftliche Nutzflächen	Auffüllung laufend
Eclépens	Noch nicht festgelegt	In Planung
Péry	Keine Auffüllung, Aufforstung von Steinbruchwänden	Aufforstung laufend
Siggenthal	Keine Auffüllung, Aufforstung von Steinbruchwänden	Aufforstung laufend
Untervaz	Keine Auffüllung, Aufforstung, Trockenwiese	Aufforstung laufend
Wildeggen	Teilauffüllung, Aufforstung auf abgestuften Steinbruchwänden (Pionierwald), Fruchtfolgeflächen	Auffüllung laufend

5.5 Auswirkungen aus Transporten von Zementrohstoffen

Können in der Schweiz keine Zementrohstoffe an den Standorten der Zementwerke abgebaut werden, müssen in Zukunft entweder die Rohstoffe, der Klinker oder der Zement aus anderen Quellen beschafft werden. Dabei läge die zentrale Herausforderung bei der zusätzlichen Belastung der Verkehrsinfrastruktur sowie bei den damit verbundenen Emissionen, vor allem für die entlang der Transportwege wohnhafte Bevölkerung.

Der Transport von Primärrohstoffen für die Zementproduktion erfolgt grundsätzlich durch werksinterne LKW-Fahrten (60–75 t Nettogewicht) und via Förderbänder (s. Kap. 2.4). Die Transportdistanzen betragen jeweils weniger als 4 km. Fehlt dieser direkte Zugang zu den Rohstoffen (s. Kap. 5.1), müssen diese aus anderen Abbaustandorten zugeführt werden.

Im Rahmen dieses Berichts werden zwei Arten von Auswirkungen allfälliger Mehrtransporte von Zementrohstoffen aus externen Abbaustellen thematisiert:

Auswirkung A: Die Steigerung des CO₂-Fussabdrucks

Auswirkung B: Die Zunahme der Belastungen für die Verkehrsinfrastruktur und die Bevölkerung

Weitere Szenarien, die Import von Klinker oder Zement (und die einhergehenden Mehr- oder Mindertransporte) berücksichtigen, werden im Rahmen dieses Berichts nicht behandelt.

5.5.1 Auswirkung A: Steigerung des CO₂-Fussabdrucks

Die Umweltauswirkungen für verschiedene Szenarien des Transports von Rohstoffen aus externen Abbaustellen (Distanz zum Werk von 20, 50 und 100 km) wurden im Rahmen einer BAFU-Studie [25] mit dem Ist-Zustand (Abbau und Werk am gleichen Ort) verglichen. Unterschieden werden in den Szenarien die Transporte mit der Bahn und per dieseldieselbetriebener Lastwagen (LKW). Die Quantifizierung der Umweltauswirkungen basiert auf der Bestimmung der beiden Umweltindikatoren Treibhausgas-

emissionen ($\text{CO}_2\text{-eq}$) und Umweltbelastungspunkte (UBP) gemäss der Methode der ökologischen Knappheit [32]. Zur Veranschaulichung werden im vorliegenden Bericht nur die Treibhausgasemissionen ($\text{CO}_2\text{-eq}$) dargestellt.

Die Studie zeigt, dass der Anteil der transportbedingten Umweltbelastungen an der Gesamtumweltbelastung der Zementproduktion gering ist. Wie in Kapitel 5.2 beschrieben, ist der Klinkerproduktionsprozess mit einem Emissionsanteil von mehr als 90% der Haupttreiber der Treibhausgasemissionen von Zementwerken (s. Fig. 22). Ausgehend von einem Szenario, bei welchem die Zementrohstoffe über 100 km via LKW transportiert werden, wurde eine Steigerung der gesamten Treibhausgasemissionen von knapp 2% berechnet (zusätzliche Jahresfracht von rund 53 000 t $\text{CO}_2\text{-eq}$).

Ein Vergleich der heutigen Transportsituation mit den verschiedenen Szenarien des Transports von Zementrohstoffen aus externen Abbau-standorten zeigt, dass die Treibhausgasemissionen zwischen 3000 und 53 000 t $\text{CO}_2\text{-eq}$ im Jahr steigen würden (Fig. 27).

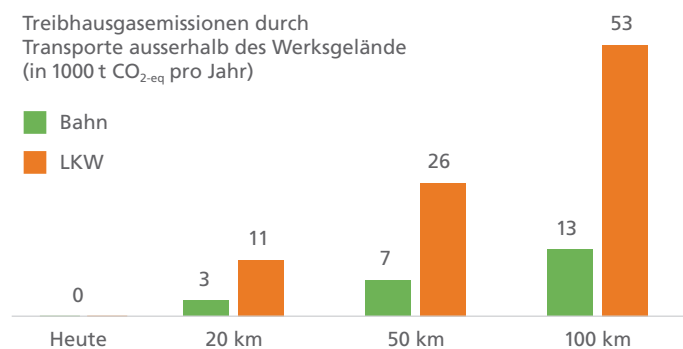


Fig. 27: Treibhausgasemissionen durch den Transport von primären Zementrohstoffen über 20, 50 und 100 km per Bahn und LKW [25].

Aus Sicht der Studie sind somit die Umweltauswirkungen, welche heute durch den Abbau und den Transport von Zementrohstoffen verursacht werden, im Vergleich zu den Auswirkungen der gesamten Zementproduktion als gering einzustufen. Mit zunehmender Transportdistanz nehmen die Treibhausgasemissionen durch den Transport jedoch deutlich zu und verschlechtern die Gesamtbilanz³¹.

5.5.2 Auswirkung B: Die Zunahme der Belastungen für die Verkehrsinfrastruktur und die Bevölkerung

Eine Herausforderung beim Transport von Zementrohstoffen liegt in der Belastung der Verkehrsinfrastruktur (Strassen- bzw. Schienennetz) sowie in der Beeinträchtigung der Bevölkerung durch Lärm und Staub infolge von regionalem und lokalem Mehrverkehr. Bezüglich des prognostizierten Defizits an inländischem Zement ab 2024 von rund 1,8 Mio. t (s. Kap. 4.1), was mindestens 2,4 Mio. t Zementrohstoffen entspricht³², wird von einer Belastung der schweizerischen Verkehrsachsen mit zusätzlichen

³¹ Ein in Zukunft möglicher vermehrter Einsatz von Elektro-/Wasserstoff-LKW würde zu einer Reduktion der Treibhausgasemissionen durch den Transport führen. Eine verbreitete Anwendung solcher Technologien ist zurzeit nicht in Sicht und wurde in der Studie nicht berücksichtigt.

³² Basierend auf der Zusammensetzung des Durchschnittszements der Schweiz [4].

87 000 LKW-Fahrten³³ oder 1800 Ganzzügen³⁴ pro Jahr ausgegangen (nur Hinfahrten). Aus gesamtschweizerischer Sicht fällt eine entsprechende Steigerung des Verkehrs nicht ins Gewicht. Müsste aber ein Werk die benötigten primären Zementrohstoffe von ausserhalb des Werkgeländes zuführen, wären rund 300 LKW pro Tag zwischen Werk und Rohstoffquelle notwendig³⁵. Auf den betroffenen Verkehrsachsen wie auch bei der lokalen Bevölkerung entlang der Zufahrtsstrecke würde ein solcher Mehrverkehr zu einer spürbaren Zunahme der Belastungen führen.

33 Silolastwagen Nutzlast: 28 t.

34 Ganzzug Nutzlast: 1300 t.

35 Ausgegangen von einem Rohstoffverbrauch eines Werks von 0,8 Mio. t pro Jahr, von fünf Arbeitstagen pro Woche und einer Zuladung pro LKW von 24 t für gebrochene Gesteine.

6. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Gestützt auf den «Bericht mineralische Rohstoffe» [1] und die Schwerpunktmassnahme 5a 2016–2019 aus dem Aktionsplan «Grüne Wirtschaft» [2] wurden swisstopo und das BAFU vom Bundesrat beauftragt, periodisch aktualisierte Rohstoffsicherungsberichte zu den inländischen nichtenergetischen mineralischen Rohstoffen zu erarbeiten. Der vorliegende Rohstoffsicherungsbericht fasst aktuelle Grundlagendaten zu den Zementrohstoffen sowie zur Zementproduktion aus nationaler Perspektive zusammen und liefert damit die Basis zur Beurteilung der Versorgungssituation der Schweiz mit inländischen Zementrohstoffen.

Zement ist unverzichtbar für die Herstellung von Beton, welcher aufgrund seiner Eigenschaften der am häufigsten verwendete Baustoff für die Realisierung von Bau- und Infrastrukturprojekten in der Schweiz ist. Der *Zementverbrauch* war in den letzten zehn Jahren relativ konstant und lag im Jahr 2019 bei rund 4,7 Mio. t. Davon wurden 86% von der schweizerischen Zementindustrie gedeckt und 14% importiert. Je nach Szenario variiert der prognostizierte Zementbedarf bis 2030 zwischen 4,3 Mio. t und 5,9 Mio. t pro Jahr mit einem Mittelwert von rund 4,9 Mio. t pro Jahr («Basis-Szenario»).

Die *Zementproduktion* ist auf einen gesicherten Zugang zu den benötigten Primärrohstoffen, eine gute Anbindung an die Absatzmärkte über das Schienen- und Strassennetz sowie auf eine entsprechend dimensionierte Produktionsanlage angewiesen. Um Transporte mit negativen Auswirkungen auf Infrastruktur, Gesellschaft und Umwelt zu minimieren, sollten Zementwerke so nahe wie möglich bei technisch und ökonomisch abbaubaren Primärrohstoffen liegen. Fünf der sechs schweizerischen Zementwerke liegen entlang des Jurasüdfusses, das sechste im Churer Rheintal. Die Gesamtjahreskapazität der sechs schweizerischen Zementwerke (rund 5 Mio. t pro Jahr) reicht technisch aus, um den prognostizierten nationalen Zementbedarf vollständig zu decken.

Die Schweiz verfügt über *reiche Vorkommen* an den für die Zementproduktion benötigten Primärrohstoffen Kalk und Mergel, welche sich derzeit nur zu einem sehr geringen Teil durch Sekundärrohstoffe substituieren lassen. Ohne neue Bewilligungen für den Abbau dieser Primärrohstoffe würde die nationale Zementversorgung mit inländischem Zement ab 2024 um 1,8 Mio. t sinken. In der Folge wäre eine Steigerung der Importe und/oder des Preises von Zement zu erwarten. Können weitere geplante Erweiterungs- oder neue Abbaugelände nicht für den Abbau freigegeben werden, kann dies ab 2031 zu einem weiteren Rückgang der inländischen Zementproduktion führen.

Soll die sich abzeichnende *Lücke in der Zementversorgung* durch die inländische Produktion geschlossen werden, bedarf es einer raumplanerischen Sicherung von geeigneten Abbaugeländen sowie der entsprechenden Abbaubewilligungen. Erweiterungsprojekte von bestehenden Abbaugeländen sind jedoch infolge überlagernder Nutzungs- und Schutzinter-

sen teilweise erschwert. Dies macht eine möglichst *frühzeitige Planung* seitens Behörden und Industrie notwendig.

Im Rahmen der Arbeiten zur Stärkung der Kreislaufwirtschaft wird das BAFU die Möglichkeiten zur Förderung der Substitution von Primärrohstoffen durch Sekundärrohstoffe, insbesondere auch des vermehrten Einsatzes von Recyclingbeton und generell von kreislauffähigen Materialien, aufnehmen.

Die Kompetenz für die räumliche Abstimmung und Festlegung der einzelnen Abbauvorhaben liegt primär bei den betroffenen Kantonen und Gemeinden. Die Begleitgruppe zum vorliegenden Bericht, bestehend aus Mitgliedern aus der Wirtschaft, den Kantonen, der Forschung, NGOs und der Bundesverwaltung, erachtet es jedoch als sinnvoll, bedeutsame und abbauwürdige Rohstoffvorkommen zur Herstellung von Zement auch aus einer *nationalen Versorgungssicht* zu betrachten. Dazu sollen bedeutsame und abbauwürdige Rohstoffvorkommen (z.B. von Zementrohstoffen) lokalisiert, aus rohstoffgeologischer Sicht bewertet und in einer nationalen Übersicht dargestellt werden. Dies soll Behörden und auch den Rohstoffproduzenten und -produzentinnen bei der allfälligen Planung von Abbauvorhaben als Grundlage dienen und sie bei der Erfüllung ihrer planerischen Aufgaben unterstützen.

7. Referenzen

- 1 swisstopo (2017): Bericht über die Versorgung der Schweiz mit nichtenergetischen mineralischen Rohstoffen (Bericht mineralische Rohstoffe). Ber. Landesgeol. 11 DE (nur als pdf), www.swisstopo.ch.
- 2 BAFU (2016): Grüne Wirtschaft: Bericht an den Bundesrat. Massnahmen des Bundes für eine ressourcenschonende, zukunftsfähige Schweiz. Bundesamt für Umwelt BAFU, www.bafu.admin.ch.
- 3 Schweizerischer Bundesrat (2018): Umwelt Schweiz 2018. Bericht des Bundesrates, www.umwelt-schweiz.ch.
- 4 cemsuisse (2016): Durchschnittszement Schweiz (2015): Umweltdeklaration nach SN EN 15804. cemsuisse Verband der Schweizerischen Cementindustrie, www.cemsuisse.ch.
- 5 FSKB (2017): Was ist Beton? Fachverband der Schweizerischen Kies- und Betonindustrie FSKB, www.fskb.ch.
- 6 cemsuisse (2020): Jahresbericht (Datenstand 2019). Verband der Schweizerischen Cementindustrie cemsuisse, www.cemsuisse.ch.
- 7 EZV: Aussenhandelstatistik (Datenstand 2019). Eidgenössische Zollverwaltung, www.ezv.admin.ch.
- 8 CEMBUREAU (2017): Activity Report. The European Cement Association, www.cembureau.eu.
- 9 CEMBUREAU (2018): Activity Report. The European Cement Association, www.cembureau.eu.
- 10 World Bank Group: World Bank Open Data, www.data.worldbank.org.
- 11 BFS (2019): Bestand und Entwicklung der Bevölkerung der Schweiz. Bundesamt für Statistik, www.bfs.admin.ch.
- 12 ARMSTRONG, T. (2017): A review of global cement industry trends – Insights from the Global Cement Report.
- 13 EMPA (2016): Projekt MatCH – Bau: Material- und Energieressourcen sowie Umweltauswirkungen der baulichen Infrastruktur der Schweiz. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU, www.empa.ch.
- 14 BFS: Bau- und Wohnbaustatistik (Datenstand 2019). Bundesamt für Statistik, www.bfs.admin.ch.
- 15 HOFER, C., NÄHER, T., NEUBAUER-LETSCH, B., SIMONI, L. & KRAJNOVIC, I. (2019): Holzendverbrauch 2017 – Datenbericht, Berner Fachhochschule, Institut für digitale Bau- und Holzwirtschaft IDBH. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU, www.bfh.ch.
- 16 BFS: Gebäude- und Wohnungstatistik (Datenstand 2019). Bundesamt für Statistik, www.bfs.admin.ch.
- 17 cemsuisse (2013): Ohne Zement geht nichts. Verband der Schweizerischen Cementindustrie cemsuisse, Bern.
- 18 EMPA (2018): Grösster Elektrolaster der Welt nimmt Arbeit auf, www.empa.ch.
- 19 SBB Cargo: www.sbbcargo.com.
- 20 Emch+Berger (2020): Prognose Zementbedarf. Im Auftrag von swisstopo.
- 21 PERC: Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves, www.percstandard.org.
- 22 BPUK et al. (in Vorb.): Planungshilfe für den Abbau von Steinen und Erden zur Herstellung von Zement. Erarbeitet von Bau-, Planungs- und Umweltdirektoren-Konferenz (BPUK), ARE, BAFU, swisstopo, cemsuisse.
- 23 NOTHNAGEL, R. & KÜHNI, A. (2017): Herausforderungen der Rohstoffsicherung von Baurohstoffen in der Schweiz – Ein Bericht aus Unternehmenssicht, Swiss Bulletin für angewandte Geologie, Vol. 22/1.
- 24 BAFU (2019): Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990–2017: National Inventory Report. Submission of April 2019 under the United Nations Framework Convention on Climate Change UNFCCC and under the Kyoto Protocol, Federal Office for the Environment FOEN, Bern.
- 25 ALIG, M. & FRISCHKNECHT, R. (TREEZE LTD.) (2019): Ökobilanz der Versorgung der Schweiz mit Zementrohstoffen. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU.

- 26 CEMBUREAU 2020: Cementing the European Green Deal. Reaching climate neutrality along the cement and concrete value chain by 2050, www.cembureau.eu.
- 27 IEA (2018): Technology Roadmap – Low-Carbon Transition in the Cement Industry, www.iea.org.
- 28 Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft (2020): Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (VVEA), in SR 814.600, www.admin.ch.
- 29 BAFU (in Vorb.): Statistik zur Abfallwirtschaft Schweiz 2019.
- 30 Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft (2020): Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG), in SR 814.01, www.admin.ch.
- 31 Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft (2020): Luftreinhalte-Verordnung (LRV), in SR 814.318.142.1, www.admin.ch.
- 32 FRISCHKNECHT, R. & BÜSSER KNÖPFEL, S. (2013): Ökofaktoren Schweiz 2013 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit. Methodische Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1330, www.bafu.admin.ch.
- 33 myclimate (2020): www.myclimate.org.
- 34 EMPA (2020): Alternativer Zement. Rezeptur für Öko-Beton, www.empa.ch.
- 35 KÜNDIG, R. et al. (1997): Die mineralischen Rohstoffe der Schweiz. Schweizerische Geotechnische Kommission SGTK, Zürich.
- 36 DAVOT, G., GERBER, A. & VOGELSPERGER, F. (2012): Parc Régional Chasseral, Charte 2012–2021. Association «Parc régional Chasseral», www.parcchasseral.ch.
- 37 Global Cement (2011): Holcim Untervaz plant improves energy-efficiency by 20% by using ABB low-temperature ORC technology, www.globalcement.com.
- 38 FSKB (2017): Jahresbericht (Datenstand 2016). Fachverband der Schweizerischen Kies- und Betonindustrie FSKB, www.fskb.ch.
- 39 Schweizerischer Bundesrat (2017): Konzept für den Gütertransport auf der Schiene. Grundlage des Bundes für die Weiterentwicklung der Infrastrukturen für den Gütertransport auf der Schiene, www.bav.admin.ch.
- 40 WEBER, L. (Hrsg.) (2012): Der Österreichische Rohstoffplan. Archiv für Lagerstättenforschung. Geologische Bundesanstalt, Wien.
- 41 BRGM/RO-62960-FR (2013): Réévaluation du potentiel minier français en ressources minérales. Retraitement des données géochimiques de l'Inventaire et établissement de fiches de cibles minières. Rapport final.
- 42 Staatliche Geologische Dienste der Bundesrepublik Deutschland (2008): Rohstoffsicherung in der Bundesrepublik Deutschland – Zustandsbericht.
- 43 Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European economic and social committee and the Committee of the regions. The European Green Deal, COM/2019/640 final.
- 44 FAVIER, A. et al. (2018): A sustainable future for the European Cement and Concrete Industry: Technology assessment for full decarbonisation of the industry by 2050. ETHZ, Zürich and EPFL, Lausanne.
- 45 Oxara: www.oxara.ch.

8. Verwendete Begriffe

Bedarf (an Zement)

Eine geschätzte Prognose der zukünftigen Nachfrage (nach Zement), die auf mehreren sozio-ökonomischen und betriebswirtschaftlichen Variablen basiert.

Beton

Eine Mischung aus Zement, Zuschlagstoffen (hauptsächlich Kies und Sand), Additiven und Wasser (s. Kap. 1.4).

CO₂-Äquivalente (CO₂-eq)

Eine Masseinheit zur Vereinheitlichung der Klimawirkung der unterschiedlichen Treibhausgase [33].

Fruchtfolgeflächen (FFF)

Qualitativ bestgeeignetes ackerfähiges Kulturland, für welches spezielle Schutzbestimmungen gelten. Die FFF machen rund 40% der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche der Schweiz aus. Im Sachplan Fruchtfolgeflächen sind die Kriterien für FFF definiert und der Mindestumfang für die gesamte Schweiz festgelegt.

Kalzinierung

Brennprozess in der Zementproduktion, bei welchem die Rohmischung bei hohen Temperaturen (> 1450 °C) gebrannt wird, wobei das synthetische Mineral Klinker entsteht (s. Kap. 1.4).

Klinker

Hauptbestandteil von Zement. Klinker ist ein synthetisches Mineral, das bei der Kalzinierung der Rohmischung entsteht (s. Kap. 1.4). Es enthält hauptsächlich Kalziumoxid, Siliziumdioxid, Aluminiumoxid und Eisenoxid.

Korrekturstoffe

Materialien aus natürlichen oder industriellen Quellen oder der Abfallverwertung, die in relativ kleinen Anteilen zu den Primärrohstoffen gemahlen werden, um die gewünschte chemische Zusammensetzung der Rohmischung zu erreichen (z.B. Quarzsand, Pyrit und Bauxit, aber auch Sekundärrohstoffe wie siliziumreiche Erde aus unverschmutztem oder leicht verschmutztem Aushub) (s. Kap. 1.4).

Planungshilfe für den Abbau von Steinen und Erden zur Herstellung von Zement

Planungsinstrument für die kantonalen Behörden zur Interessenabwägung bei Richtplanvorhaben [22].

Primäre Brennstoffe

Im Laufe der Erdgeschichte durch geologische Prozesse angereicherte, heizwertreiche Bodenschätze wie Kohle, Koks, Gas und Öl (auch fossile Brennstoffe genannt) (s. Kap. 5.3).

Primärrohstoffe

Hauptsächlich die Zementrohstoffe Kalk und Mergel, teilweise auch Ton und Sand (s. Kap. 1.4).

Reserve

Ein Rohstoffvorkommen, dessen rohstoffgeologische Eigenschaften ausreichend bekannt sind und bei welchem im Gegensatz zu einer Ressource die wirtschaftliche und technische Abbaubarkeit gewährleistet ist. Zusätzlich ist der rechtliche Zugang für den Abbau gesichert (insb. klar geregelte Eigentumsverhältnisse), und alle Bewilligungen für den Abbau sind vorhanden (s. Kap. 4).

Ressource

Ein Rohstoffvorkommen mit einem hohen wirtschaftlichen Potenzial, dessen rohstoffgeologische Eigenschaften ausreichend bekannt sind, bei dem aber der rechtliche Zugang und/oder die wirtschaftliche und technische Abbaubarkeit nicht end-

gültig geklärt oder geprüft ist (d.h. es sind nicht alle Bedingungen für eine Reserve erfüllt) (s. Kap. 4).

Rohmischung

Gemahlene Mischung der Primärrohstoffe, eventuell ergänzt mit Korrekturstoffen und Sekundärrohstoffen (s. Kap. 1.4).

Rohstoffsicherungsberichte

Periodisch aktualisierte Berichte mit Grundlagendaten zu einzelnen Rohstoffgruppen (Primär- und Sekundärrohstoffe). Sie zeigen den aktuellen Verbrauch und den Stand der Versorgung in der Schweiz auf und beinhalten eine Einschätzung des kurz- bis mittelfristigen nationalen Bedarfs.

Sekundäre Brennstoffe

Industrie- oder Haushaltsabfälle, die einen ausreichenden Heizwert haben, um als Brennstoff verwendet zu werden. Es gibt fossile sekundäre Brennstoffe (z.B. Altöl, Lösungsmittel, Altreifen oder Kunststoffabfälle) und biogene sekundäre Brennstoffe (z.B. Klärschlamm, Tiermehl und -fett, Holzabfälle) (s. Kap. 5.3).

Sekundärrohstoffe

Durch stoffliche Verwertung aus Abfall gewonnene Rohstoffe (auch anthropogene Rohstoffe genannt). Für die Zementproduktion eignen sich mineralische Abfälle wie z.B. Rückstände aus der Industrie, Aushub, kontaminierte Erde (z.B. Strassensand), Trockenschlamm aus Kläranlagen, bestimmte Fraktionen aus der Altlastensanierung und aus Rückbauarbeiten (s. Kap. 5.3).

Verbrauch (von Zement)

Eine Berechnung, basierend auf aus der Branche rapportierten historischen Kennzahlen: Verbrauch = Produktion (verkaufte Mengen) + Import – Export.

Vorkommen

Eine natürliche Konzentration an mineralischen oder sonstigen Rohstoffen von potenziellem wirtschaftlichen Interesse. Die rohstoffgeologischen Eigenschaften (insb. Qualität und Tonnagen) sind (noch) nicht genügend untersucht und/oder die wirtschaftliche und technische Abbaubarkeit und der rechtliche Zugang sind nicht nachweisbar oder (noch) nicht geprüft (s. Kap. 4).

Zement

Eine fein gemahlene, hydraulische Mischung von Klinker, Gips und anderen Zumahlstoffen. Zement ist Bestandteil von Beton (s. Kap. 1.4).

Zementrohstoffe

Allgemeine Bezeichnung von Rohstoffen, die für die Zementproduktion verwendet werden. Hauptsächlich sind dies die Primärrohstoffe Kalk und Mergel, aber auch Sekundärrohstoffe, Korrekturstoffe und Zumahlstoffe.

Zumahlstoffe

Materialien, die in der Zementmühle mit Klinker gemahlen und zu Zement vermischt werden. In der Regel werden Gips, reiner Kalk und Asche, aber auch die Feinfraktion von Misch- und Betongranulaten aus Rückbauarbeiten verwendet.

Zuschlagstoffe

Materialien, hauptsächlich Kies und Sand, die für die Betonproduktion mit Zement und Wasser gemischt werden.

9. Abkürzungen

ARE	Bundesamt für Raumentwicklung
arv	Branchenverband arv Baustoffrecycling Schweiz
ASTRA	Bundesamt für Strassen
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BAV	Bundesamt für Verkehr
BFE	Bundesamt für Energie
BFS	Bundesamt für Statistik
BLN	Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler
BPUK	Bau-, Planungs- und Umweltdirektoren-Konferenz
cemsuisse	Verband der Schweizerischen Cementindustrie
ECRA	European Cement Research Academy
EMPA	Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt des ETH-Bereichs
EZV	Eidgenössische Zollverwaltung
FFF	Fruchtfolgeflächen
FGS	Fachgruppe Georessourcen Schweiz (ETH Zürich)
FSKB	Fachverband der Schweizerischen Kies- und Betonindustrie
IEA	International Energy Agency
ISOS	Bundesinventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz von nationaler Bedeutung
IVS	Bundesinventar der historischen Verkehrswege der Schweiz
KGU	Konferenz Geologischer Untergrund
MatCH	Projekt Materialressourcen Schweiz (EMPA-Studie im Auftrag des BAFU, dreiteilig: Bau, Mobilität, Produktion und Konsum) [13]
NEROS	Netzwerk Mineralische Rohstoffe Schweiz
NHG	Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz
SBV	Schweizerischer Baumeisterverband
SECO	Staatssekretariat für Wirtschaft
SL-FP	Stiftung Landschaftsschutz Schweiz
STEP AS	Strategisches Entwicklungsprogramm – Ausbauschritt
UBP	Umweltbelastungspunkte (gemäss der Methode der ökologischen Knappheit [32])
VSH	Verband schweizerischer Hartsteinbrüche
VVEA	Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen [28]

10. Anhang

A-1 Grundlagen und Methodik für die Prognose des Zementbedarfs 2030

Die Abschätzung des zukünftigen Zementbedarfs in der Schweiz von Emch+Berger [20] (s. Kap. 3) basiert auf den in Tabelle 4 aufgelisteten Grundlagen.

Tab. 4: Grundlagen für die Abschätzung des zukünftigen Zementbedarfs in der Schweiz [20].

Grundlagen	Quellen
Ausgaben des Bauhauptgewerbes in der Schweiz für die Jahre 1990–2019	SBV, Zahlen und Fakten 2016, Bautätigkeit im Bauhauptgewerbe 2020
Angaben des Zementverbrauchs in der Schweiz für die Jahre 1990–2019	cemsuisse, 2020
Investitionsbeiträge des Bundes für Schieneninfrastrukturen für die Jahre 1990–2014 als Rechnung und Budget (2015–2016), bzw. Planrechnung 2017–2030 auf Preisstand von 2015, sowie für die Jahre 2015–2019 als Rechnung und Budget (2020–2021), bzw. Planrechnung 2022–2040 auf Preisstand von 2019	BAV, 22.9.2015, 7.4.2020
Finanzbedarf für die Nationalstrassen 2014–2040, Preisstand 2014, sowie Rechnung 2010–2019, Budget (2020–2021), bzw. Planrechnung 2022–2023 auf Preisstand von 2019	ASTRA, 31.8.2015, 5.5.2020
Landesindex der Konsumentenpreise 1990–2019	BFS, 2020
Gesamtausgaben für Bauten, aufgeteilt nach Strassen, Hochbau und Tiefbau, private Auftraggeber und öffentliche Auftraggeber 1990–2014	BFS, 25.8.2015
Szenarien der Bevölkerungsentwicklung des BFS für 2010–2045 und tatsächliche Wohnbevölkerung bis 2019	BFS 2015, 2020
Umfrage der BPUK unter den Kantonsingenieuren zu geplanten Strassenbauprojekten auf kantonaler Ebene für die Jahre 2016–2039	BPUK, 18.9.2015
Prognose des BAK Economics der Bauausgaben für die Jahre 2015–2020, 2017–2023 und 2019–2025 sowie Einschätzung der Entwicklung aufgrund von COVID-19	BAK Economics, 2016, 2018, 7.5.2020
Strasseninfrastrukturrechnung für 1990–2010	BFS, 2011
Aufteilung der Finanzierung des öffentlichen Verkehrs für das Jahr 2012	BAV, 25.8.2015

Basierend auf den Angaben des SBV für das Bauhauptgewerbe, des ASTRA sowie der BPUK für die Strasseninfrastruktur des Bundes und der Kantone, des BAV für die Schieneninfrastruktur und der Prognose der Entwicklung im Hochbau (Tab. 5) wurden die Ausgaben der verschiedenen Baubereiche extrapoliert (Fig. 28).³⁶ Die historischen Ausgaben-Daten und

³⁶ Die Hochrechnung der Ausgaben berücksichtigt das Bauhauptgewerbe. Neben weiteren kleinen Unterschieden berücksichtigt die Statistik der Bauinvestitionen vom BFS (Fig. 6) insbesondere auch das Baunebengewerbe und weist daher deutlich höhere Bauausgaben aus. Aufgrund der höheren Zementintensität im Bauhauptgewerbe wurde die Prognose nicht direkt auf die Zahlen vom BFS abgestützt, sondern die Ausgaben für die zementintensiven Bautätigkeiten aus den aufgeführten Quellen zusammengetragen.

die Prognosen wurden mit dem Landesindex der Konsumentenpreise auf das Jahr 2014 normalisiert. Aus dem Verhältnis zwischen Bauausgaben und Zementverbrauch wurde die *Zementintensität* (Tonnen Zement pro Mio. Franken Bauausgaben) bestimmt. Dieses Verhältnis lag für die Jahre 2010–2015 relativ konstant bei rund 260 t Zement pro Mio. Franken. Da in den letzten Jahren eher eine abnehmende Tendenz registriert wurde, wurde die Zementintensität für die Extrapolation auf 240 t Zement pro Mio. Franken Ausgaben für das Bauhauptgewerbe gesetzt, was dem Durchschnitt der letzten Jahre (2016–2019) entspricht. Für die unmittelbare Zukunft (bis 2023) wurden für das «Basis-Szenario» Werte zwischen 229 und 236 t Zement pro Mio. Franken Ausgaben für das Bauhauptgewerbe gesetzt.

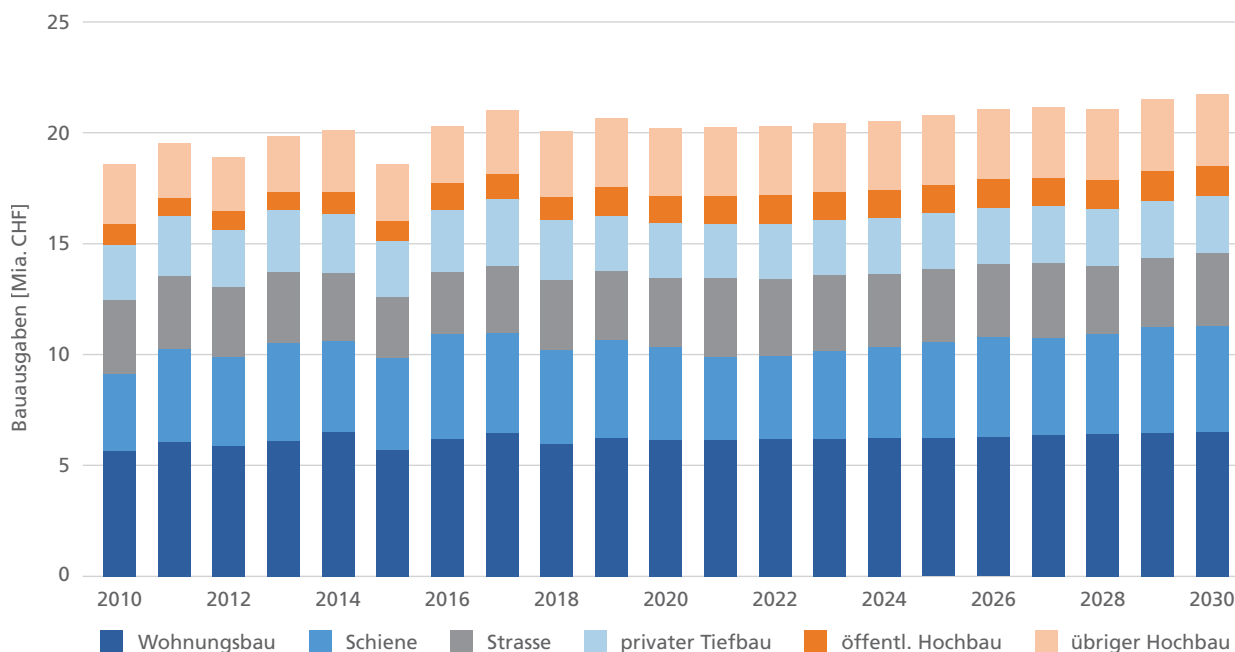


Fig. 28: Hochrechnung der Ausgaben im Bauhauptgewerbe in der Schweiz («Basis-Szenario») [20].

Ausgehend von einem «Basis-Szenario», welches von einer Zunahme der Ausgaben im Hoch- und Tiefbau von 0,34% pro Jahr ausgeht, wurden weitere Szenarien zwischen «starker Zunahme» und «starker Abnahme der Bautätigkeit» modelliert (Tab. 5). Dazu wurden einerseits die Ausgaben im Hoch- und Tiefbau, andererseits die geplanten Ausgaben für Bahn- und Strasseninfrastrukturprojekte erhöht oder verringert und eine Zementintensität von 229, 240 und 249 t Zement pro Mio. Franken Ausgaben für das Bauhauptgewerbe angenommen, was dem historischen Minimum, dem Durchschnitt der Jahre 2016–2019 sowie dem Maximum der Jahre 2016–2019 entspricht.

Tab. 5: Szenarien für den Zementbedarf der Schweiz.

FINÖV = Finanzierung der Infrastruktur des öffentlichen Verkehrs, NAF = Nationalstrassen- und Agglomerationsverkehrs-Fonds [20].

Szenario	«Basis-Szenario»	Starke Zunahme	Mittlere Zunahme	Leichte Zunahme	Leichte Abnahme	Mittlere Abnahme	Starke Abnahme
Wirtschaftsentwicklung (Veränderung pro Jahr in Bezug zum Vorjahr)							
Hochbau	0,34 %	1,00 %	0,60 %	0,40 %	0,10 %	–0,30 %	–1,00 %
Tiefbau	0,34 %	1,00 %	0,60 %	0,40 %	0,10 %	–0,30 %	–0,30 %
Beschleunigung/Verzögerung beim Bau öffentlicher Infrastrukturen							
FINÖV/NAF	0,00 %	10,00 %	5,00 %	3,00 %	–3,00 %	–5,00 %	–10,00 %
Bedarf in t Zement pro Mio. Franken Ausgaben für das Bauhauptgewerbe							
Zement-intensität	229 (2020), 236 (2021–2022), 240 (ab 2023)	249	249	240	240	229	229
Referenz-jahr(e)	2019, Mittelwert 2018– bzw. 2017–2019, Mittelwert 2016–2019	Maximum 2016–2019		Mittelwert 2016–2019		Minimum 2016–2019	

Der Bericht zur Abschätzung des zukünftigen Zementbedarfs in der Schweiz von Emch+Berger [20] kann auf Anfrage beim Herausgeber bezogen werden.

A-2 Hauptstossrichtungen zur Reduktion von CO₂-Emissionen in der schweizerischen Zementindustrie

Die in Kapitel 5.2 erwähnten Hauptstossrichtungen zur Reduktion von CO₂-Emissionen sowie diesbezügliche Entwicklungen in der schweizerischen Zementindustrie und Forschung sind in Tabelle 6 aufgelistet.

Tab. 6: Hauptstossrichtungen zur Reduktion von CO₂-Emissionen.

Hauptstossrichtungen zur Reduktion von CO ₂ -Emissionen	Entwicklungen in der schweizerischen Zementindustrie und Forschung
Substitution von primären Brennstoffen mit sekundären Brennstoffen	<ul style="list-style-type: none"> – Substitutionsrate von primären Brennstoffen bei 68 % in 2019 – Reduktion der CO₂-Emissionen aus primären Brennstoffen von rund 67 % seit 1990 <p>Für weitere Informationen siehe Kapitel 5.3</p>
Reduktion des Klinkeranteils im Zement	<ul style="list-style-type: none"> – Reduktion des Klinkeranteils durch den vermehrten Einsatz von Zumahlstoffen im Zement (hauptsächlich hochreinem Kalkstein, aber auch Sekundärrohstoffen). Die in der Schweiz meistverkaufte Zementsorte hat einen Klinkeranteil zwischen 65 und 79 % (Durchschnitt: 74 %), 1990 waren es 94 % [4]. – Zemente mit einem Klinkeranteil von 50 % befinden sich in der Testphase. – Forschung und Entwicklung von Calciumsulfoaluminat-Zemente (CSA), die rund 200 kg CO₂ pro Tonne Zement weniger ausstossen (EMPA [34]) – Forschung und Entwicklung von zementfreiem Beton aus der Mischung von Rückbau- und Aushubmaterialien mit mineralischen Additiven (Oxacrete³⁷) <p>Für weitere Informationen siehe Kapitel 5.3</p>
Steigerung der Energieeffizienz im Produktionsprozess	<ul style="list-style-type: none"> – Gewinnung und Nutzung der mechanischen Energie der beladenen Förderbänder im Zementherstellungsprozess – Entwicklung und Einsatz eines elektrisch betriebenen Dumpers (Zusammenarbeit mit Industrie, Hochschulen und EMPA) [18] – Nutzung von Abwärme aus den Produktionsanlagen für die Stromproduktion sowie zur Verteilung von Fernwärme in den anliegenden Gemeinden – Stromproduktion aus firmeneigenen Wasserkraftwerken und Photovoltaik-Anlagen – Prozess- und Energieoptimierung dank Vernetzung datengesteuerter Kontrollraumtechnologien (z.B. Machine-Learning-Systeme) <p>Für weitere Informationen siehe Kapitel 5.3 sowie Anhang A-4</p>
Einsatz von Technologien zur CO₂-Sequestrierung, -Verwendung und -Speicherung (CCUS)	Forschung und Entwicklung der Technologie mit Fachhochschulen und internationalen Partnern ³⁸

³⁷ Aus dem Spin-off der ETHZ Oxara [45].

³⁸ Die schweizerischen Zementkonzerne sind unter anderem in folgende CCUS-Projekte involviert:

- CLEANKER – Integrated calcium looping process for CO₂ capture in cement plants, Piacenza, Italien
- ANICA – Advanced Indirectly Heated Carbonate Looping Process, ACT programme AC2OCEM – Accelerating Carbon Capture using Oxyfuel technology in Cement production, Universität Stuttgart, Deutschland
- LEILAC Project – Low emissions intensity lime and cement, European Union Horizon 2020 Research and Innovation
- Reallabor Westküste 100 – Diverse Forschungsprojekte im Bereich Energiewende und Dekarbonisierung, Schleswig-Holstein, Deutschland.

A-3 Kurzinformationen zu den potenziell zur Zementproduktion geeigneten Gesteinseinheiten

In den folgenden Abschnitten werden die potenziell zur Zementproduktion geeigneten Gesteinseinheiten nach heutigem Wissensstand lokalisiert und beschrieben. Die Zugänglichkeit und das wirtschaftliche Potenzial dieser Gesteinseinheiten werden nicht berücksichtigt. Die Landesgeologie von swisstopo arbeitet zurzeit an der Erhebung, Kompilation und Bewertung von potenziell wirtschaftlichen, abbauwürdigen Rohstoffvorkommen. Die folgenden Angaben stammen aus dem Buch «Die mineralischen Rohstoffe der Schweiz» [35].

Jura

Im Gebiet des Juras kommen hauptsächlich Gesteinseinheiten des Doggers und des Malms als Zementrohstoffe in Frage. Sie beinhalten wechselnd kalkige und mergelige Ablagerungen und sind im Jura grossflächig vorhanden. Die Kreideformationen im westlichen Jura beinhalten weitere potenziell geeignete karbonathaltige Gesteinseinheiten. Tonig-mergelige Sedimente befinden sich zudem im Keuper (Trias) und in der Molasse des Paläogens–Neogens.

Mittelland

Die mittelländische Molasse führt hauptsächlich tonig-mergelige Sedimente, Sandsteine und Konglomerate. Kalklagen kommen selten und nur in geringen Mächtigkeiten vor. Als Zementrohstoffe kommen jene Molassemergel in Frage, die in der Nähe von geeigneten Kalkvorkommen liegen, was hauptsächlich angrenzend zum Jura oder den nördlichen Alpen der Fall ist.

Alpen

In den Alpen weisen die helvetischen Decken für die Zementproduktion geeignete kalkige sowie tonig-mergelige Gesteinseinheiten auf (hauptsächlich in Jura- und Kreideformationen). Die präalpinen Decken zwischen Rhone und Rhein sowie die Klippendecke der Zentralschweiz weisen vor allem im Malm – untergeordnet auch in den Sedimentgesteinen der Mittleren Trias und der Frühen Kreide – grössere Kalkvorkommen auf. Ton und Mergel finden sich in Lias, Dogger und in den Sedimentgesteinen der Späten Kreide.

Die Südalpen enthalten potenzielle Zementrohstoffe in den sedimentären Formationen der Trias, des Juras und der Kreide südlich des Luganersees. Tonig-mergelige Sedimente finden sich zudem im Paläogen–Neogen.

Innerhalb der penninischen Decken kommen im Flysch und in den Bündnerschiefern tonig-mergelige Gesteinseinheiten als potenzielle Zementrohstoffe in Frage.

A-4 Kurzinformationen zu den schweizerischen Zementwerken und deren Abbaustandorten

Figur 19 (Kap. 4.2) gibt eine Übersicht über die Vorkommen von kalziumkarbonathaltigen Gesteinen, die Abbau- und Produktionsstandorte sowie über Ausschlussgebiete und BLN-Gebiete in der Schweiz. In den folgenden Abschnitten werden die lokalen Begebenheiten rund um die einzelnen Werkstandorte der schweizerischen Zementwerke thematisiert. Dazu gehören Auskünfte über die schweizerischen Zementwerke, die lokale Geologie sowie über Natur- und Landschaftsschutzgebiete in der Umgebung der Abbaustandorte. Die Angaben stammen von den Webseiten der Zementproduzenten und -produzentinnen, aus direkt bei den Betrieben erhobenen Informationen (Werkbesuche swisstopo Frühjahr 2019) sowie aus den Büchern «Ohne Zement geht nichts – Geschichte der Schweizer Zementindustrie» [17] und «Die mineralischen Rohstoffe der Schweiz» [35].

A-4.1 Standort Cornaux

Das Zementwerk in Cornaux von Juracime SA (JURA Materials des Mutterkonzerns CRH, Irland) wurde 1966 gegründet und produziert jährlich rund 0,3 Mio. t Zement. Es liegt zwischen dem Neuenburger- und dem Bielersee im Kanton Neuenburg und beschäftigt 44 Mitarbeitende. Das Zementwerk verfügt über einen Bahn- sowie einen Schiffsanschluss und liegt nahe einer Autobahneinfahrt.

Die Primärrohstoffe für die Zementproduktion werden im Steinbruch Le Roc durch Sprengen und in der Mergelgrube Champs Charles durch Rippeln gewonnen und via Förderband zum Werk transportiert. Ergänzend zu diesen Rohstoffen wird in der Klinkerproduktion unverschmutzter Aushub verwertet.

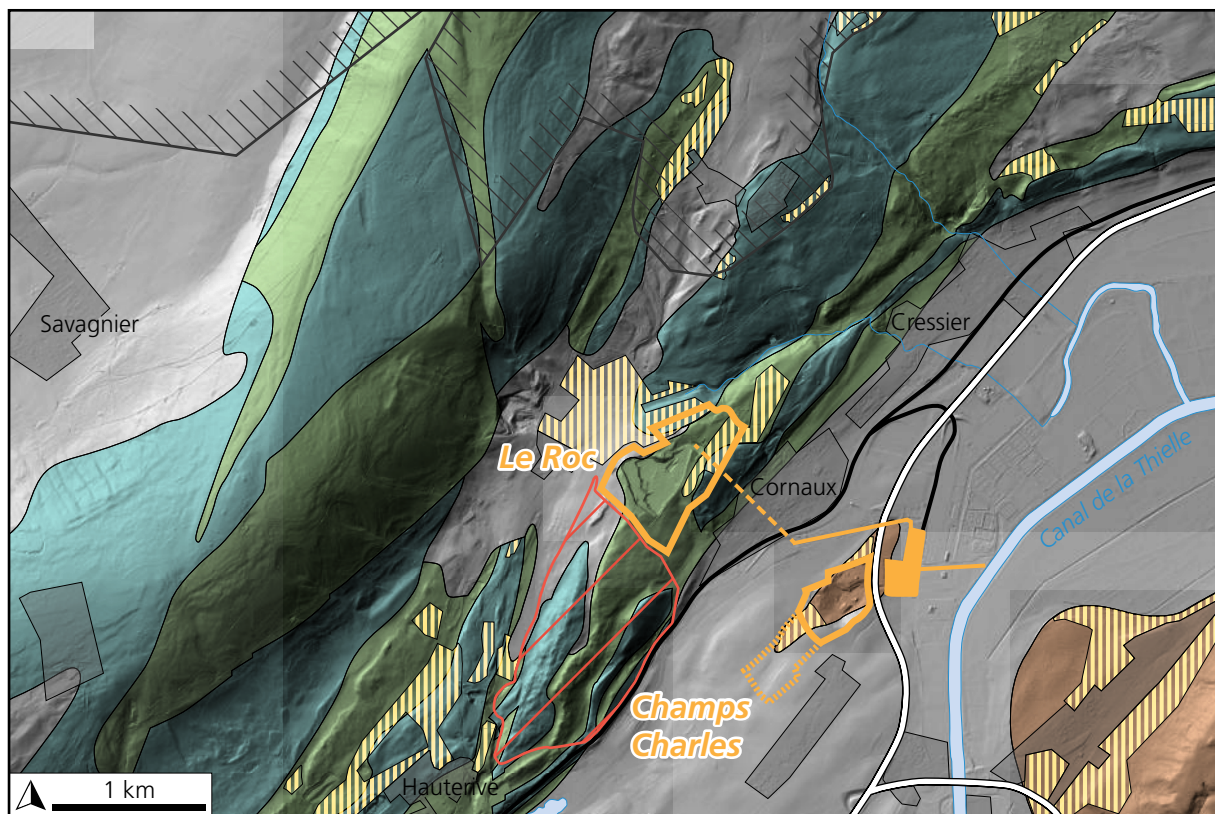
Der Abbauperimeter des Steinbruchs Le Roc, welcher 2019 erweitert wurde, grenzt südwestlich an das BLN-Gebiet Nr. 1013 (Roches de Châtollion). Die Fruchtfolgeflächen, die den Abbauperimeter überlagern, werden während der Abbauphase ausserhalb des Perimeters kompensiert und nach dem Abbau an geabter Stelle wiederhergestellt.

Die Mergelgrube Champs Charles grenzt im Südwesten an Fruchtfolgeflächen. Letztere überlagern die geplante Erweiterung des Abbauperimeters. Etwa 1 km nördlich des Steinbruchs Le Roc beginnt der Parc régional Chasseral.





Rohstoffgeologische Eigenschaften

Der Kalksteinbruch Le Roc liegt im flachen Südostschenkel einer Antiklinale im Juragebirge. Hier werden kalkige Partien der Pierre-Châtel-, der Vions- sowie der Grand-Essert-Formation (Kreide) gewonnen. Im nordwestlichen Teil des Abbauperimeters liegen die gewünschten Gesteinseinheiten unter einer Lockergesteinsbedeckung von wenigen Zentimetern bis zu mehreren Metern. Lokal fallen die Schichten nahezu senkrecht ein. Im Gebiet des Steinbruchs Le Roc treten zwei Grundwasserkörper auf.







In der Mergelgrube Champs Charles neben der Werksanlage wird die tonig-mergelige Komponente aus einer etwa 30 m mächtigen Serie von Mergel und Sandstein der Unteren Süsswassermolasse gewonnen. Die Untere Süsswassermolasse ist hier stark wasserhaltig (bis zu 12% Wasseranteil), weshalb die Grube hauptsächlich im Sommer betrieben wird.



Gesteinseinheiten

-  Kalk (z.T. Dolomit)
-  Kalk und Mergel
-  Mergel und Sandstein (z.T. Kalk)
-  Lockergestein

Infrastruktur

-  Abbauareal (in Betrieb), festgesetzte Erweiterungsgebiete
-  Zementwerkareal
-  Förderband, unterirdisch
-  Eisenbahn
-  Autobahn
-  Siedlungsgebiet

Natur- und Landschaftsschutzgebiete




-  Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler (BLN, Gebiet Nr. 1013)
-  Parc régional Chasseral
-  Fruchtfolgeflächen (FFF) im Bereich potenzieller Abbauerweiterungsgebiete (vereinfacht)

Fig. 29: Standort Cornaux.

A-4.2 Standort Eclépens

Die Cimenterie d'Eclépens (VD) liegt zwischen Yverdon und Lausanne am südlichen Jurafluss und zählt rund 115 Mitarbeitende. Das Zementwerk wurde 1953 eröffnet und wird heute von Holcim (Schweiz) AG (Mutterkonzern LafargeHolcim, Schweiz) betrieben. Die Zementproduktion beläuft sich auf über 0,8 Mio. t Zement pro Jahr. Ein werkseigener Bahnanschluss sowie Zugang zur nahegelegenen Autobahn stellen den Transport sicher.

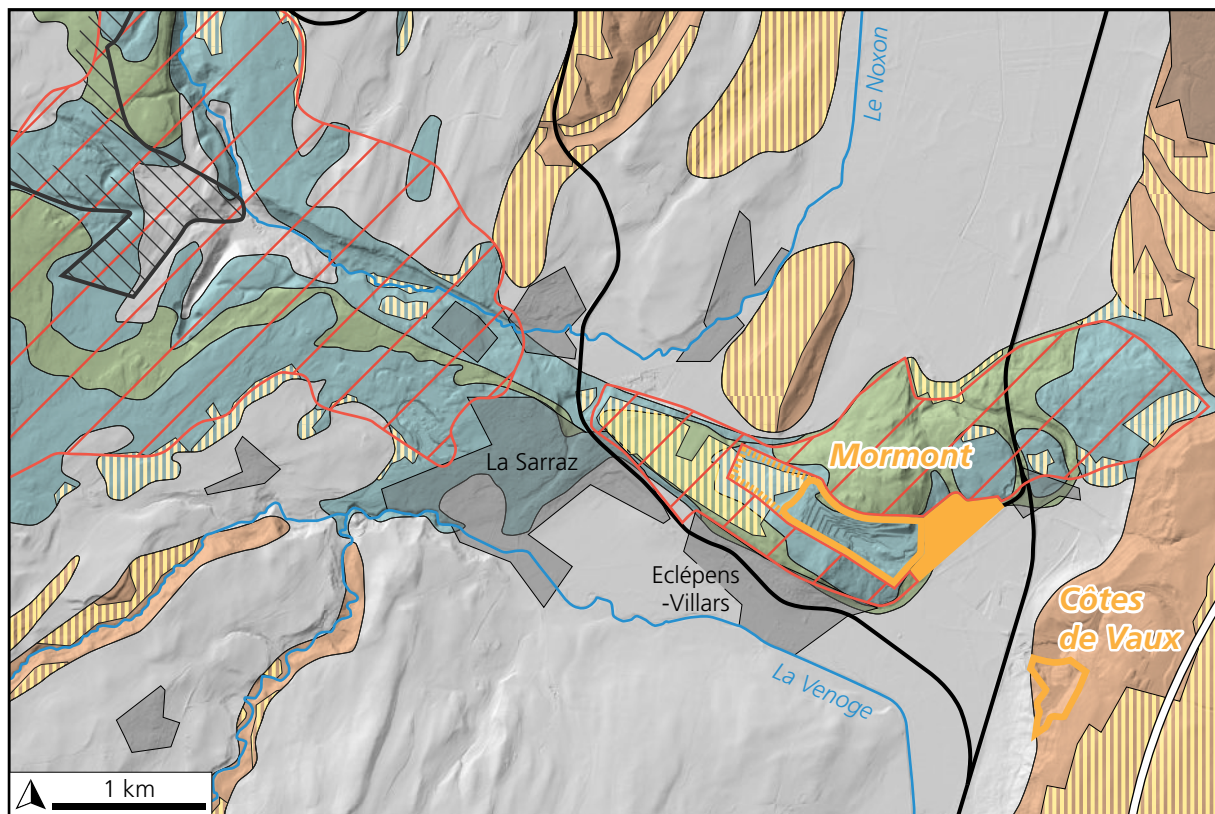
Im an das Werk angrenzenden Steinbruch Mormont wird Kalkmergel durch Sprengen gewonnen. Die Mergelgrube Côtes de Vaux liegt etwa 1 km südöstlich des Zementwerkes an der gegenüberliegenden Talflanke. Der Mergel wird durch Rippeln gewonnen.

Der in Betrieb stehende Abbauperimeter Mormont sowie die im Richtplan festgesetzte Erweiterung sind vom BLN-Gebiet Nr. 1023 (Mormont) umgeben. Der spezielle Grenzverlauf des BLN-Gebiets erklärt sich dadurch, dass der Abbauperimeter inklusive des Erweiterungsperimeters bei der Abgrenzung des BLN-Gebiets bereits berücksichtigt worden sind. Etwas nordwestlich davon beginnt das BLN-Gebiet Nr. 1015 (Pied sud du Jura proche de La Sarraz) sowie der Parc Jura vaudois. Einige Fruchtfolgeflächen überlagern den Erweiterungsperimeter. Bisher liegt keine Abbaubewilligung für die Erweiterung vor.





Ergänzend zu den Primärrohstoffen werden gebrannter Schiefer und kontaminierte Erde als Sekundärrohstoffe verwendet. Mit der überschüssigen Wärme des Werks werden 220 Haushalte, zwei Postzentren und ein Spital beheizt. Im Sommer kann die Energie zur Kühlung genutzt werden. Zusätzlich sind zwei Photovoltaikanlagen zur Stromproduktion in Betrieb.

Rohstoffgeologische Eigenschaften






Der Hügel Mormont bei Eclépens ist ein isolierter Ausläufer des Jura gebirges. Die Nordwestflanke des Mormont ist etwas steiler als die Südostflanke. Der gleichnamige Steinbruch Mormont liegt in der flacheren Flanke. Hier werden Gesteine der Grand-Essert-, der Gorges-de-l'Orbe- und der Vallorbe-Formation (Kreide) gewonnen. Die untenliegenden Teile der Grand-Essert-Formation – reich an Schwefel von Pyrit und organischem Material – werden als mergelige Komponente gewonnen. Der gelbliche Kalk der Gorges-de-l'Orbe-Formation, das «Urgonien jaune», ist zum Teil verkarstet, Bitumen führend und pyrithaltig. Die obenliegende Vallorbe-Formation («Urgonien blanc») besteht aus hochreinem Kalk. In der Mergelgrube Côtes de Vaux auf der gegenüberliegenden Talseite werden Tonmergel und Sandstein der Unteren Süsswassermolasse gewonnen.



Gesteinseinheiten

-  Kalk
-  Kalk und Mergel
-  Mergel und Sandstein (z.T. Kalk)
-  Lockergestein

Infrastruktur

-  Abbauareal (in Betrieb), festgesetzte Erweiterungsgebiete
-  Zementwerkareal
-  Eisenbahn
-  Autobahn
-  Siedlungsgebiet

Natur- und Landschaftsschutzgebiete




-  Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler (BLN, Gebiet Nr. 1023 und 1015)
-  Parc Jura vaudois
-  Fruchtfolgeflächen (FFF) im Bereich potenzieller Abbauerweiterungsgebiete (vereinfacht)

Fig. 30: Standort Eclépens.

A-4.3 Standort Péry

Die Firma Vigier Ciment SA als Teil der Vigier Holding AG (Mutterkonzern Vicat, Frankreich) betreibt in Péry im Kanton Bern ein Zementwerk mit rund 165 Mitarbeitenden. Die Zementproduktion des Werks beläuft sich auf rund 1 Mio. t Zement pro Jahr. Das Zementwerk verfügt über einen Bahnanschluss und liegt nahe einer Autobahneinfahrt.

Im Steinbruch La Tschärner, der auf 900–1000 m ü.M. liegt, werden Kalk und Mergel gewonnen. Der Steinbruch liegt an der dem Zementwerk abgewandten Seite einer Antiklinale und ist mit einem 2,3 km langen Förderband durch einen Tunnel mit dem Werk verbunden. Als Sekundärrohstoffe werden kontaminierte Erde und aluminiumreiche Chemieabfälle den Primärrohstoffen beigemischt. Die nahe am Werk gelegenen Steinbrüche Le Châtel und La Charuque werden nicht mehr betrieben, unter anderem aus Stabilitätsgründen. Der ehemalige Steinbruch La Charuque wird mit unverschmutztem Aushub aufgefüllt.

Das Werkareal, der Steinbruch und der im Richtplan festgesetzte Erweiterungssperimeter liegen gänzlich innerhalb des Parc régional Chasseral, welchen die Vigier Ciment SA mitgegründet hat [36]. Die Abbaubewilligung für die Erweiterung liegt vor.

Das Werk betreibt ein Wasserkraftwerk zur Stromproduktion. Zusätzlich liefert eines der Förderbänder (durch Bremswiderstände wegen des Gefälles) bis zu 30% der für den Brecher benötigten Energie. Im Steinbruch ist ein elektrisch betriebener Dumper im Einsatz.

Rohstoffgeologische Eigenschaften

Im Steinbruch La Tschärner werden Gesteine der Ifenthal-, der Pichoux-, der Wildeg- und der Balsthal-Formation (Jura) gewonnen. Der feingeschichtete, plattige Echinodermenkalk der Ifenthal-Formation (Bollement-Member, ehem. «Dalle nacrée») bildet die unterste der abgebauten Schichten. Die Pichoux-Formation besteht aus gebanktem, geotechnisch einfach abbaubarem Kalk. Das aluminiumreiche Effingen-Member der Wildeg-Formation dient als mergelige Komponente. Das Laufen-Member der Balsthal-Formation (ehem. «Humeralis-Kalk») ist stark verkarstet und geklüftet. Stellenweise besteht es aus fast reinem Kalk.

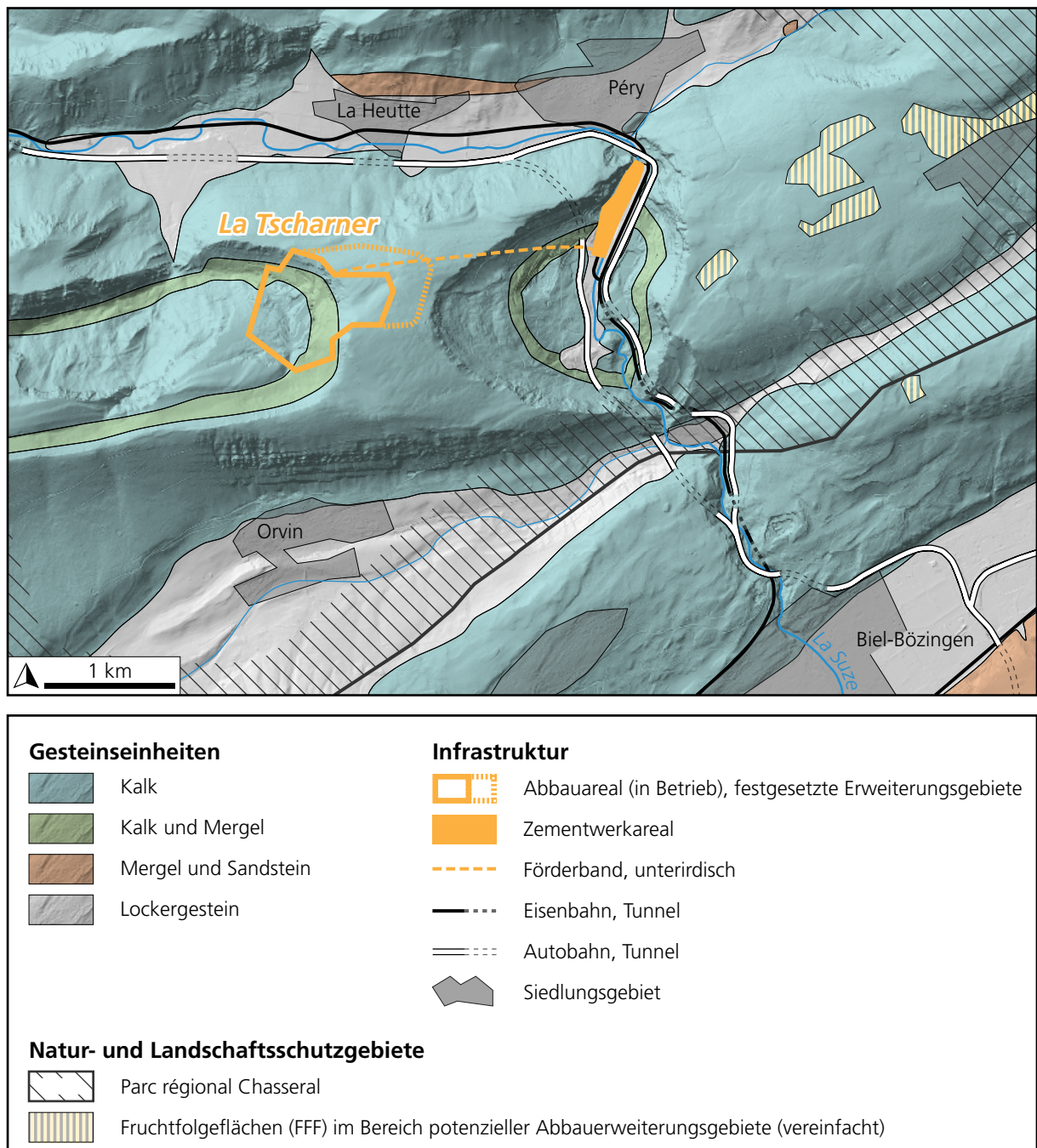


Fig. 31: Standort Péry.

A-4.4 Standort Siggenthal

Nordwestlich von Brugg in Siggenthal liegt das Aargauer Zementwerk der Holcim (Schweiz) AG (Mutterkonzern LafargeHolcim, Schweiz). Es wurde 1912 von der Portland-Cement-Werk Würenlingen-Siggenthal AG (PCW) gegründet und beschäftigt heute rund 120 Mitarbeitende. Die Zementproduktion beträgt über 0,9 Mio. t Zement pro Jahr.

Die benötigten Primärrohstoffe werden im 3,8 km entfernten Steinbruch Gabenchopf im nördlichen Teil des Villiger Geissbergs durch Sprengen gewonnen und via Förderband zum Werk transportiert. Zusätzlich zum Mergel und Kalk aus dem Steinbruch verwertet das Werk kontaminierte Erde sowie gebrannter Schiefer als Sekundärrohstoffe. Das Werk verfügt über einen Bahnanschluss.

Der Abbauperimeter Gabenchopf, welcher 2019 erweitert wurde, liegt innerhalb des BLN-Gebiets Nr. 1108 (Aargauer Tafeljura) sowie im Jurapark Aargau. Das BLN-Gebiet Nr. 1019 (Wasserschloss beim Zusammenfluss von Aare, Reuss und Limmat) liegt etwas südlich des Zementwerks.

Das Werk verfügt über ein eigenes Fernwärmenetz, mit welchem über 100 Haushalte in Würenlingen mit überschüssiger Wärme beliefert werden. Zudem wird mit der Bremsenergie des Förderbandes Strom produziert.

Rohstoffgeologische Eigenschaften

Der Villiger Geissberg und mit ihm der Steinbruch Gabenchopf sind Teil des Jura Gebirges. Hier werden Gesteine der Wildeggen- und der Villigen-Formation (Jura) gewonnen. Die Wildeggen-Formation ist unterteilbar in einen unteren mergeligen Abschnitt – das Effingen-Member – und einen oberen kalkigen Abschnitt – die Gerstenhübel-Bank. Das Effingen-Member besteht aus einer Wechsellagerung von Mergel und Kalkmergel. Die Gerstenhübel-Bank beinhaltet mehr oder weniger mergeligen Kalk mit Mergelzwischenlagen. Der Kalk der darüber liegenden Villigen-Formation ist gebankt, grau bis beige gefärbt und führt im unteren Teil organisches Material. Es kommen Abschnitte mit dünnen Zwischenlagen von Kalkmergel und Mergel vor. Im Steinbruch werden im unteren Teil die mergeligen Lagen und im oberen Bereich die kalkigen als Zementrohstoffe gewonnen.

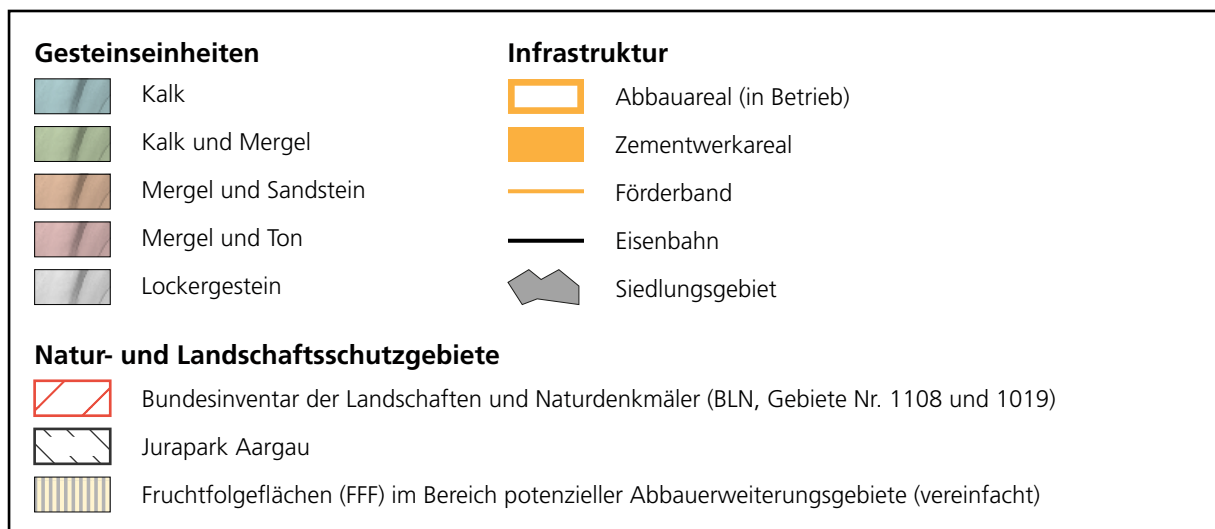
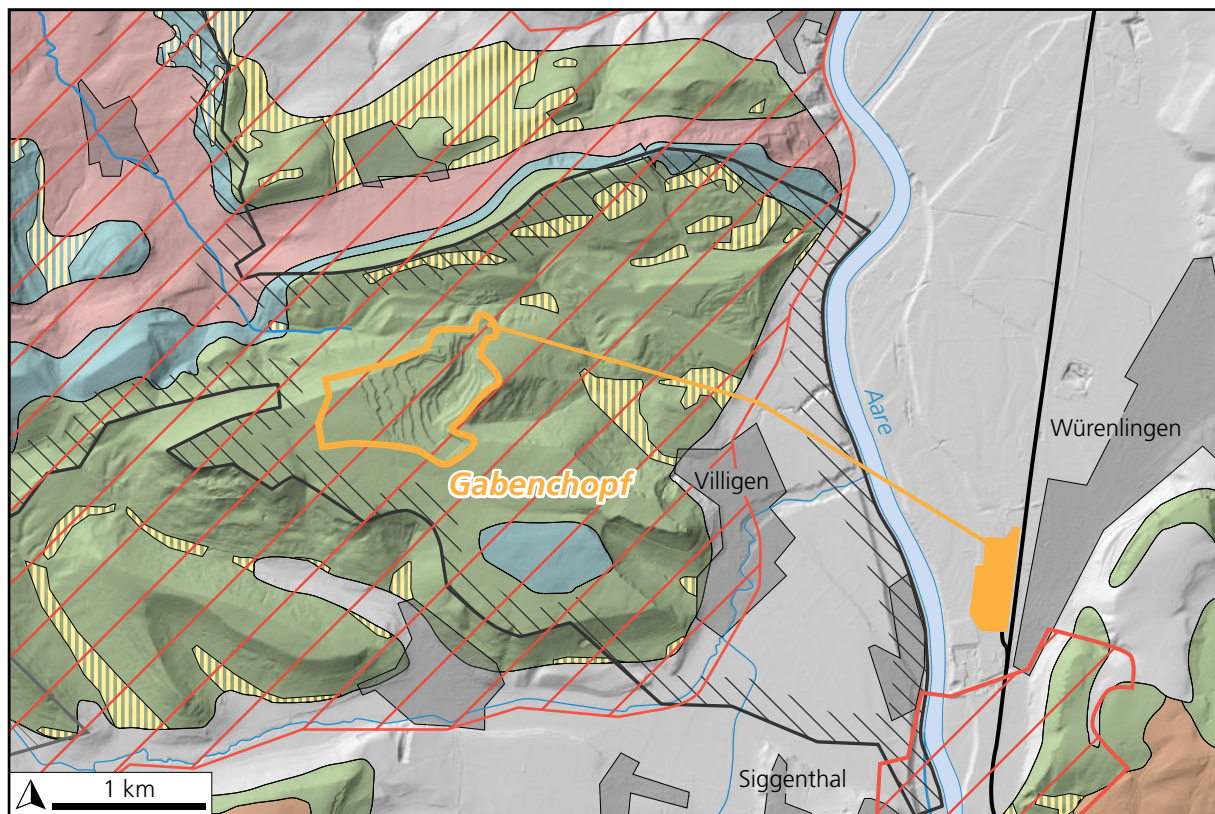


Fig. 32: Standort Siggenthal.

A-4.5 Standort Untervaz

Das Zementwerk in Untervaz am Fuss der Calandakette im Kanton Graubünden liegt etwa 6 km nördlich von Chur am linken Rheinufer und besteht seit 1957. Im Werk der Holcim (Schweiz) AG (Mutterkonzern LafargeHolcim, Schweiz) sind rund 120 Mitarbeitende beschäftigt. Das Zementwerk produziert jährlich etwa 0,8 Mio. t Zement und verfügt über zwei Öfen, von welchen einer zurzeit nicht in Betrieb ist. Ein werkseigener Bahnanschluss und der Zugang zur nahegelegenen Autobahn stellen den Transport der Produkte sicher.

Mergel und Ton stammen aus den zusammengeschlossenen Steinbrüchen Grosse Fenza und Kleine Fenza, die westlich an das Werk angrenzen. 1 km südlich des Werks liegt der Steinbruch Haselboden, wo der benötigte reine Kalk gewonnen wird. Die Gesteine werden mit unterirdischen Förderbändern zum Werk transportiert. Als Sekundärrohstoffe werden gebrannter Schiefer und kontaminierte Erde verwendet.

Das Zementwerk verfügt über eine moderne Kraftwerksanlage, mit welcher überschüssige Wärme in Elektrizität umgewandelt und somit die Energieeffizienz des Werks erhöht wird (Waste-Heat-Recovery) [37].

Rohstoffgeologische Eigenschaften

In den Steinbrüchen des Zementwerks in Untervaz werden Gesteine der Schrattenkalk-, der Garschella- und der Seewen-Formation (Kreide) gewonnen. Die Gesteine sind stark verschiefert, so dass in dieser Region eine Unterteilung in die einzelnen Formationen nur bedingt möglich ist. Der im Steinbruch Haselboden gewonnene helle Kalk gehört der Schrattenkalk-Formation an. In den Steinbrüchen Grosse und Kleine Fenza werden Kalkmergel, Mergel und aluminiumhaltiger schiefriger Ton gewonnen. Alle hier vorkommenden Formationen enthalten Pyrit. Der dunkle, quarzreiche Sandstein der Garschella-Formation (ehem. «Gault») wird für die Zementproduktion nur in kleineren Mengen verwendet. Ein Grossteil muss aus Gründen der Zugänglichkeit abgebaut und umgelagert werden.

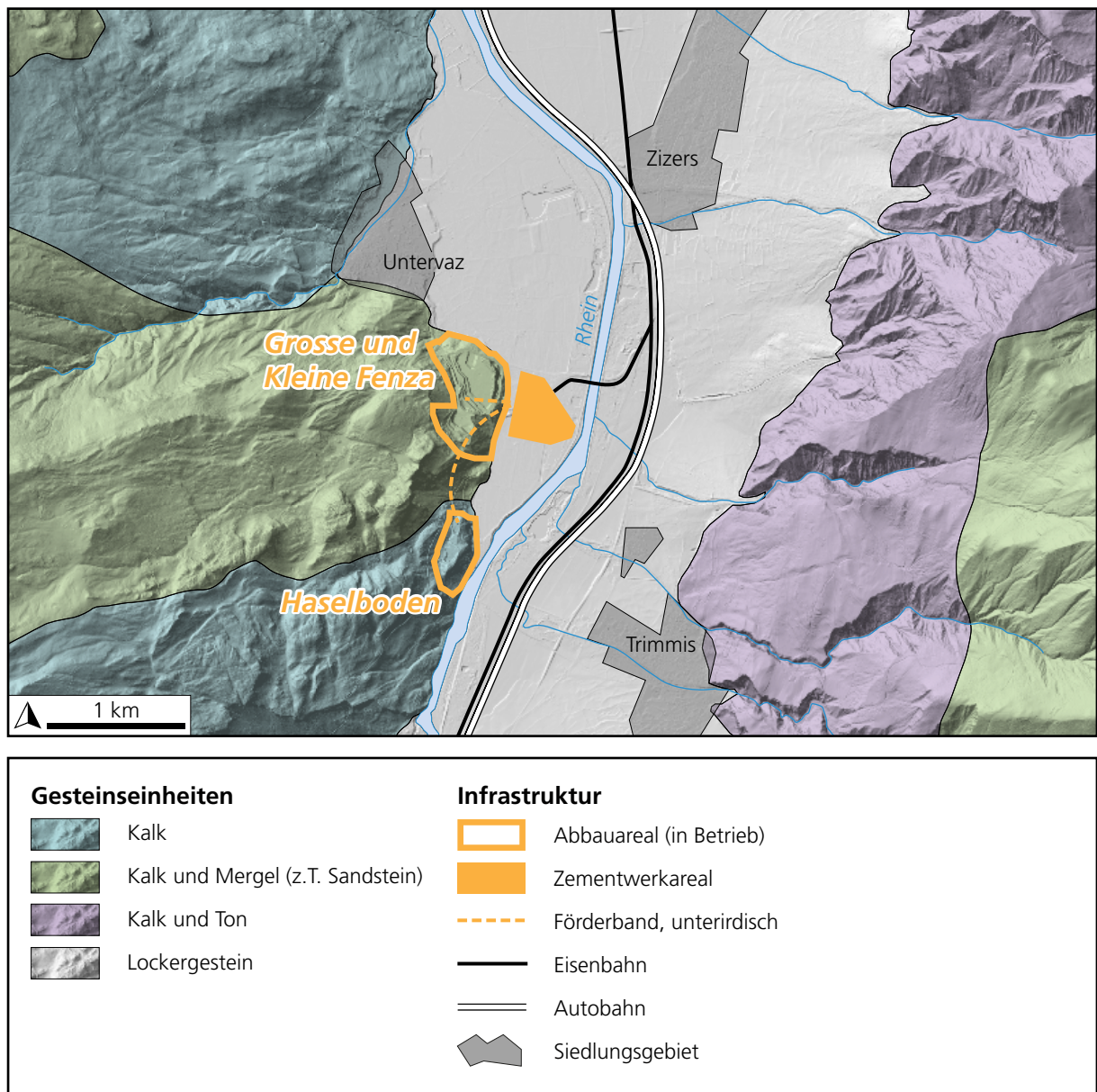


Fig. 33: Standort Untervaz.

A-4.6 Standort Wildegg

In Wildegg im Kanton Aargau beschäftigt die Jura-Cement-Fabriken AG (JURA Materials des Mutterkonzerns CRH, Irland) rund 145 Mitarbeitende. Das etwa 8 km östlich von Aarau liegende Zementwerk wurde 1891 gegründet. Die Zementproduktion beträgt rund 0,8 Mio. t pro Jahr. Ein werkseigener Bahnanschluss stellt den Transport der Produkte sicher.

Im Steinbruch Jakobsberg-Egg werden die zur Zementproduktion benötigten Rohstoffe durch Sprengen und Rippeln gewonnen und via Förderbänder zum Werk transportiert. Der Steinbruch Oberegg wird zurzeit nicht betrieben. Die Auffüllung desselbigen zur Rekultivierung erfolgt per Förderband. Ergänzt werden die werkseigenen Rohstoffe mit Kalk aus einem externen Steinbruch, mit Material aus Grossbaustellen sowie leicht kontaminierter Erde als Zugabe zum Mergel.

Die Abbauperimeter grenzen zum Teil an das BLN-Gebiet Nr. 1017 (Aargauer und östlicher Solothurner Faltenjura) und liegen innerhalb des Juraparks Aargau. Einige Fruchtfolgeflächen tangieren oder überlagern die in Betrieb stehenden sowie die geplanten Abbauperimeter. Für die im Richtplan festgesetzten Erweiterungsperimeter wurde anfangs 2020 die Teilnutzungsplanänderung für die Erweiterung des Abbauperimeters von der lokalen Bevölkerung angenommen. Zurzeit liegt für die Erweiterung keine Abbaubewilligung vor.

Das Werk versorgt 30 Liegenschaften in Wildegg mit überschüssiger Wärme.

Rohstoffgeologische Eigenschaften

Die Abbaustellen des Zementwerks in Wildegg liegen in der Südflanke einer Antiklinale einer südlichen Kette des Juras. Die hier gewonnenen Gesteinseinheiten des Haupttrogensteins und der Wildegg-Formation fallen flach gegen Südosten ein. Im nördlichen Bereich des Steinbruchs Jakobsberg-Egg – sowie ehemals im Steinbruch Oberegg – werden hauptsächlich Gesteine des Haupttrogensteins gewonnen, einer Formation aus dunkelgrauem bis bräunlichem Kalk und zum Teil dunklen Mergeleinschaltungen. Die darüber liegende Wildegg-Formation ist in dieser Region unterteilbar in das Birmenstorf-Member, das Effingen-Member – beides Wechsellagerungen von Mergel und Kalkmergel, zum Teil Pyrit führend – und die kalkreiche Gerstenhübel-Bank. Alle gewonnenen Gesteine können – in entsprechender Mischung – als Zementrohstoffe verwendet werden. In der Überdeckung der Wildegg-Formation findet sich zum Teil verschwemmtes Moränenmaterial, das auch zur Rohmischung zugemischt werden kann.

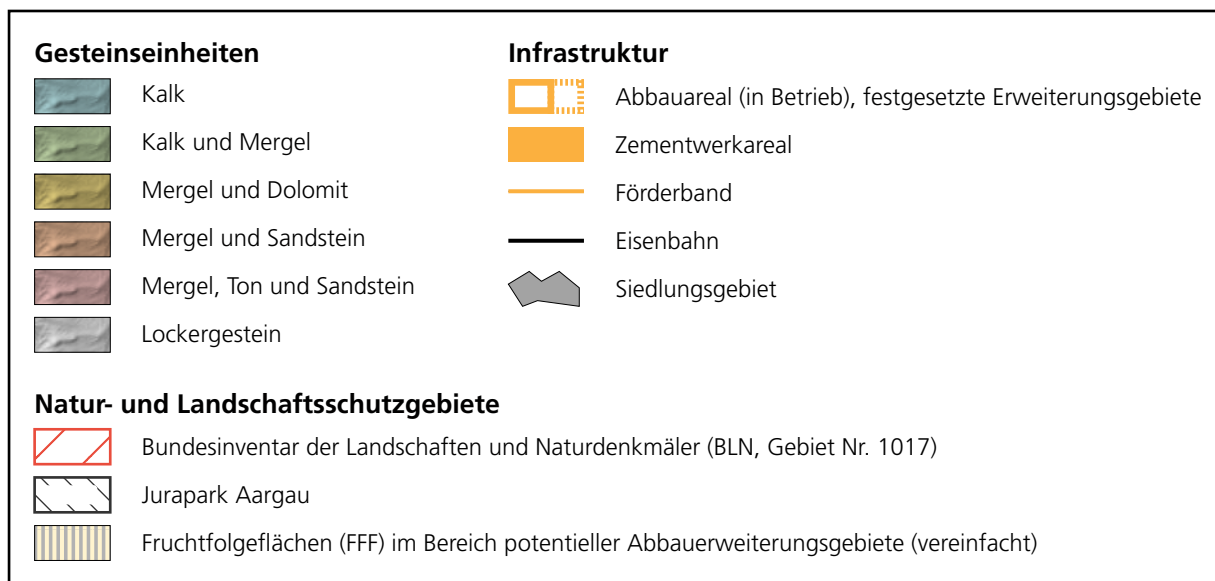
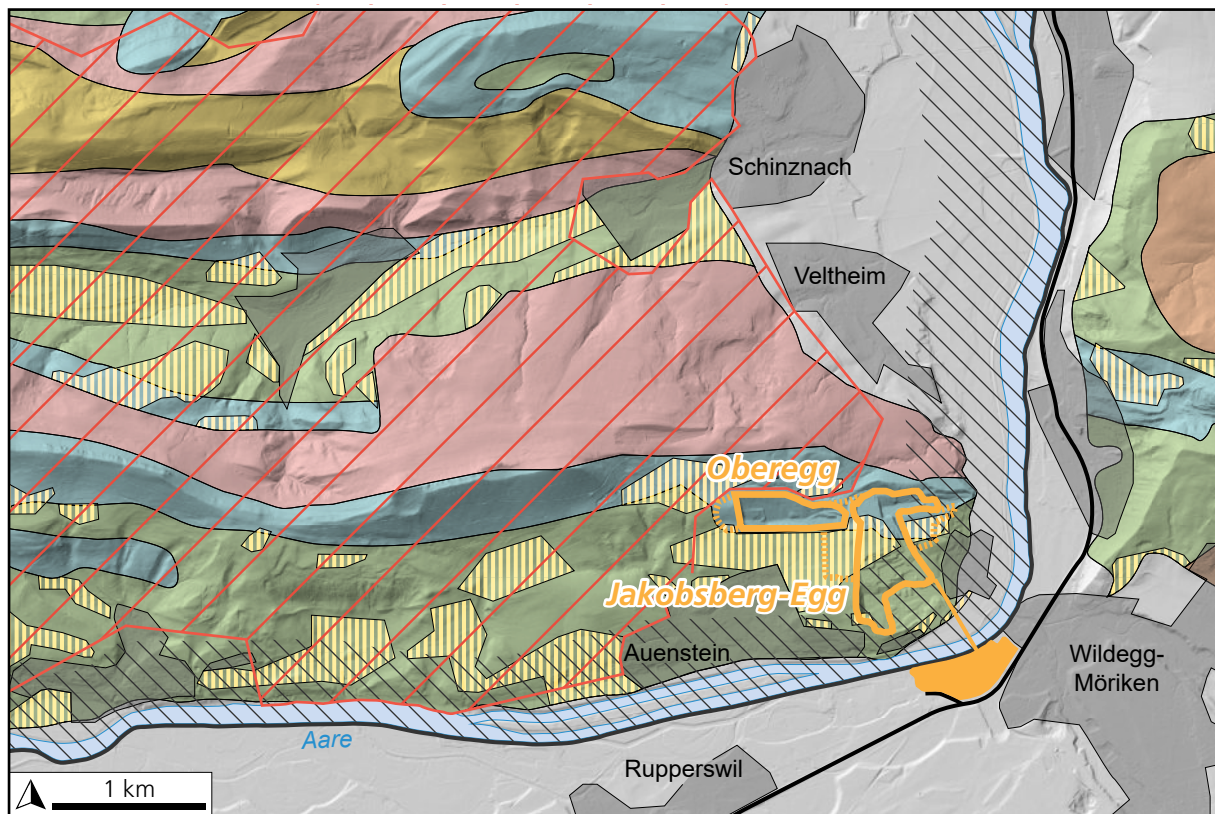


Fig. 34: Standort Wildeggen.