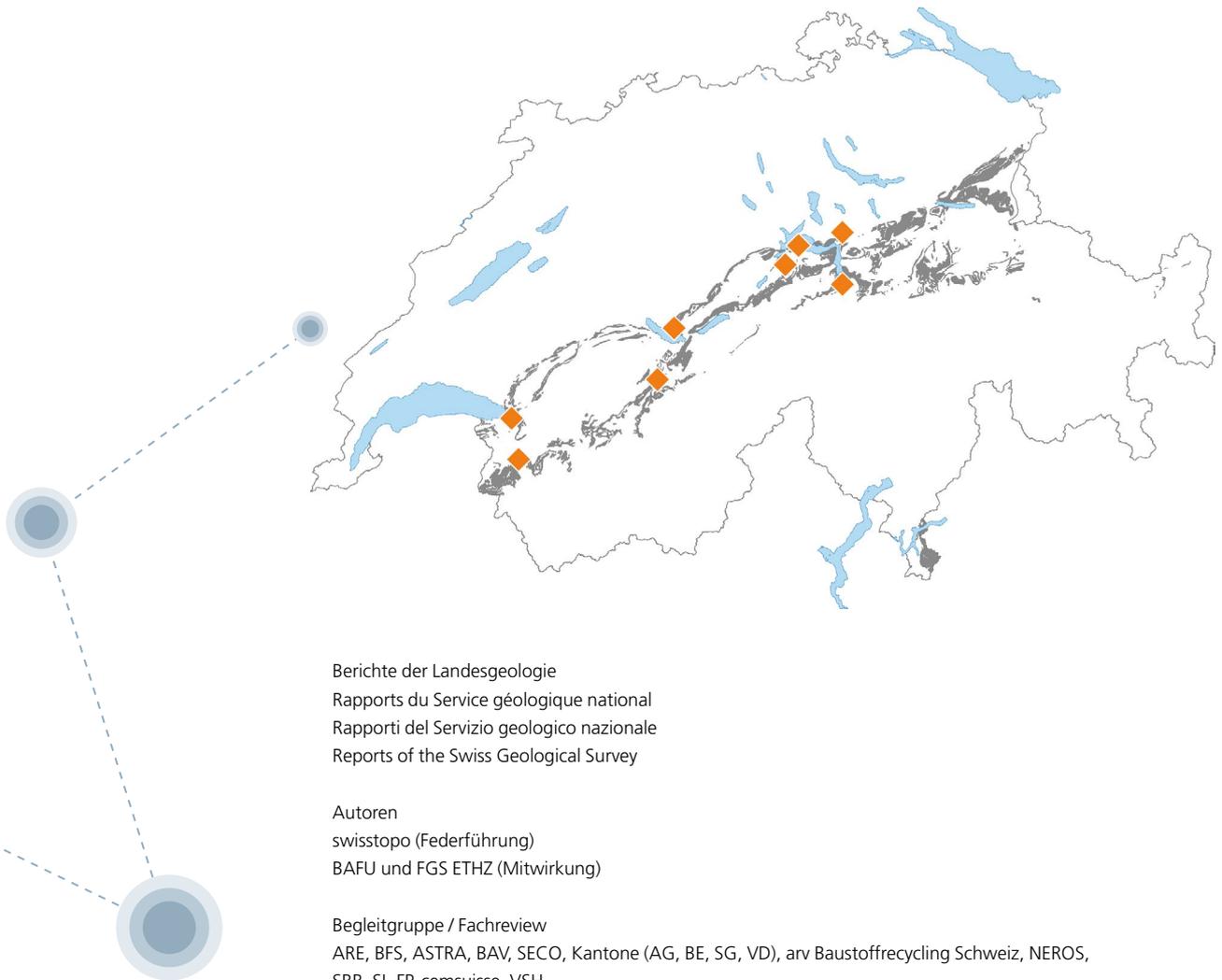


Hartstein – Bedarf und Versorgungssituation in der Schweiz



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

Autoren
swisstopo (Federführung)
BAFU und FGS ETHZ (Mitwirkung)

Begleitgruppe / Fachreview
ARE, BFS, ASTRA, BAV, SECO, Kantone (AG, BE, SG, VD), arv Baustoffrecycling Schweiz, 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)
Fachgruppe Georessourcen Schweiz (FGS), ETH Zürich (Mitwirkung)

Begleitgruppe

Bundesamt für Raumentwicklung (ARE)
Bundesamt für Statistik (BFS)
Bundesamt für Strassen (ASTRA)
Bundesamt für Verkehr (BAV)
Staatssekretariat für Wirtschaft (SECO)
Kanton Aargau
Kanton Bern
Kanton St. Gallen
Kanton Waadt
arv Baustoffrecycling Schweiz
Netzwerk Mineralische Rohstoffe Schweiz (NEROS)
Schweizerische Bundesbahnen (SBB)
Stiftung Landschaftsschutz Schweiz (SL-FP)
Verband der Schweizerischen Cementindustrie (cemsuisse)
Verband schweizerischer Hartsteinbrüche (VSH)

Keywords

Mineralische Rohstoffe, Hartstein, Stand der Versorgung

Empfehlung für die Angabe in einem Literaturverzeichnis

swisstopo (2021): Hartstein – Bedarf und Versorgungssituation in der Schweiz. – Ber. Landesgeol. 18 DE (nur als pdf).

Titelbild

Standorte der wichtigsten Hartsteinwerke (orange Symbole) und generalisierte Lage der Vorkommen von Hartstein (graue Flächen). Quellen: swisstopo, FGS.

Copyright

© swisstopo, CH-3084 Wabern, 2021

Erhältlich im pdf-Format auf www.swisstopo.ch

Für den Bau und Unterhalt von wichtigen Verkehrswegen spielt der Rohstoff Hartstein eine zentrale Rolle.

Kieselkalk und Flyschsandstein, die beiden wichtigsten Gesteine für die Herstellung von Gleisschotter und Hartsplitt, sind in der Schweiz zwar reichlich vorhanden, die raumplanerische Sicherung von Abbaugebieten ist jedoch aufgrund vielfältiger Ansprüche erschwert.

Der vorliegende Bericht zeigt, wo Hartstein abgebaut und verarbeitet wird, wie der aktuelle Stand der Versorgung der Schweiz mit Hartstein ist und wie sich der Bedarf entwickeln könnte.



Hartstein – 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 und FGS ETHZ (Mitwirkung)

Begleitgruppe / Fachreview
ARE, BFS, ASTRA, BAV, SECO, Kantone (AG, BE, SG, VD), arv Baustoffrecycling Schweiz, NEROS,
SBB, SL-FP, cemsuisse, VSH



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Landestopografie swisstopo
www.swisstopo.ch

Executive Summary – Zusammenfassung

Hartstein ist die Hauptkomponente des Oberbaus eines grossen Anteils des schweizerischen Schienennetzes (Gleisschotter) sowie von Hochleistungs- und Hauptverkehrsstrassen (Hartsplitt). Die Schweiz verfügt aus geologischer Sicht über grosse Vorkommen an geeigneten Rohstoffen für die Hartsteinproduktion. Diese werden heute in der Schweiz im Tagebau gewonnen. Ein Teil der benötigten primären Hartsteinmengen lässt sich durch den Einsatz von Hartstein aus Recycling (RC) substituieren.

Der nationale Gesamtverbrauch an primären Hartsteinprodukten lag in den Jahren 2016–2019 bei rund 2,41 Mio. t pro Jahr. Davon entfiel rund die Hälfte auf den Gleisbau (755 000 t Gleisschotter) und auf den Strassenbau (500 000 t Hartsplitt für Deckschichten). Zur Deckung der Nachfrage lieferte die schweizerische Hartsteinindustrie jährlich rund 2,15 Mio. t Hartsteinprodukte. Schätzungsweise rund 260 000 t wurden importiert (vor allem Gleisschotter). Export von Hartstein fand nicht statt.

In der Prognose für den Zeitraum zwischen 2025 und 2035 wird für den Unterhalt und die Erneuerung von Gleisfahrbahnen von einem Bedarf von jährlich knapp 1,2 Mio. t Gleisschotter ausgegangen. Unter der Annahme, dass der Anteil von auf der Gleisbaustelle aufbereitetem RC-Gleisschotter gleich gross bleibt (rund 30% des gesamten Gleisschotterbedarfs), beträgt der prognostizierte Bedarf an primärem Gleisschotter 780 000 t pro Jahr. Für die Deckschichten von Hochleistungs- und Hauptverkehrsstrassen sind weiterhin jährlich rund 500 000 t Hartsplitt erforderlich. Der Gleisschotter ist aufgrund der hohen normativen Qualitätsanforderungen heute das massgebende Hartsteinprodukt. Die anderen Bedürfnisse können verfahrenstechnisch aus den bei der Schotterproduktion anfallenden Gesteinskörnungen abgedeckt werden.

Eine stabile Versorgung mit Gleisschotter und Hartsplitt wird in erster Linie durch einen langfristig gesicherten Zugang zu den qualitativ geeigneten Hartsteinvorkommen gewährleistet. Bei einigen Hartsteinwerken ist dieser Zugang derzeit teilweise aufgrund geltender gesetzlicher Bestimmungen nicht oder nur eingeschränkt möglich. Zudem führen beantragte Rohstoffabbauerweiterungsprojekte oftmals zu Widerständen.

Der vorliegende Bericht lässt die Schlussfolgerung zu, dass ohne neue Bewilligungen an den von den Hartsteinwerken beantragten Abbauerweiterungsgebieten und sofern sich der Recyclinganteil oder die Gesamtproduktion in den nächsten Jahren nicht weiter erhöht, die Deckung des nationalen Bedarfs durch die schweizerische Produktion ab 2023 für Gleisschotter auf 66% (2018: 74%) und für Hartsplitt auf 92% (2018: 100%) sinken würde. Momentan befinden sich drei Erweiterungsprojekte im Bewilligungsverfahren. Mit einer Bewilligung der betreffenden Projekte könnte der nationale Bedarf an Gleisschotter bis 2030 zu rund 92% und derjenige an Hartsplitt vollständig durch die inländische Produktion abgedeckt werden. Inwiefern sich das Recycling, insbesondere von Gleisschotter, weiterentwickeln lässt, ist Bestandteil laufender Untersuchungen und wird in einer Aktualisierung des vorliegenden Rohstoffsicherungsberichts aufgegriffen.

Soll die dauerhafte Versorgung mit inländischem Hartstein für den Bau und Unterhalt von Verkehrsinfrastrukturen sichergestellt werden, wie dies der Sachplan Verkehr, Teil Programm «Mobilität und Raum 2050» festhält, so ist die Planung und Bewilligung von Erweiterungsprojekten oder von neuen Abbaugebieten ein notwendiger Schritt. Vorlaufzeiten für eine Abbaubewilligung, vom Richtplanverfahren bis zum Abbaubeginn, können mehr als zehn Jahre beanspruchen. Dies bedingt eine frühzeitige Planung und Koordination seitens Behörden und Industrie.

Inhaltsverzeichnis

Executive Summary – Zusammenfassung	5
1 Einleitung	9
1.1 Ausgangslage und Ziele	9
1.2 Aufbau des Berichtes	10
2 Begriffliche Festlegung	11
2.1 Vorkommen, Ressourcen und Reserven	11
2.2 Fachtechnische Begriffe	12
2.3 Normen und Regelwerke	12
3 Hartstein in der Schweiz	13
3.1 Der Rohstoff Hartstein als Komponente einer leistungsfähigen Verkehrsinfrastruktur	13
3.2 Herstellung und Anwendung von Hartsteinprodukten	16
3.3 Hartsteinprodukte aus Recycling	21
3.4 Produktionsstandorte von primärem Hartstein	24
3.5 Inländische Produktion, Import und Export	26
4 Prognose des Hartsteinbedarfs bis 2035	28
5 Die nationale Versorgung mit inländischem Hartstein	31
5.1 Charakterisierung, Lokalisierung und Qualifizierung von Hartsteinvorkommen	31
5.2 Die Sicherung der Versorgung mit Hartstein im Rückblick	32
5.3 Aktueller Stand der Versorgung mit primärem Hartstein	34
6 Herausforderungen für die Hartsteinversorgung	37
6.1 Raumplanerische Sicherung von Abbauvorhaben	38
6.2 Auswirkungen auf Landschaft und Biodiversität	40
6.3 Hartsteinabbau unter Tage: Potenziale und Grenzen	42
6.4 Potenziale und Grenzen zur Schonung der Primärrohstoffe	43
7 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	46
8 Referenzen	49
9 Verwendete Begriffe	52
10 Abkürzungen	54

11	Anhang	55
A-1	Grundlagen und Methodik zur Bedarfsprognose	55
A-1.1	Berechnungsbasis für den Bedarf an Gleisschotter für den Bahnbau	56
A-1.2	Berechnungsbasis für den Bedarf an Hartsplitt für den Strassenbau	56
A-2	Die schweizerischen Hartsteinwerke	57
A-2.1	FAMSA	57
A-2.2	Arvel	59
A-2.3	Blausee-Mitholz	61
A-2.4	Balmholz	63
A-2.5	Rotzloch	65
A-2.6	Kehrsiten	65
A-2.7	Zingel	67
A-2.8	Gasperini	69
A-3	Ausgewählte, im Text erwähnte Normen und Regelwerke	71

1. Einleitung

1.1 Ausgangslage und Ziele

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.

Der Rohstoff Hartstein ist für die Funktionsfähigkeit von Hochleistungs- und Hauptverkehrsstrassen sowie eines grossen Anteils des schweizerischen Schienennetzes eine bedeutsame Komponente. Wie bei vielen anderen mineralischen Rohstoffen, die für unsere Gesellschaft von grossem Nutzen sind, hat auch die Gewinnung von Hartstein Auswirkungen auf Raum, Umwelt und Bevölkerung. Abbaugelände sind oftmals mit unterschiedlichen Schutzinteressen oder Nutzungskonflikten konfrontiert, welche die langfristige Versorgung der Schweiz mit inländischem Hartstein erschweren können.

In den letzten Jahrzehnten kam es in der Schweiz zu Engpässen bei der Versorgung mit Hartstein. Ein wichtiger Schritt zu einer langfristigen Sicherung der Hartsteinversorgung wurde mit der Anpassung des Sachplans Verkehr 2008 und den darin enthaltenen Grundsätzen unternommen [3]. Die Anpassung wurde durch das Urteil des Bundesgerichts vom 13.3.2007 zum Hartsteinbruch Arvel (VD) [4] ausgelöst. Im Sachplan Verkehr 2008 ist das nationale Interesse eines Abbaustandorts unter anderem durch den Anteil der jährlichen Produktion von Gleisschotter der Klasse I am schweizerischen Bedarf definiert (s.a. Kap. 6.1). Dieser Ansatz wird im 2021 aktualisierten Sachplan Verkehr, Teil Programm «Mobilität und Raum 2050» weiterverfolgt [5].

Der vorliegende Rohstoffsicherungsbericht «Hartstein» hat zum Ziel, den zukünftigen Bedarf an Hartsteinprodukten, welche für die schweizerische Verkehrsinfrastruktur wichtig sind, zu ermitteln und den aktuellen Stand der Versorgung aus nationaler Perspektive zu erfassen und zu bewerten. Diese Grundlagen unterstützen die im Sachplan Verkehr, Teil Programm «Mobilität und Raum 2050» festgelegten Entwicklungsstrategien und Handlungsgrundsätze. Der Bericht richtet sich insbesondere an Entscheidungstragende und Planende auf kantonaler und kommunaler Ebene sowie aus der Wirtschaft und soll diese bei der Erarbeitung von interkantonalen Lösungen zur Sicherung der nationalen Hartsteinversorgung unterstützen.

Der Bericht entstand unter der Federführung der Landesgeologie von swisstopo in enger Zusammenarbeit mit dem BAFU und der Fachgruppe Georesourcen Schweiz der ETH Zürich (FGS) sowie einer Begleitgruppe, bestehend aus Bundesämtern (ARE, ASTRA, BAV, BFS, SECO), Kantonsvertreterinnen und -vertretern (AG, BE, SG, VD), Industrieverbänden (VSH, cemsuisse, arv), den SBB, der Stiftung Landschaftsschutz Schweiz (SL-FP) und dem Netzwerk Mineralische Rohstoffe Schweiz (NEROS).

1.2 Aufbau des Berichtes

Nach der Einleitung in Kapitel 1 werden in Kapitel 2 des vorliegenden Berichts grundlegende Begriffe erklärt. Kapitel 3 gibt eine Übersicht über Nutzen, Anwendungsbereiche, Herstellung und Produktionsstandorte von Hartsteinprodukten und beziffert die inländische Produktion sowie Import und Export. Dabei liegt der Fokus auf Produktionsstandorten, an welchen die verkehrsinfrastruktur-kritischen Hartsteinprodukte (insb. Gleisschotter von höchster Qualität (Klasse I)) hergestellt werden. Produktionsstandorte, an welchen Gleisschotter der Klasse II hergestellt wird, werden in Kapitel 3.4 aufgeführt, aber im vorliegenden Bericht nicht weiter vertieft. In Kapitel 4 wird eine Prognose für die Entwicklung des zukünftigen Bedarfs an den Hartsteinprodukten Gleisschotter und Hartsplitt aufgestellt und in Kapitel 5 die Verfügbarkeit des Rohstoffs in der Schweiz aufgezeigt. Kapitel 6 thematisiert die Herausforderungen, welche sich beim Abbau von Hartstein sowie bei der Herstellung von Hartsteinprodukten ergeben. Kapitel 7 liefert eine Zusammenfassung des Berichts sowie Schlussfolgerungen auf die dargestellte Sachlage.

2. Begriffliche Festlegung

2.1 Vorkommen, Ressourcen und Reserven

In diesem Bericht (insb. in Kap. 5.3) werden die bergbautechnischen und rohstoffgeologischen Begriffe «Vorkommen», «Ressourcen» und «Reserven» angewendet. Die Definitionen dieser Begriffe sind weder in den Kantonen noch innerhalb der Industrie einheitlich festgelegt. Die in diesem Bericht verwendeten Definitionen lehnen sich an die in der internationalen Bergbaupraxis definierten und anerkannten Definitionen an (z.B. aus PERC¹ [6]). Die Begriffe «Vorkommen», «Reserve» und «Resource» sind nachfolgend vereinfacht erklärt:

*Ein **Vorkommen** ist eine natürliche Konzentration von mineralischen oder sonstigen Rohstoffen von potenziellem 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: Der Verlauf oder die nutzbare Mächtigkeit bzw. Rohstoffeignung einer Hartsteinschicht ist (noch) nicht nachgewiesen. Eine Hartsteinschicht kann sich auch in einer Grundwasserschutzzone, in einem touristischen Gebiet oder auf 3000 m ü. M. befinden.

*Eine **Ressource** ist ein Rohstoffvorkommen mit einem hohen wirtschaftlichen Potenzial, dessen rohstoffgeologische Eigenschaften ausreichend bekannt sind, bei dem jedoch der rechtliche Zugang und/oder die wirtschaftliche und technische Abbaubarkeit nicht endgültig geklärt oder geprüft sind (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 Hartsteinwerks. 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 Hartsteinwerks. Alle behörden- und grundeigentümergebundenen Dokumente für den geplanten Abbau (oder die Erweiterung eines existierenden Abbauperimeters) sind vorhanden (Richtplan-, Nutzungsplan- und Baubewilligungsverfahren sind abgeschlossen).

¹ Pan-European Reserves and Resources Reporting Committee.

2.2 Fachtechnische Begriffe

Die in diesem Bericht verwendeten fachtechnischen Begriffe sind in Kapitel 9 erklärt.

2.3 Normen und Regelwerke

Eine Liste von ausgewählten Normen und Regelwerken, auf welche in diesem Bericht verwiesen wird, sind im Anhang A-3 zu finden.

3. Hartstein in der Schweiz

3.1 Der Rohstoff Hartstein als Komponente einer leistungsfähigen Verkehrsinfrastruktur

Als Hartstein wird ein mineralischer Rohstoff bezeichnet, der sich u. a. durch eine sehr hohe Druck- und Abriebfestigkeit auszeichnet und einen hohen Anteil an harten Mineralen (insb. Quarz) aufweist. Eine Übersicht der in der Schweiz vorkommenden bekannten Gesteinseinheiten, welche diese Anforderungen erfüllen und somit für die Hartsteinproduktion genutzt werden können, befindet sich in Kapitel 5.1.

Die spezifischen Eigenschaften von Hartstein sind für die Funktionsfähigkeit eines wichtigen Teils der schweizerischen Verkehrsinfrastruktur zentral. Hartstein ist, entsprechend geltender Normen und der langjährigen Erfahrung in der Bauindustrie, die Hauptkomponente des Oberbaus von Hochleistungs- und Hauptverkehrsstrassen sowie eines grossen Anteils des schweizerischen Schienennetzes (s. Kap. 3.2). Die Normen des Schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS, s. Anhang A-3) sehen für die genannten Verkehrswege den Einsatz eines mineralischen Baustoffs vor, welcher die Belastung des Verkehrs langfristig tragen kann bzw. extrem widerstandsfähig und griffig ist.

Die schweizerische Verkehrsinfrastruktur gehört zu den dichtesten in ganz Europa. Das Infrastrukturnetz beansprucht mehr als 2% der gesamten Landesfläche und konzentriert sich – aufgrund der Morphologie des Landes – im Wesentlichen auf das Mittelland und die Alpenhaupttäler. Auf der West-Ost-Achse durch das Mittelland und auf den beiden Nord-Süd-Achsen Basel–Gotthard–Tessin und Basel–Lötschberg–Simplon sind die dichtesten Verkehrsströme zu verzeichnen (Fig. 1) [7].

Von den rund 83 300 km Gesamtlänge des Strassennetzes sind knapp ein Viertel National- und Kantonsstrassen [8, 9], welche unter die vom VSS definierten Kategorien der Hochleistungs- und Hauptverkehrsstrassen fallen [10].² Die Nationalstrassen haben eine (inter-)nationale sowie zwischenörtliche Bedeutung und machen im Vergleich zu den anderen Strassen streckenmässig einen geringen Anteil aus (Fig. 2), tragen aber rund 40% des schweizerischen Verkehrs [11]. Aufgrund ihrer Wichtigkeit für die Verteilung des Verkehrs und der damit einhergehenden Belastung, bedürfen die National- und Kantonsstrassen ein standfestes und langlebiges Bauprofil aus besonders harten Gesteinskörnungen.

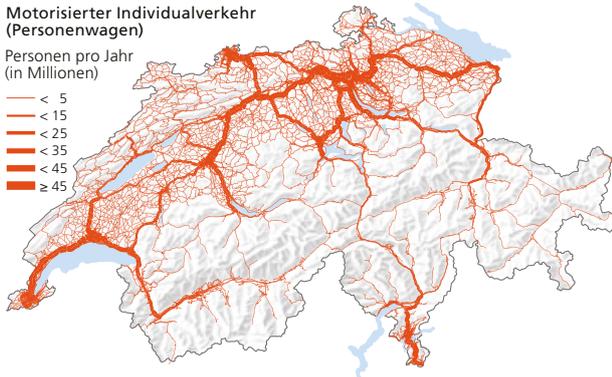
Gemäss dem Geobasisdatensatz «Schienennetz» [12] umfasst die Gesamtlänge des schweizerischen Schienennetzes rund 5400 km (Stand Ende 2017). Rund zwei Drittel davon werden durch die SBB betrieben, ein Drittel ist unter den anderen mehr als vierzig Bahnunternehmen aufgeteilt. Ein grosser Anteil des gesamten schweizerischen Schienennetzes hat (inter-)nationale sowie zwischenörtliche Bedeutung. Die Leistungsfähigkeit dieser Strecken mit hoher Beanspruchung ist u. a. von einem sicheren und belastungsfähigen Fundament aus besonders hartem Gleisschotter (Gleisschotter der Klasse I, s. Kap. 3.2) abhängig.

² S. a. Norm VSS 40 040B (s. Anhang A-3).

Personenverkehr

Motorisierter Individualverkehr (Personenwagen)

Personen pro Jahr
(in Millionen)



Güterverkehr

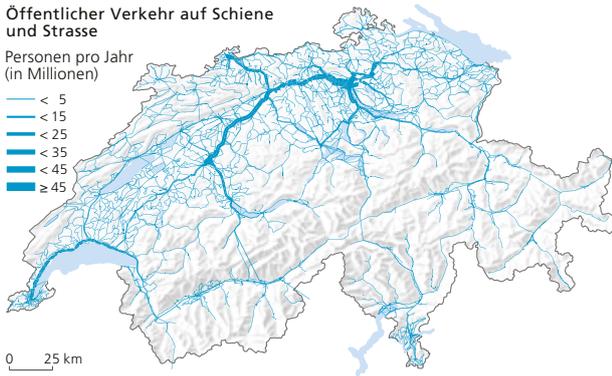
Strasse

Tonnen pro Jahr
(in Millionen)



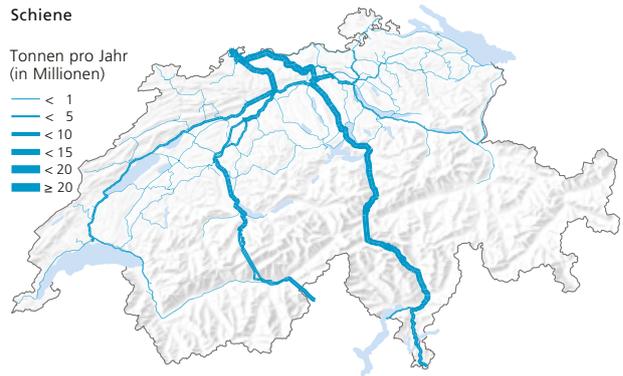
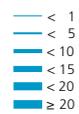
Öffentlicher Verkehr auf Schiene und Strasse

Personen pro Jahr
(in Millionen)



Schiene

Tonnen pro Jahr
(in Millionen)



0 25 km

Fig. 1: Verkehrsströme von 2015 im Personenverkehr (motorisierter Individualverkehr und öffentlicher Verkehr) und im Güterverkehr (Strasse und Schiene). Die Verkehrsströme konzentrieren sich im Allgemeinen auf die West-Ost-Achse durch das Mittelland und auf die beiden Nord-Süd-Achsen Basel-Gotthard-Tessin und Basel-Lötschberg-Simplon [7].

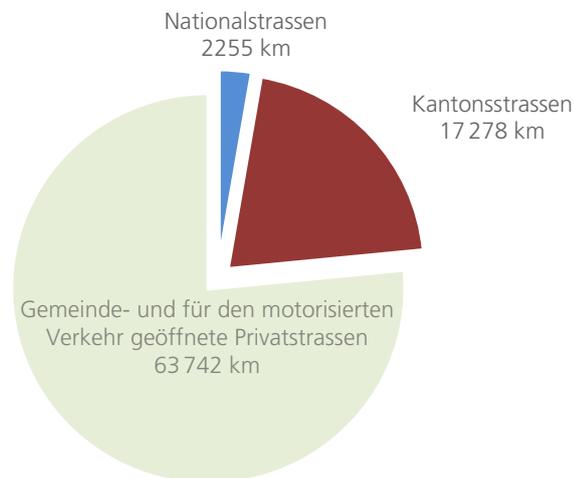


Fig. 2: Unterteilung der Streckenkilometer des schweizerischen Strassennetzes (insgesamt rund 83 300 km) in verschiedene Strassentypen (entspricht der Länge der Strassenachsen, Abschnitte mit baulicher Richtungstrennung zwischen den Fahrbahnen werden nur einmal gezählt). Die National- und Kantonsstrassen fallen unter die Kategorie der Hochleistungs- und Hauptverkehrsstrassen, für welche harte Gesteinskörnungen im Belag gefordert sind. Daten: BFS und ASTRA (Stand 2020).

Wie eine Analyse der Daten aus der Verkehrsstatistik des BFS zeigt, hat die Fahrleistung³ im Personen- und Güterverkehr zwischen 2000 und 2019 stetig zugenommen (Fig. 3) [8, 13, 14]. 2019 wurden Fahrleistungen von insgesamt 69 Mrd. Fahrzeugkilometern und 229 Mio. Zugskilometern erbracht. Das entspricht einer Steigerung von rund 31% im motorisierten Strassenverkehr und rund 33% im Bahnverkehr seit 2000. Diese Steigerung erklärt sich unter anderem durch das Wachstum der Bevölkerung (um rund 19%) und deren Mobilität sowie durch das Wirtschaftswachstum (Steigerung des Bruttoinlandprodukts zu laufenden Preisen um 54%). Verkehrsträgerübergreifende Szenarien des ARE für die Entwicklung des Personen- und Güterverkehrs in der Schweiz prognostizieren eine weitere Zunahme bis 2040 [15]⁴ (s.a. Kap. 4).

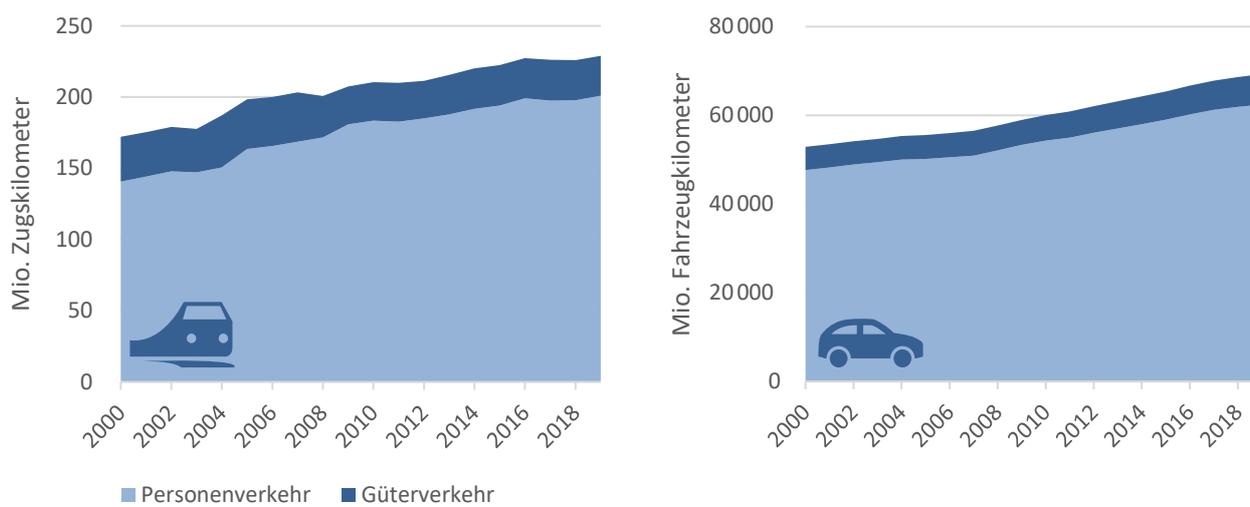


Fig. 3: Entwicklungen der Fahrleistungen im Personen- und Güterverkehr auf der Schiene (links) und auf der Strasse (rechts) von 2000 bis 2019. Ein Zugs- bzw. Fahrzeugkilometer entspricht einem zurückgelegten Kilometer eines Zugs bzw. Fahrzeugs [8, 13, 14].

Mit der Zunahme des Verkehrs auf den schweizerischen Strassen und Schienen steigt der Druck auf das Bauprofil. Um einer schnellen Abnutzung der Infrastruktur entgegenzuwirken, müssen Instandhaltungs- und Erneuerungsarbeiten weiterhin durchgeführt oder sogar intensiviert werden. Heute werden jährlich rund 1000 km Hochleistungs- und Hauptverkehrsstrassen und rund 300 km Bahnstrecke erneuert [16]. Das Parlament hat bis 2030 Investitionen von rund 15 Milliarden Franken für Nationalstrassen [17] und bis 2035 rund 13 Milliarden Franken für die Bahninfrastruktur bewilligt [18]. Um weiterhin die Leistungsfähigkeit dieser Verkehrsinfrastruktur gewährleisten zu können, ist eine gesicherte Versorgung mit dem Rohstoff Hartstein in normkonformer Qualität notwendig. Im 2021 aktualisierten Sachplan Verkehr, Teil Programm «Mobilität und Raum 2050» weist der Bund erneut auf die Bedeutung des Rohstoffs und dessen Versorgungssicherheit für die Verkehrsinfrastruktur hin [7].

3 Die Fahrleistung entspricht der Summe der von Fahrzeugen innerhalb eines Zeitabschnitts zurückgelegten Wegstrecken, gemessen in Fahrzeug- und Zugskilometern.

4 Ende 2021 wurden die aktualisierten Verkehrsperspektiven 2050 veröffentlicht. Diese werden bei einer Aktualisierung des vorliegenden Rohstoffsicherungsberichts einfließen.

3.2 Herstellung und Anwendung von Hartsteinprodukten

Hartstein wird bisher in der Schweiz im Tagebau durch Bohren und Sprengen abgebaut (s. Anhang A-2). Ein Abbau unter Tage findet derzeit nicht statt, allerdings befindet sich für einige Projekte die Verlagerung der Abbauaktivitäten unter Tage in Abklärung (s. Kap. 6.3). Verfahrenstechnisch wird das abgebaute Material durch mehrfaches Brechen zerkleinert und mit Hilfe von Sieben nach Korngrösse in verschiedene Fraktionen sortiert (Fig. 4 u. 5). Durch das Brechen entstehen an den Bruchstücken scharfe Kanten. Bei Bedarf können grosse Blöcke vor dem Brechvorgang aussortiert und für Hochwasserschutzbauten, für Mauern oder für die Steinhauerei verwendet werden.

Gleisschotter – die Brechfraktion mit den grössten Korngrössen (32–50 mm) – wird als erstes Produkt aufbereitet. Der Gleisschotter ist anhand seiner Qualität gemäss Normen und Regelwerken der Bahnindustrie⁵ in zwei Klassen unterteilt – sogenannter Gleisschotter der Klasse I und der Klasse II.⁶ Die Klassen unterscheiden sich grundsätzlich im sogenannten Widerstand gegen Zertrümmerung⁷, welcher für Gleisschotter der Klasse I höher sein muss, und in der Gesteinshärte.⁸ Ob Gleisschotter der Klasse I oder der Klasse II hergestellt wird, hängt hauptsächlich von den geomechanischen Eigenschaften des Ausgangsgesteins ab. Wo die Voraussetzungen dies erlauben, wird Gleisschotter der Klasse I produziert.

Die nächstkleinere produzierte Fraktion ist Hartsplitt (4–32 mm). Hartsplitt, welcher vorwiegend im Strassenbau eingesetzt wird, zeichnet sich durch einen hohen Widerstand gegen Zertrümmerung⁷ und gegen die Polierwirkung⁹ von Fahrzeugreifen aus.¹⁰

Danach werden verschiedene Fraktionen von Brechsand (0,06–6 mm) und Filler als feinste Fraktion (unter 0,06 mm) aufbereitet und aussortiert (Tab. 1 u. Fig. 6). Alle Fraktionen werden getrennt gelagert und per Bahn, LKW oder Schiff versandt.

Je nach geologisch-geotechnischen Eigenschaften des Abbaustandorts können nach heutigem Stand der Abbau- und Aufbereitungstechnik maximal aus einem Drittel der Abbaumenge Gleisschotter, aus einem Drittel Hartsplitt und aus einem Drittel die übrigen Fraktionen produziert werden. Dabei wird primär die Gleisschotterproduktion maximiert. Die Nachfrage nach Gleisschotter ist heute die massgebende Grösse für den Abbau und die Verarbeitung von Hartstein.

5 Norm SN 670 110-NA / EN 13450 und Regelwerk R RTE 21110 (s. Anhang A-3).

6 Früher gab es zusätzlich Gleisschotter der Klasse III. Dieser wird heute nicht mehr produziert.

7 Der Widerstand gegen Zertrümmerung wird mit dem Los-Angeles-Versuch nach der Norm SN 670 903-2C / EN 1097-2 bestimmt (s. Kap. 9).

8 Die Kriterien für die Gesteinshärte und die Eignungskriterien für Gleisschotter der Klasse I und II sind in den Normen VSS 70 115 und SN 670 110-NA definiert (s. Anhang A-3).

9 Der Widerstand gegen die Polierwirkung von Fahrzeugreifen wird im Prüfverfahren nach der Norm SN 670 903-8B / EN 1097-8 bestimmt und mit dem Polierwert PSV angegeben (s. Kap. 9).

10 Die Eignungskriterien für Strassensplitt sind in den Normen SN 670 103B-NA / EN 13043 und VSS 70 115 definiert (s. Anhang A-3).

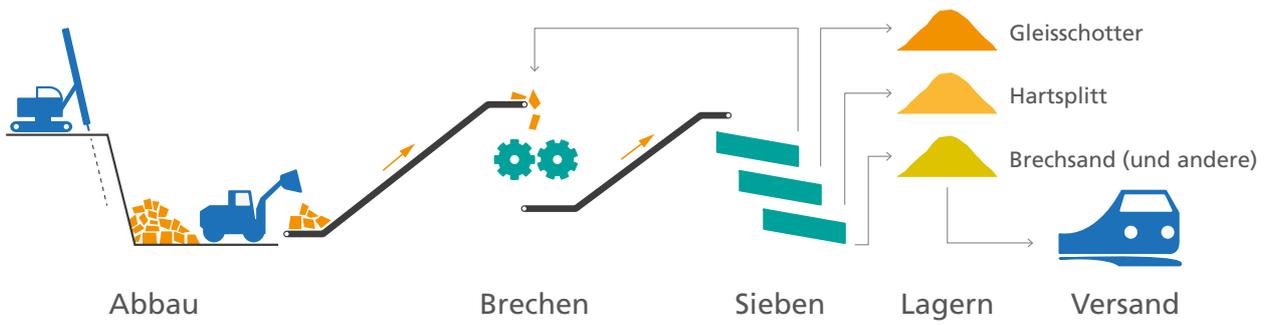


Fig. 4: Die wichtigsten Verfahrensschritte in der Herstellung von Hartsteinprodukten.

Abbau



Brechen



Sieben



Lagerung und Versand



Fig. 5: Die wichtigsten Verfahrensschritte in der Herstellung von Hartsteinprodukten in Bildern.
 Bilder: Hartsteinbruch Kehrsiten (Holcim (Schweiz) AG), Brechanlage Zingel (swisstopo 2019), Siebanlage [19], Gleisschotterlager Rotzloch (swisstopo 2019).

Tab. 1: *Hergestellte Hauptproduktkategorien, klassiert nach Korngrösse.*

Produkt	Korngrösse (mm)	Kommentar / Anwendung
Gleisschotter	32–50	Unterteilt in Gleisschotter der Klasse I und der Klasse II nach Widerstand gegen Zertrümmerung und Gesteinshärte. Typische Anwendung: Gleisbau.
Hartsplitt	4–32	Unterteilt in verschiedene Zwischenkörnungen. Typische Anwendung: Strassenoberbau.
Brechsand	0,06–6	Unterteilt in verschiedene Zwischenkörnungen. Typische Anwendung: Strassenbau.
Filler	< 0,06	Typische Anwendung: Strassenbau und als Zuschlagstoff in Beton.
Ungebundene Gemische	0–90	Kombinierte Korngrössen (Kiesgemische). Typische Anwendung: Gleis- und Strassenunterbau (als Koffer- oder Planiematerial und als Planumsschutzschicht (PSS)).
Diverse	0–X	Blöcke, Mauer- oder Pflastersteine und nicht normierte kombinierte Korngrössen.



Fig. 6: *Verschiedene Hartsteinprodukte, klassiert nach Korngrösse.*
Bild: [19], modifiziert.

Die verschiedenen Hartsteinprodukte werden – je nach Qualität und Korngrösse – in den folgenden Bereichen eingesetzt:

- A. Als Komponente des Gleisbaus
- B. Als Komponente des Strassenbaus
- C. Als Komponente von hochfestem Beton im Hoch- und Tiefbau
- D. Als Mauer- oder Wasserbausteine und in der Steinhauerei

Die Einsatzbereiche A und B sind für die Funktionsfähigkeit von Hochleistungs- und Hauptverkehrsstrassen sowie eines grossen Anteils des schweizerischen Schienennetzes besonders kritisch. Der vorliegende Bericht konzentriert sich im Folgenden deshalb ausschliesslich auf diese zwei Bereiche.

A. HARTSTEIN ALS KOMPONENTE DES GLEISBAUS

Für den Gleisoberbau ist Gleisschotter eine bedeutsame Komponente. Mit einer durchschnittlichen Mächtigkeit des Schotterbetts von rund 30 cm stabilisiert der Schotter das Gleisbett, indem er die dynamische Verkehrslast auf den Untergrund überträgt. Als Gleisschotter werden deshalb ausschliesslich scharfkantige Gesteinskörnungen aus Hartstein verwendet, welche sich ineinander verzahnen können. Zusätzlich hat Gleisschotter eine wichtige Drainagefunktion. Anfallendes Wasser kann zwischen den Gesteinskörnern rasch entweichen, was die langfristige Stabilität des Gleisbetts gewährleistet. Gleisschotter verhindert auch das Aufkommen von Vegetation.

Die physische Beanspruchung des Gleisbetts ist durch die Zunahme des Schienenverkehrs in den letzten Jahrzehnten ständig gestiegen (s. Kap. 3.1). Mehr und schwerere Züge, die schneller fahren, schneller beschleunigen und somit punktuell mehr Kraft auf die Schienen übertragen, nutzen die Fahrbahn und das darunterliegende Schotterbett verstärkt ab. Die Nutzungsdauer einer Fahrbahn beträgt heute je nach Belastung der Strecke 25–40 Jahre. Für die Instandhaltung des Schienennetzes werden jährlich rund 300 km Fahrbahn erneuert [16]. Je nach Gleisstreckenabschnitt werden für den Neubau einer Strecke zwischen 2600 und 3700 t Gleisschotter pro Schienenkilometer eingesetzt.

Gemäss den Regelwerken des Verbands öffentlicher Verkehr (VÖV) und der SBB muss bei Gleisstrecken mit einer Belastung von mehr als 15000 t pro Tag oder mit einer geplanten Geschwindigkeit der Züge von über 80 km/h Gleisschotter der Klasse I eingesetzt werden.¹¹ Unter diesen Werten (z.B. bei Schmalspurbahnen) ist Gleisschotter der Klasse II gut geeignet, aber nicht vorgeschrieben.

Der sich zwischen dem Gleisoberbau und dem Untergrund befindende Unterbau hat die Hauptfunktionen, die Bahnlasten zu verteilen, den Untergrund vor Wassereinfluss zu schützen und den Gleisschotter vom Untergrund zu trennen (Fig. 7) [20]. Der Unterbau besteht in der Regel aus einem zwischen 20 und 40 cm mächtigen, verdichteten ungebundenen Gesteinsgemisch. Bei der Erneuerung von bestehenden Unterbauten unter Bahnbetrieb wird gewöhnlich ein als «Kiessand PSS»¹² bezeichnetes Kiesgemisch eingebaut. Diese Mischung muss schwerpunktmässig eine sehr spezifische Korngrössenverteilung und einen gewissen Wassergehalt aufweisen. Bei den verwendeten Körnungen muss es sich nicht zwingend um Hartstein handeln. Doch ein Grossteil der Hartsteinwerke produziert dieses Gemisch, denn aufgrund der Gesteinseigenschaften ist Hartstein dazu gut geeignet. Pro Kilometer Fahrbahn sind zwischen 1400 und 5000 t «Kiessand PSS» nötig.

¹¹ Regelwerk R RTE 21110 (s. Anhang A-3).

¹² PSS = Planumsschutzschicht.

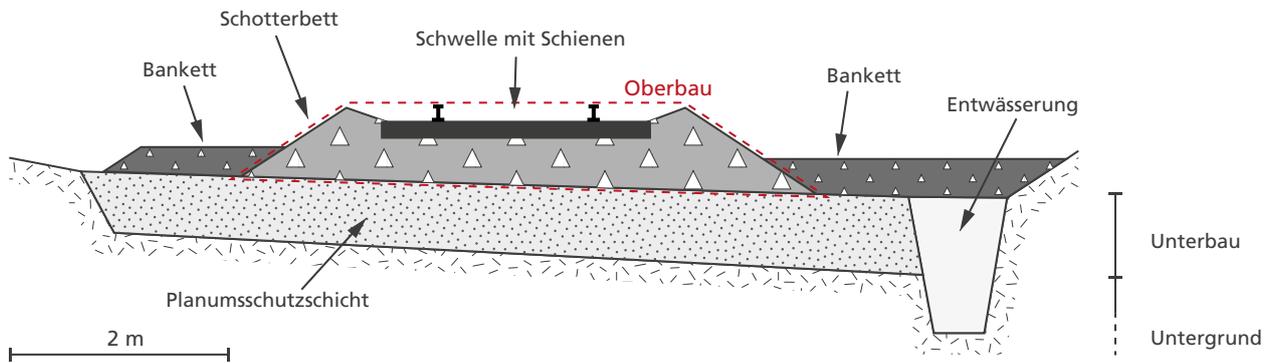


Fig. 7: Querschnitt durch den Gleiskörper. Hartstein wird als Gleisschotter im Schotterbett und oft auch als «Kiessand PSS» in der Planumsschutzschicht eingesetzt.

B. HARTSTEIN ALS KOMPONENTE DES STRASSENBAUS

Strassen, die einer erheblichen Verkehrsbelastung unterliegen, wie Hochleistungs- und Hauptverkehrsstrassen,¹³ benötigen belastungsfähige Deck-, Binder- und Tragschichten¹⁴ sowie solide Fundationsschichten (Fig. 8). Alle diese Schichten erfordern, unter anderem, Gesteinskomponenten mit besonders hoher Druckfestigkeit und einem hohen Widerstand gegen Zertrümmerung. Für die rund 3 cm dicke Deckschicht ist zusätzlich ein besonders hoher Widerstand des eingesetzten Asphaltmischguts gegen die Polierwirkung von Fahrzeugreifen zentral. Für diese Schicht ist gemäss Normen¹⁵ scharfkantiger Strassensplitt aus Hartstein erforderlich.

Die Fahrbahndeckschichten von Hochleistungs- und Hauptverkehrsstrassen müssen in der Regel alle 20–30 Jahre erneuert werden (Ausnahme: neue lärmarme Strassenbeläge, welche alle 15 Jahre erneuert werden müssen). Für die Herstellung von 1 km Deckschicht einer zweispurigen Nationalstrasse (95% Hartsplitt) sind rund 1100 t Hartsplitt nötig.

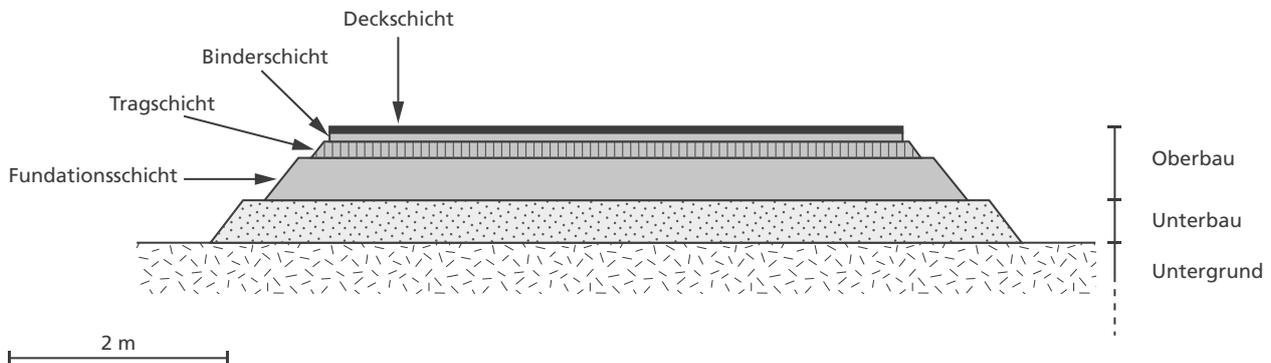


Fig. 8: Querschnitt durch eine Strasse. Hartstein ist gemäss Normen¹⁴ in der Deckschicht erforderlich, wird aber auch in den unteren Schichten eingesetzt.

13 Verkehrslastklassen T5 und T6 gemäss den Normen VSS 40 324, VSS 40 041, VSS 40 042 und VSS 40 320 (s. Anhang A-3).

14 Bezeichnungen nach der Norm VSS 40 302B. Asphaltmischguttypen S und H gemäss der Norm SN 640 420 (s. Anhang A-3). Typ S = Starke Beanspruchung; Typ H = Sehr starke Beanspruchung.

15 Normen SN 670 103B-NA / EN 13043 und VSS 70 115 (s. Anhang A-3).

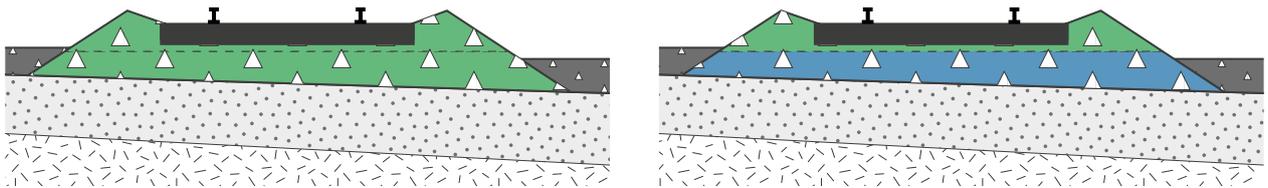
3.3 Hartsteinprodukte aus Recycling

Neben Hartsteinprodukten aus primären Quellen kommen für die schweizerische Verkehrsinfrastruktur auch Hartsteinprodukte aus Recycling zum Einsatz (RC-Produkte). Durch die Schliessung der Stoffkreisläufe wird der Bedarf an primärem Hartstein verringert und die primären Hartsteinvorkommen werden geschont (s. a. Kap. 4 u. 6.4). Die Schliessung der Stoffkreisläufe ist dabei im Gleis- und Strassenbau unterschiedlich weit fortgeschritten.

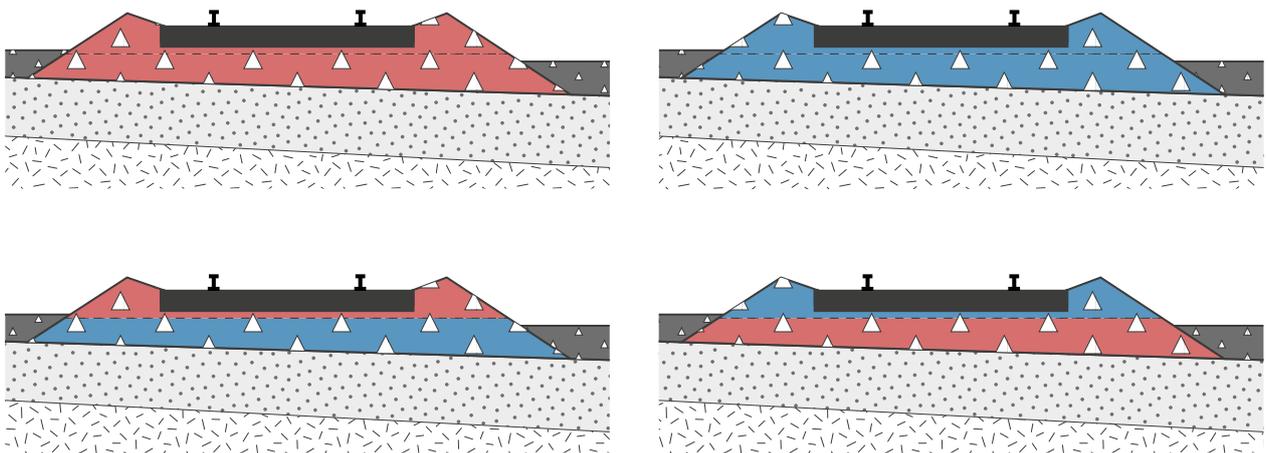
RECYCLING IM GLEISBAU

Im Gleisbau wird während des Einbauverfahrens Gleisschotter in der Regel in zwei Durchgängen eingebaut. Zuerst wird eine untere Schotter-schicht (Vorschotterung) auf den Unterbau geschüttet und verdichtet. Danach wird das mit Schwellen montierte Gleis daraufgelegt. In einem nächsten Schritt wird die obere Schotter-schicht eingebaut. Je nach Belastung der Strecke und Typ der Fahrbahnerneuerung können verschiedene Schotterkombinationen zum Einsatz kommen (Gleisschotter der Klasse I, II oder RC-Gleisschotter, s. Fig. 9). Beim eingesetzten RC-Gleisschotter kann es sich entweder um Schotter handeln, der vor Ort auf der Gleisbaustelle aufbereitet wird, oder er wird aus externen Quellen zugeführt.

Einbauvarianten > 15000 GBRT



Einbauvarianten < 15000 GBRT



- Gleisschotter Klasse I (aus primären Quellen)
- Gleisschotter Klasse II (aus primären Quellen)
- RC-Gleisschotter (Aufbereitung vor Ort oder aus externen Quellen zugeführt)

Fig. 9: Querschnitt durch den Gleiskörper mit verschiedenen Einbauvarianten für Strecken unter unterschiedlicher Belastung. GBRT = Messung der Belastung in Gesamtbruttoregistertonnen pro Tag. Quelle: SBB.

Gemäss Erfahrungen der SBB können modernste Gleisbaumaschinen mehr als 50% des ausgebauten Gleisschotter während gewissen Fahrbahnerneuerungsarbeiten¹⁶ direkt auf der Baustelle verwerten bzw. recyceln. Der ausgebaute Gleisschotter wird vor Ort gereinigt, und je nach Modell der Gleisbaumaschine kann auch die Kantigkeit der Körner wiederhergestellt werden. Wenn der dadurch vor Ort aufbereitete RC-Gleisschotter die Qualitätsanforderungen für die Wiederverwendung im Gleisbau erfüllt, kann er direkt wieder ins Gleisbett eingebaut werden (Fig. 10). Gemäss der für den vorliegenden Bericht durchgeführten Analyse der bekannten Materialflüsse¹⁷ wurden in den letzten Jahren schätzungsweise 0,3–0,4 Mio. t RC-Gleisschotter pro Jahr vor Ort aufbereitet und eingebaut (s.a. Kap. 4) [16]. Direkte und somit genauere Zahlen bzw. Verwertungsquoten über den eingesetzten RC-Gleisschotter liegen auf nationaler Ebene zurzeit keine vor.



Fig. 10: Fahrbahnerneuerung mit einer Gleisbaumaschine: Die Schienen und Schwellen werden gehoben, der alte Gleisschotter (braun, im Vordergrund) wird ausgebaut, aufbereitet und kann als RC-Gleisschotter in Kombination mit Primärschotter wieder eingebaut werden (hellgrau, im Hintergrund).
Bild: Keystone SDA.

Der ausgebaute Gleisschotter bzw. der Gleisaushub, der nicht direkt vor Ort wiederverwendet wird, wird von der Baustelle weggeführt.¹⁸ Danach wird er je nach Verschmutzungsgrad gemäss den Vorgaben der «Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen» (VVEA) [22]

¹⁶ Umbautyp Schotterreinigung [20].

¹⁷ Grundlagen: Absatzstatistik der Hartsteinwerke des VSH und Primärschotterbezüge der Bahnen.

¹⁸ Gemäss der für den vorliegenden Bericht durchgeführten Materialflussanalyse und des Erläuterungsberichts zur Gleisaushubrichtlinie [21] können schätzungsweise 0,6–0,7 Mio. t Ausfallschotter pro Jahr anfallen. Effektive Zahlen liegen auf nationale Ebene nicht vor.

in spezialisierten Anlagen triagiert und für eine mögliche Verwertung aufbereitet. Daraus können verschiedene RC-Produkte hergestellt werden. In der heutigen Praxis werden aus der Verwertung des Gleisaushubs hauptsächlich RC-Gesteinskörnungen als Kiesersatz für Beton hergestellt, also für Anwendungen, wo die besonderen Qualitäten des Rohstoffs Hartstein nicht zwingend oder nur in Spezialfällen erforderlich sind (Fig. 11). Die Rückführung von extern aufbereitetem RC-Gleisschotter oder RC-Hartsplitt in den Gleis- oder Strassenbau findet heute nur in geringem Ausmass statt. Die effektiv rückgeführten Mengen konnten im Rahmen des vorliegenden Berichts nicht erhoben werden.

Eine Analyse der Entsorgungswege, der bestehenden Verwertungsprozesse und des Verwertungspotenzials des ausgebauten Gleisschotters bzw. Gleisaushubs wird im Rahmen der geplanten Revision der Gleisaushubrichtlinie 2022 in einer Studie unter der Leitung des BAV in Angriff genommen (s. weitere Details in Kap. 6.4).

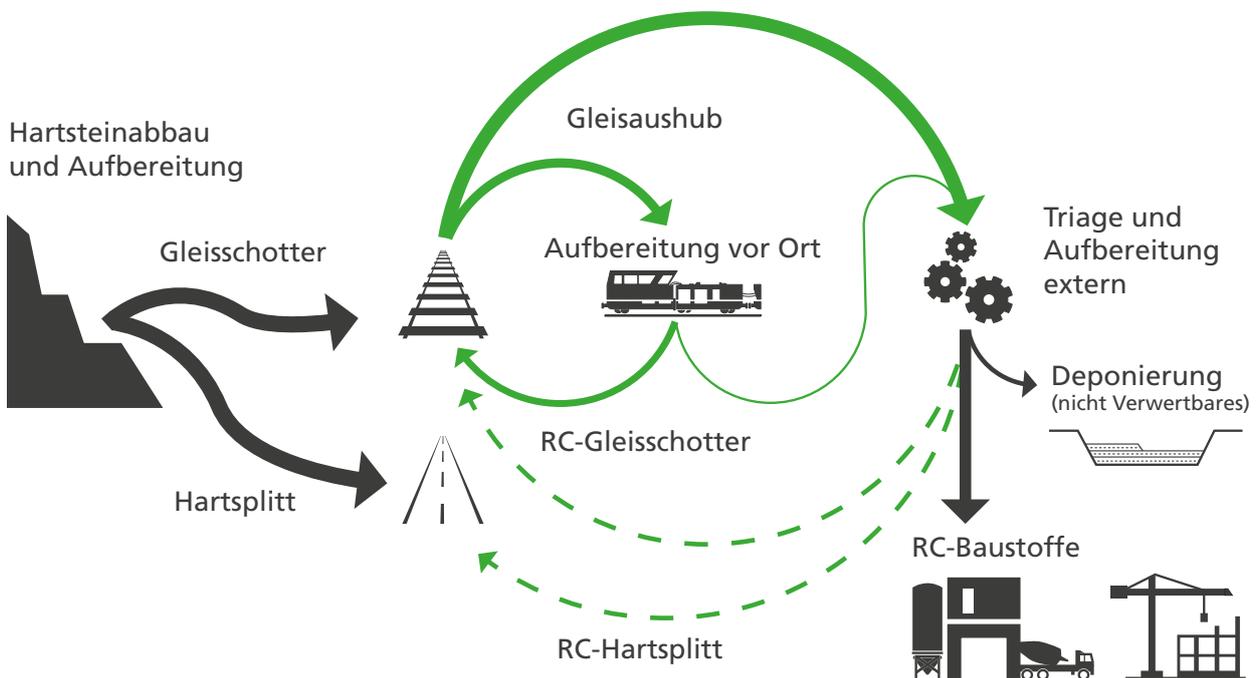


Fig. 11: Darstellung der aktuellen Materialflüsse und Stoffkreisläufe mit Fokus auf die Verwertung des Gleisaushubs. Heute werden aus extern aufbereitetem Gleisaushub vorwiegend RC-Baustoffe produziert. Das Potenzial einer Rückführung von RC-Hartsteinprodukten in den Gleis- oder Strassenbau (gestrichelte Pfeile) gilt es zu untersuchen (s. Text für weitere Details).

RECYCLING IM STRASSENBAU

Im Strassenbau ist die Industrie heute in der Lage, ausgebaute Asphalt-schichten als RC-Asphaltgranulate wiederzuverwenden. Diese RC-Asphaltgranulate werden aktuell in der Binder- und Tragschicht, aber nicht in der Deckschicht eingesetzt. Der Revisionsentwurf der VVEA sieht vor, dass in naher Zukunft Ausbauasphalt nicht mehr deponiert werden darf. Die Trennung der Gesteinskörnungen bzw. des Hartsteins aus dem bitumenhaltigen Bindemittel durch thermische, chemische und mechanische Verfahren ist aktuell Bestandteil mehrerer Forschungs- und Entwicklungsprojekte auf nationaler und internationaler Ebene [23, 24]. Wenn die nötigen Qualitätsanforderungen durch ein solches Verfahren erreicht werden können, könnte der verwertete Hartsplitt (RC) wieder im Strassenbau eingesetzt werden.

3.4 Produktionsstandorte von primärem Hartstein

Hartstein wird in der Schweiz seit über hundert Jahren abgebaut. Wie bei anderen Sektoren boomte die Hartsteinindustrie zu Beginn des 20. Jahrhunderts. So waren 1915 in der Schweiz rund fünfzig Produktionsstandorte in Betrieb [25, 26]. Die Anzahl der Standorte hat sich danach stark reduziert (Fig. 12).

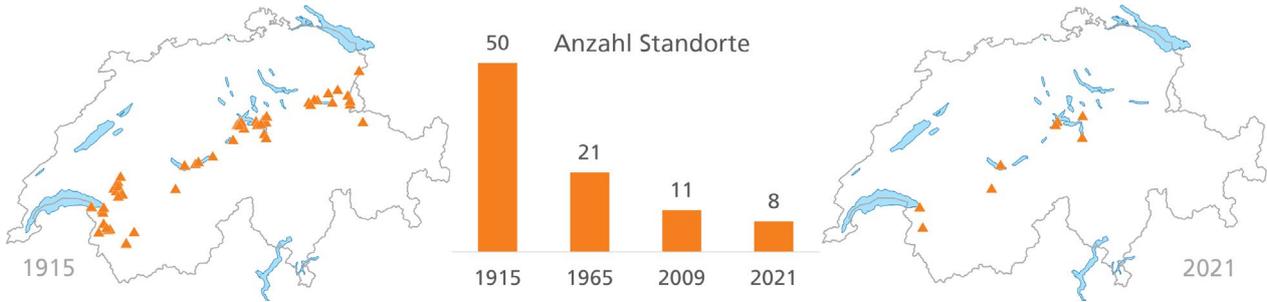


Fig. 12: Anzahl Hartsteinwerke in der Schweiz 1915 und 2021.
Quellen: [26] und swisstopo.

Seit 2014 produzieren acht Hartsteinwerke, welche allesamt Mitglieder des Verbands schweizerischer Hartsteinbrüche (VSH) sind, Gleisschotter der Klasse I und weitere Hartsteinprodukte (Tab. 2). Die Produktionsleistung der acht VSH-Werke für Hartsteinprodukte liegt zwischen 0,1 und 0,5 Mio. t mit einem Mittelwert von 0,23 Mio. t pro Jahr und Werk (statistische Auswertung aus den Jahren 2013–2018; Daten: VSH u. swisstopo, Erhebung Q1/2019). Die Betriebe liegen in sechs Kantonen (BE, NW, SZ, UR, VD und VS) entlang des sogenannten Hartsteingürtels vom Waadtland und Wallis über das Berner Oberland bis in die Zentral- und Ostschweiz (Fig. 13, s.a. Kap. 5.1). Sie beschäftigen rund 300 Mitarbeitende und sind vom Schweizerischen Überwachungsverband für Gesteinsbaustoffe (SÜGB) oder von der Schweizerischen Zertifizierungsstelle für Bauprodukte (S-Cert AG) zertifiziert.

Vier der acht Werke haben einen direkten Anschluss an das Bahnnetz. Drei versenden ihre Produkte via Schiff in ein Zwischenlager, welches über einen Bahnanschluss verfügt. Ein Werk ist durch einen relativ kurzen LKW-Transport indirekt ans Bahnnetz angeschlossen (s. Anhang A-2).

Zusätzlich zu den acht Hartsteinwerken des VSH sind 2021 drei Standorte für Hartsteinabbau und die Produktion von Gleisschotter der Klasse I (und weiterer Hartsteinprodukte) in Abklärung. An fünf bestehenden Abbaustandorten wird neben Hartsplitt und Kies Gleisschotter der Klasse II produziert, wobei für einen davon die Produktion aktuell eingestellt wurde (Tab. 3). Gleisschotter der Klasse II ist für die Funktionsfähigkeit der Hauptschieneninfrastruktur weniger entscheidend, weshalb die entsprechenden Standorte im vorliegenden Bericht nicht weiter behandelt werden. Fünf Standorte sind seit der Publikation des Sachplans Verkehr 2008 [3] nicht mehr in Betrieb oder deren Planung wurde eingestellt (Tab. 4). Weitere Standorte sind der Begleitgruppe des vorliegenden Berichts nicht bekannt.

Detaillierte Informationen zu den Produktionsstandorten von Gleisschotter der Klasse I (Tab. 2) und eine rohstoffgeologische Beschreibung deren Abbaugebiete befinden sich im Anhang A-2.

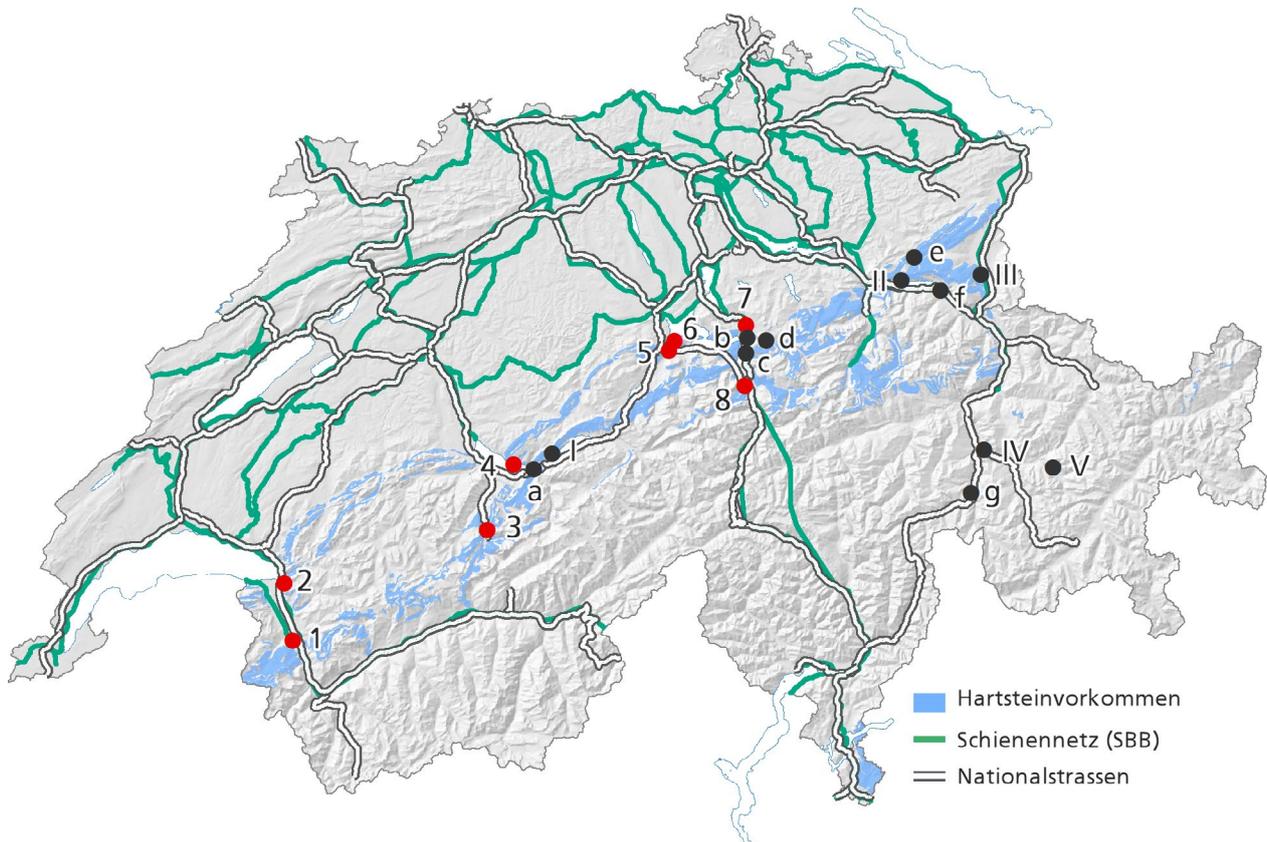


Fig. 13: Hartsteinproduktionsstandorte und geografische Verteilung der Hartsteinvorkommen in der Schweiz (Auszug aus der Geologischen Karte der Schweiz 1:500 000, 2005).

1–8: Hartsteinproduktionsstandorte des VSH, Produktion von Gleisschotter der Klasse I (s. Tab. 2).

a–g: Weitere Produktionsstandorte, an welchen sich eine Hartsteinproduktion in Planung befindet oder an welchen zwar Hartsteinprodukte, aber kein Gleisschotter der Klasse I produziert werden (s. Tab. 3).

I–V: Standorte, welche seit dem Sachplan Verkehr 2008 [3] nicht mehr in Betrieb sind oder deren Planung eingestellt wurde (s. Tab. 4).

Stand 2021. Quelle: swisstopo und FGS.

Tab. 2: Hartsteinproduktionsstandorte des VSH im Jahr 2021 mit Produktion von Gleisschotter der Klasse I (s. Fig. 13).

#	Standort	Gemeinde	Unternehmen
1	FAMSA	Monthey, Massongex (VS)	Fabrique d'Agglomérés Monthey SA (FAMSA)
2	Arvel	Villeneuve (VD)	Carrières d'Arvel SA
3	Blausee-Mitholz	Kandergrund (BE)	SHB Steinbruch + Hartschotterwerk Blausee-Mitholz AG
4	Balmholz	Beatenberg (BE)	AG Balmholz
5	Rotzloch	Ennetmoos, Stansstad (NW)	STEINAG Rozloch AG
6	Kehrsiten	Stansstad (NW)	Holcim (Schweiz) AG
7	Zingel	Schwyz (SZ)	KIBAG Kies Seewen AG
8	Gasperini	Attinghausen (UR)	Hartsteinwerk Gasperini AG

Tab. 3: Weitere Produktionsstandorte im Jahr 2021, an welchen sich eine Hartsteinproduktion in Planung befindet oder an welchen zwar Hartsteinprodukte, aber kein Gleisschotter der Klasse I produziert werden (s. Fig. 13).

#	Standort	Gemeinde	Kommentar
a	Därliigrat	Matten bei Interlaken (BE)	Antrag für Festsetzung im Richtplan, Abbauprojekt unter Tage im Konzessionsverfahren. (Gebiet Nr. 9 (BE8) – Potenzialstudie 2012 [27])
b	Hettis	Ingenbohl (SZ)	In Betrieb, Produktion Gleisschotter Klasse II und andere Gesteinskörnungen.
c	Läntigen	Morschach (SZ)	Abbau unter Tage bewilligt, Produktion aktuell eingestellt. Abbaugbiet für die Produktion von Gleisschotter nicht geeignet.
d	Selgis	Muotathal (SZ)	In Betrieb, Produktion andere Gesteinskörnungen. Produktion Gleisschotter in Planung.
e	Starkenbach	Wildhaus-Alt St. Johann, Nesslau (SG)	In Betrieb, Produktion Gleisschotter Klasse II und andere Gesteinskörnungen. Steinbrucherweiterung für die Erschliessung einer Hartsteinschicht für die Produktion von Gleisschotter Klasse I im Richtplan festgesetzt.
f	Fäsch	Walenstadt (SG)	Abbau unter Tage in Betrieb, Produktion Gleisschotter der Klasse II und andere Gesteinskörnungen.
g	Andeer	Andeer (GR)	In Betrieb, Produktion Gleisschotter der Klasse II und andere Gesteinskörnungen.

Tab. 4: Standorte, welche seit der Publikation des Sachplans Verkehr 2008 [3] nicht mehr in Betrieb sind oder deren Planung eingestellt wurde (s. Fig. 13).

#	Standort	Gemeinde	Kommentar
I	Ringgenberg	Ringgenberg (BE)	Produktion eingestellt.
II	Schnür	Amden (SG)	Produktion eingestellt.
III	Campiun	Sevelen (SG)	Im Richtplan als Vororientierung, dann im November 2020 entfernt.
IV	Campi	Sils im Domleschg (GR)	Produktion eingestellt.
V	Farrisola	Filisur (GR)	Produktion eingestellt.

3.5 Inländische Produktion, Import und Export

Der nationale Verbrauch von Hartsteinprodukten aus primären Quellen wurde anhand der jährlichen Absatzstatistik des VSH kompiliert und mit den Mitgliedwerken des VSH im Rahmen der Datenerhebung 2019–2020 von swisstopo abgeglichen. Die Fachstellen des ASTRA und des BAV führen keine Statistik über die für die Infrastrukturbauten verbrauchten Hartsteinmengen. Über Privatbahnen liegen keine umfassenden Daten vor. Seitens Abnehmer wurden Materialbezüge der SBB einbezogen. Da die Eidgenössische Zollverwaltung (EZV) den Import und Export von Hartsteinprodukten nicht explizit verfolgt,¹⁹ wurden diese Mengen anhand der verfügbaren Daten des VSH²⁰ und der SBB als Hauptabnehmerin hochge-

¹⁹ Die Import- und Exportmengen von Hartsteinprodukten sind zusammen mit einer breiten Palette von Werksteinen unter der EZV-Tarifnummer 2517.1000 aggregiert und nicht weiter aufgeteilt [28].

²⁰ Ein Mitglied des VSH besitzt und betreibt einen Standort in Deutschland nahe an der schweizerischen Grenze, welcher den deutschen und den Schweizer Markt beliefert. Die von dort in die Schweiz beförderten Hartsteinmengen werden für den vorliegenden Bericht als Import klassiert.

rechnet. Eine vollständige Zeitreihe der Import- und Exportmengen ist deshalb nicht vorhanden.

Der nationale Verbrauch an primären Hartsteinprodukten lag in den Jahren 2016–2019 bei rund 2,41 Mio. t pro Jahr. Davon wurden schätzungsweise rund 0,26 Mio. t importiert. Export fand nicht statt. Die schweizerischen Hartsteinwerke des VSH produzierten jährlich rund 2,15 Mio. t²¹ (Fig. 14). Die für die Funktionsfähigkeit der Verkehrsinfrastruktur besonders kritischen Hartsteinprodukte (Gleisschotter und Hartsplitt) machen davon rund die Hälfte aus.

Der Verbrauch von Gleisschotter betrug während der obengenannten Zeitspanne gemäss Schätzung 755 000 t pro Jahr. Die schweizerische Hartsteinindustrie lieferte jährlich rund 575 000 t Gleisschotter der Klasse I (rote Säulen in Fig. 14), drei Viertel davon an die SBB und ein Viertel an Privatbahnen. Die inländische Produktion deckte damit rund 76% des nationalen Verbrauchs von Gleisschotter.

Rund 500 000 t Hartsplitt wurden gemäss Schätzung für die Deckbeläge von Kantons- und Nationalstrassen verbraucht (orange Säulen in Fig. 14). Mit einer jährlichen Produktion von rund 543 000 t deckte die schweizerische Hartsteinindustrie die benötigte Menge vollständig.

Import von Gleisschotter erfolgte hauptsächlich durch die SBB und bei kurzen logistischen Engpässen auch durch einzelne Privatbahnen. Der importierte Gleisschotter stammte aus Mittel- und Süddeutschland, Norditalien und Ostfrankreich. Der Transport erfolgte via Bahn, Schiff und LKW. Auch minimale Mengen an kleineren Gesteinskörnungen wurden aus grenznahen Standorten importiert.

Die in Figur 14 ersichtlichen Schwankungen im Absatz der schweizerischen Hartsteinwerke des VSH erklären sich grossmehrheitlich durch die vom Parlament beschlossenen Ausbauschritte der Verkehrsinfrastruktur und nur gering als Folge der Konjunktur, wie es oft bei Kies oder Zement der Fall ist (s. Rohstoffsicherungsbericht «Zementrohstoffe» [29]).

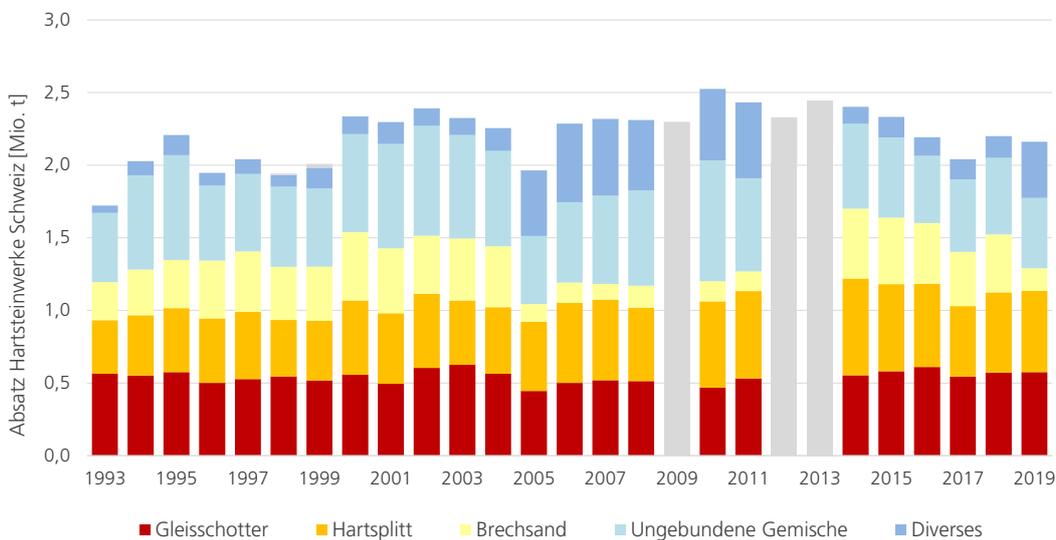


Fig. 14: Absatz der VSH-Hartsteinwerke für den Inlandverbrauch. Aufgrund von Inkonsistenzen in der Datenlage konnten die Produktmengen in den Jahren 2009, 2012 und 2013 nicht unterteilt werden (graue Säulen).
Daten: Absatzstatistik des VSH.

21 Diese Produktionsmengen enthalten rund 0,5 Mio. t pro Jahr der Produktkategorie «Ungebundene Gemische». Dieses Produkt kann im Steinbruch aus hochwertigen Hartsteinschichten, aber auch (wenn möglich und nötig) aus anderen geologischen Einheiten mit einer geringeren Qualität gewonnen werden. Eine genaue Aufteilung der Herkunft dieser Kategorie wurde bei den Werken nicht erfasst.

4. Prognose des Hartsteinbedarfs bis 2035

«In keinem anderen Land werden im Vergleich mit der Strasse so viele Güter auf der Schiene durch die Alpen transportiert wie in der Schweiz – Tendenz steigend. [...] Mit den heutigen Infrastrukturen werden wir das Wachstum nicht auffangen können. [...] Deshalb wird der Bund weiterhin gezielt investieren, um auf der Strasse Engpässe zu beseitigen und die Kapazitäten der Bahn zu steigern», betonte Bundesrätin Doris Leuthard, ehemalige Vorsteherin des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK), im 2016 vom ARE publizierten Bericht «Verkehrsperspektiven 2040» [15]²².

Basierend auf den etablierten UVEK Verkehrsmodellen²³, die eine Grundlage für die Ausbauprogramme Schiene und Strasse sind, ist in den nächsten Jahrzehnten in der Schweiz ein erhebliches Wachstum des Personen- und Güterverkehrs auf der Strasse und, vor allem, auf der Schiene zu erwarten (Fig. 15). Treibend sind dabei hauptsächlich die weiter wachsende Bevölkerung und Wirtschaft. Unter dieser Perspektive ist die Wichtigkeit eines belastungsfähigen Bauprofils der Verkehrswege unbestreitbar. Als Komponente des Oberbaus von Strassen und Schienen wird deshalb der Rohstoff Hartstein weiterhin im Fokus stehen.

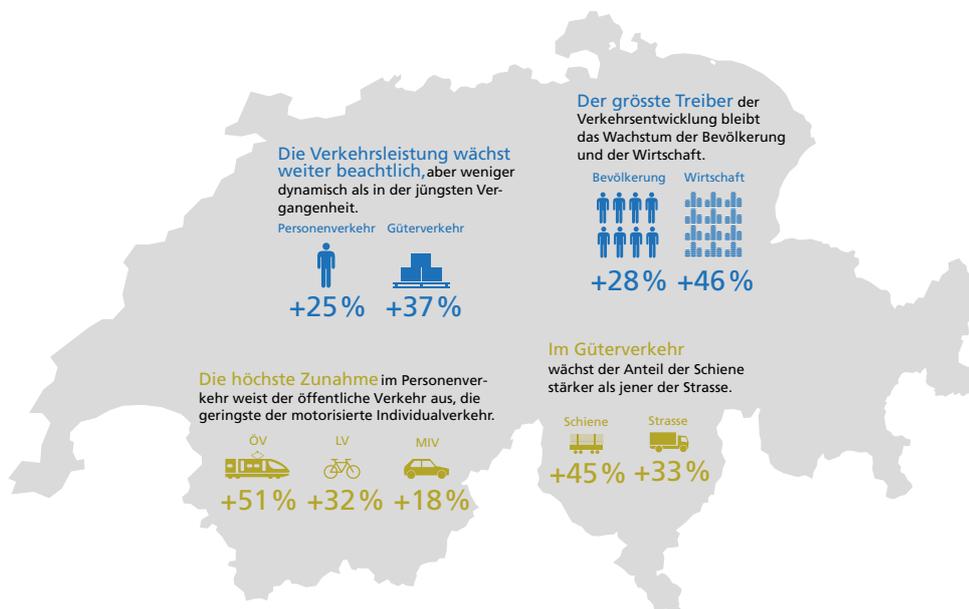


Fig. 15: Verkehrsperspektiven 2040: Zusammenfassung der Ergebnisse aus den verkehrsträgerübergreifenden Szenarien des ARE für die Entwicklung des Personen- und Güterverkehrs in der Schweiz bis 2040. ÖV = öffentlicher Verkehr (Bahn, Tram, Bus), LV = Langsamverkehr (Velo, zu Fuss), MIV = motorisierter Individualverkehr (Personenwagen, Motorräder). Bild: [15]²², modifiziert.

22 Ende 2021 wurden die aktualisierten Verkehrsperspektiven 2050 veröffentlicht. Diese werden bei einer Aktualisierung des vorliegenden Rohstoffsicherungsberichts einfließen.

23 Die UVEK-Verkehrsmodelle sind das Nationale Personenverkehrsmodell (NPVM) und die Aggregierte Methode Güterverkehr (AMG), welche auf aktuellen Grundlagendaten und Verkehrserhebungen basieren.

Im Auftrag von swisstopo und unter der Begleitung von Fachleuten des BAV, des ASTRA, des VSH, der SBB, der FGS und von NEROS führten Emch+Berger 2021 eine Studie zur Schätzung des zukünftigen Hartsteinbedarfs durch [16]. Darin wurde eine Analyse der bekannten Materialflüsse vorgenommen und der zukünftige Bedarf anhand von den vorgesehenen Erneuerungen des Oberbaus von Hochleistungs- und Hauptverkehrsstrassen sowie eines grossen Anteils des schweizerischen Schienennetzes bis 2035 geschätzt.

Die SBB reduziert, vor allem aufgrund von COVID-19, die geplanten zu erneuernden Streckenkilometer für die Jahre 2020–2024. Für die Effekte von COVID-19 auf andere Bahnunternehmen und auf den Strassenbau liegen keine Angaben vor. Ab 2025 ist vorgesehen, die Fahrbahnerneuerungen bei der SBB wieder auf die geplanten Streckenkilometer hochzuführen, wodurch der Bedarf an Gleisschotter auf die Menge vor den COVID-19 bedingten Reduktionen steigt. In diesem Kapitel wird deshalb die durchschnittliche Prognose für die Zeitspanne 2025–2035 dargestellt.

Die Grundlagen und Angaben zur Methodik der Prognose sind im Anhang A-1 beschrieben. Die Hauptergebnisse der Studie werden in den folgenden Abschnitten zusammengefasst.

Beim Abbau und der Verarbeitung von Hartstein strebt die Industrie einen möglichst hohen Anteil an Gleisschotter an. Mit den heutigen Abbaumethoden und aufgrund der Gebirgsmechanik kann dabei erfahrungsgemäss aus rund einem Drittel der Abbaumenge Gleisschotter produziert werden. Die Produktion der kleineren Kornfraktionen (Hartsplitt, Brechsand usw.) folgt verfahrensbedingt in nachgelagerten Aufbereitungsprozessen aus den für die Gleisschotterproduktion ungeeigneten Korngrössen (s. Kap. 3.2).

Aus der Materialflussanalyse zeigt sich, dass nur eine Veränderung des Abbaus von Gleisschotter zu einer Veränderung des Abbauvolumens von Hartstein führt. Somit ist die Marktnachfrage nach Gleisschotter zum heutigen Zeitpunkt die massgebende Grösse für den Abbau von Hartstein, wie auch für die Prognose des zukünftigen Hartsteinbedarfs in erster Linie der Bedarf an Gleisschotter ausschlaggebend ist. Dieser ergibt sich grossmehrheitlich aus den regelmässigen Erneuerungen von Gleisstrecken, welche aufgrund der heutigen und prognostizierten Nutzungsfrequenz, dem Alter und dem Zustand der Fahrbahnen in einem engen Rahmen vorgegeben sind. Sollte der Bedarf an Hartsplitt und/oder kleineren Körnungen bei konstantem Gleisschotterbedarf steigen, so könnte dem durch ein Hochfahren der Produktion und, im Extremfall, dem Nachbrechen von Gleisschotter begegnet werden.

Ein Teil des Bedarfs an Gleisschotter wird seit Jahrzehnten durch den Einsatz von vor Ort aufbereitetem RC-Gleisschotter gedeckt (s. Kap. 3.3). Da derzeit der Einsatz von extern aufbereitetem RC-Gleisschotter vernachlässigbar gering ausfällt, berücksichtigt die Bedarfsprognose nur den Einsatz von vor Ort aufbereitetem, nicht aber von extern zugeführtem RC-Gleisschotter.

Gemäss der Prognose beträgt der durchschnittliche Gesamtbedarf an primärem Hartstein für den Zeitraum von 2025 bis 2035 rund 2,43 Mio. t pro Jahr. Allerdings sind etwas weniger als ein Drittel davon Ungebundene Gemische (v.a. Koffer- und Planiematerial), welche nicht zwingend aus hochwertigen Hartsteinschichten hergestellt werden müssen, sondern, wenn nötig, auch aus anderen geologischen Einheiten mit einer geringeren Qualität gewonnen werden könnten.

Der prognostizierte Gesamtbedarf an Gleisschotter für den Unterhalt und die Erneuerung der Gleisfahrbahnen beträgt knapp 1,2 Mio. t pro Jahr. Unter der Annahme, dass der Anteil des vor Ort aufbereiteten RC-Gleis-

schotter gleich gross bleibt, werden vom Gesamtbedarf rund 30% durch Recycling vor Ort gedeckt. Somit werden unter den heutigen Voraussetzungen jährlich rund 780 000 t Gleisschotter der Klasse I aus primären Quellen benötigt (Fig. 16). Der Grund für den etwas höheren Bedarf an Gleisschotter der Klasse I gegenüber dem Durchschnitt der vergangenen Jahre liegt in der gesteigerten Erneuerungsrate bei der Bahninfrastruktur der SBB (230 km pro Jahr ab 2025 gegenüber 215 km pro Jahr von 2016 bis 2019, s. Anhang A-1.1).

Der Bedarf an Hartsplitt für den Unterhalt und die Erneuerung der Deckschichten von Hochleistungs- und Hauptverkehrsstrassen liegt bei rund 500 000 t pro Jahr (Fig. 17). Der Einsatz von RC-Hartsplitt, der zu einer Verminderung des Bedarfs an Hartsplitt aus primären Quellen beitragen würde, ist zurzeit in Entwicklung (s. Kap. 3.3 u. 6.4).

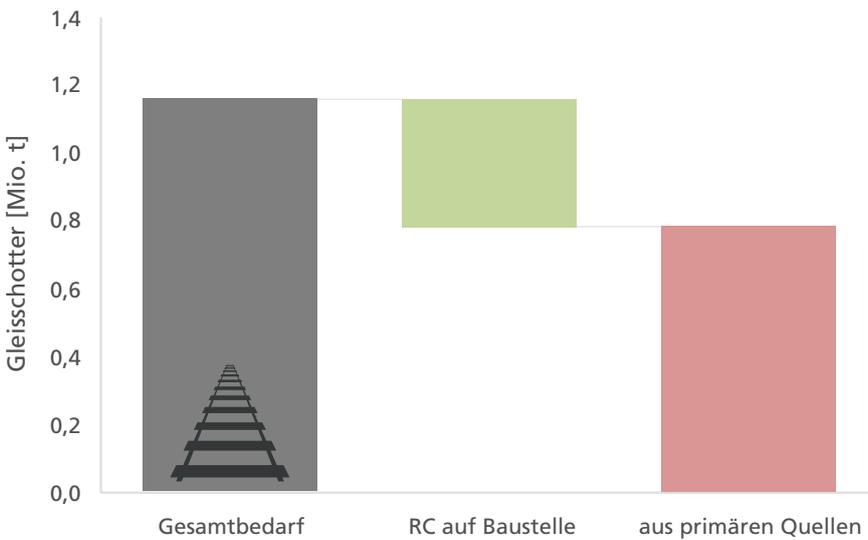


Fig. 16: Prognostizierter Gesamtbedarf an Gleisschotter der Klasse I (Durchschnitt 2025–2035), mit prognostiziertem Recyclinganteil auf der Baustelle und prognostiziertem Bedarf an primärem Gleisschotter.

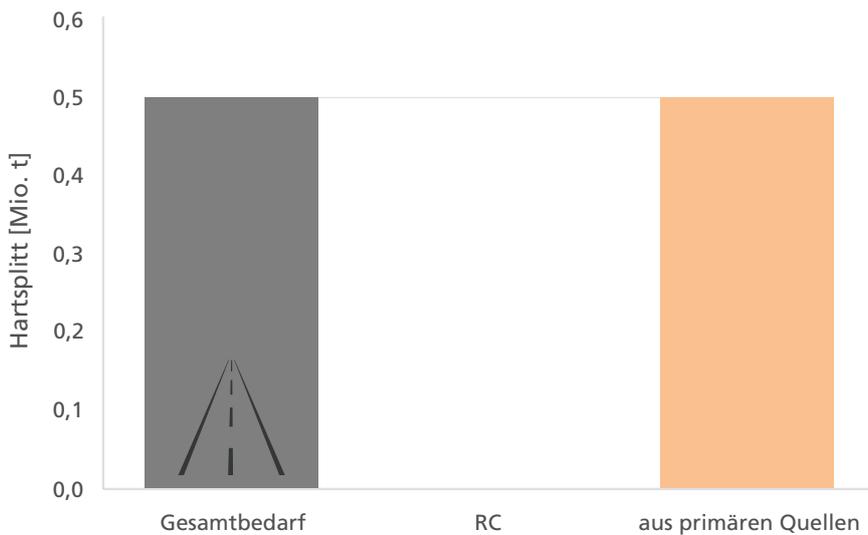


Fig. 17: Prognostizierter Gesamtbedarf an Hartsplitt für die Strassendeckschichten (Durchschnitt 2025–2035). Weil der Einsatz von Hartsplitt aus Recycling zurzeit in Entwicklung ist, ist der Bedarf in der Prognose nur durch Hartsplitt aus primären Quellen gedeckt.

5. Die nationale Versorgung mit inländischem Hartstein

Eine stabile Versorgung mit Gleisschotter und Hartsplitt hängt in erster Linie von einem langfristig gesicherten Zugang zu qualitativ geeigneten Hartsteinvorkommen ab. Die Schweiz verfügt aus geologischer Sicht über reichliche Mengen an für die Hartsteinproduktion geeigneten Rohstoffen, die theoretisch den zukünftigen Bedarf der Schweiz an Hartsteinprodukten vollständig decken könnten. Die räumliche Verteilung der Rohstoffvorkommen an sich zeigt jedoch nicht, ob diese auch zugänglich und wirtschaftlich und technisch abbaubar sind sowie ob der Abbau bewilligungsfähig ist. Existierende oder potenzielle Abbaustandorte überlagern sich in vielen Fällen mit Ausschluss- und Schutzgebieten, befinden sich in schwer zugänglicher Lage oder in Gebieten von touristischer Bedeutung (s. Fig. 21 in Kap. 6.1 sowie Anhang A-2 für Details). Der langfristige Zugang zu geeigneten Vorkommen kann infolge von überlagernden ökonomischen, ökologischen und raumplanerischen Interessen erschwert sein (s. Kap. 6.1). Aufgrund dieser vielfältigen, zum Teil schwer lösbaren Interessenkonflikte wurden einige Abbaubewilligungsverfahren vor Gericht verhandelt [4, 30].

5.1 Charakterisierung, Lokalisierung und Qualifizierung von Hartsteinvorkommen

Die räumliche Verteilung der Hartsteinvorkommen in der Schweiz wurde im Rahmen verschiedener Studien zwischen 2005 und 2012 erfasst [26, 31]. Diese wichtige rohstoffgeologische Datengrundlage wird zurzeit im Auftrag von swisstopo von der Fachgruppe Georessourcen Schweiz der ETH Zürich (FGS) anhand der neu erschienenen Blätter des Geologischen Atlas der Schweiz 1:25 000 und mittels moderner raum-analytischer Methoden weitergeführt und ergänzt.

Im Rahmen der Qualitätssicherung von Gleisschotter führen die Bahnunternehmen zusammen mit unabhängigen Spezialistinnen und Spezialisten eine periodische Beurteilung und nachfolgende Zertifizierung der Gleisschotterlieferantinnen und -lieferanten durch. Ziel dieser Prozedur ist es, zu prüfen, ob die Rohstofflagerstätten und die Produktionsanlagen die erforderliche Qualität und Menge von Gleisschotter (insb. der Klasse I) liefern können.

In der Schweiz werden heute im wesentlichen Kieselkalk und Flyschsandstein als Hartstein verwendet. Ausserdem wird bzw. wurde auch Subalpiner Molassesandstein und Glaukonitsandstein genutzt. Granit und Gneis, welche in der Schweiz reichlich vorhanden sind, erfüllen die strengen technischen Anforderungen der Normen und Regelwerke oft nicht. Diese Gesteine enthalten meist einen erhöhten Anteil an blättchenförmigen Mineralen (Glimmer), was sich negativ auf die Gesteinsfestigkeit auswirkt. In den Nachbarländern werden vor allem feinkörnige magmatische Gesteine²⁴ als Hartstein verwendet. Gemäss aktuellem Wissensstand kom-

²⁴ Basalt, Rhyolith, Mikrogranit, Diorit, Dolerit.

men diese Gesteine in der Schweiz in der erforderlichen Qualität nur in nicht abbauwürdigen Mengen oder an schwer zugänglicher und schlecht angeschlossener Lage vor. Im Rahmen der Nachforschungen zu den Hartsteinvorkommen in der Schweiz prüfen die Landesgeologie von swisstopo und die FGS zusammen mit Fachleuten, ob künftig auch weitere Gesteinsformationen als Hartstein in Betracht gezogen werden könnten.

Kieselkalk und Flyschsandstein treten vor allem in den nördlichen Alpen zwischen Genfersee und Bodensee und im Südtessin auf.

Kieselkalk ist ein gebankter feinkörniger Kalk, welcher typischerweise einen Quarzgehalt von 15–65% aufweist. Ein Teil des Quarzes bildet ein dichtes Gerüst, welches für die grosse Festigkeit dieses Gesteins verantwortlich ist [26]. Viele Kieselkalkvorkommen sind relativ gut kartografisch dokumentiert und enthalten nur wenig qualitativ minderwertige Anteile. Aktuell wird in der Schweiz an sechs Standorten Kieselkalk abgebaut (Arvel (VD), Blausee-Mitholz (BE), Balmholz (BE), Rotzloch (NW), Kehrsiten (NW) und Zingel (SZ)).

Flyschsandstein wird aktuell an zwei Standorten abgebaut (FAMSA (VS) und Gasperini (UR)). Dabei handelt es sich um einen gebankten kompakten Sandstein mit einem Quarzanteil von mehr als 40% und mit kalzitischer Grundmasse [32]. Der relativ hohe Quarzgehalt und die kalzitische Grundmasse führen zu einer grossen Festigkeit. Die Sandsteinvorkommen treten oft zusammen mit tonig-mergeligen Gesteinen auf. Das abgebaute Gestein ist somit nicht durchgehend als Hartstein nutzbar.

Die Mächtigkeit und Qualität dieser Hartsteinvorkommen können regional und lokal stark variieren und sind ausserhalb bekannter Abbau Standorte oft wenig oder nicht bekannt.

Detaillierte rohstoffgeologische Angaben zu den schweizerischen Hartsteinabbau Standorten sind im Anhang A-2 zu finden.

5.2 Die Sicherung der Versorgung mit Hartstein im Rückblick

Bereits in den letzten Jahrzehnten sah sich die Schweiz aus unterschiedlichen Gründen mit Engpässen in der Versorgung mit Hartstein konfrontiert. Zur Lösung dieser Konflikte erarbeiteten die betroffenen Parteien²⁵ zusammen eine Absichtserklärung [33, 34]. Im Jahr 2007 führte das ARE eine Analyse der Hartsteinversorgung durch und zeigte auf, dass die vollständige Deckung des Bedarfs durch inländischen Hartstein nur bis 2009 gewährleistet war und anschliessend vermehrt ein Import notwendig hätte werden können. Die damalige Prognose ging davon aus, dass ab 2010 der Versorgungsgrad mit inländischem Hartstein aufgrund auslaufender Bewilligungen auf 70% und ab 2020 auf 45% sinken würde [35]. Die Bewilligungen der Erweiterungsprojekte in Arvel (VD), Rotzloch (NW), Kehrsiten (NW) und Zingel (SZ), welche sich innerhalb von Perimetern aus dem Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler (BLN) befinden, konnten den prognostizierten Versorgungsengpass kurzzeitig entschärfen, aber nicht grundlegend lösen.

Zur Sicherung des Rohstoffs Hartstein wurde, ausgelöst durch das Urteil des Bundesgerichts vom 13. 3. 2007 zum Hartsteinbruch Arvel [4], der Sachplan Verkehr 2008 mit den darin enthaltenen Grundsätzen zur Hartsteinversorgung angepasst [3]. Darin ist das nationale Interesse eines Abbaustandorts unter anderem durch den Anteil der jährlichen Produktion

²⁵ Hartsteinproduzentinnen und -produzenten (VSH), Hartsteinabnehmerinnen und -abnehmer (SBB, ASTRA), Umweltschutz (ENHK, BAFU (damals BUWAL)), Raumplanung (ARE) und die Schweizerische Geotechnische Kommission (SGTK, heute: FGS).

von Gleisschotter der Klasse I am schweizerischen Bedarf definiert (s.a. Kap. 6.1). Dieser Ansatz wird im 2021 aktualisierten Sachplan Verkehr, Teil Programm «Mobilität und Raum 2050» weiterverfolgt [5].

Als Folge der bundesgerichtlichen Rechtsprechung zum Fall Arvel wurde 2012 durch ein breit abgestütztes Expertengremium²⁶ eine Studie zur Evaluation von Potenzialgebieten für Hartsteinbrüche ausserhalb von BLN-Gebieten erarbeitet und publiziert (Potenzialstudie 2012 [27]). Anhand verschiedener Kriterien (Wirtschaftlichkeit, Ökologie, Politik) und basierend auf einer rohstoffgeologischen Eignungsabschätzung der Hartsteinvorkommen wurden aus rund 120 Standorten 34 Potenzialgebiete festgelegt. Das Expertengremium der Studie und die betroffenen Kantone und Gemeinden sahen 2012 nur bei drei der 34 Potenzialgebieten die Rahmenbedingungen als geeignet, um konkrete Projekte zu planen (Fig. 18):

1. Potenzialgebiet Nr. 6: Mitholz/Kandergrund
(BE, neues Abbaugebiet)
2. Potenzialgebiet Nr. 9: Därliggrat/Unterseen
(BE, neues Abbaugebiet)
3. Potenzialgebiet Nr. 21: Attinghausen
(UR, Erweiterung des bestehenden Abbaugebietes)

Neun Jahre nach der Potenzialstudie 2012 lässt sich die Situation bezüglich dieser drei Potenzialgebiete wie folgt zusammenfassen:

1. Gemäss dem Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern ist ein zusätzlicher Abbaustandort in Mitholz/Kandergrund aktuell schwer vorstellbar. Dies insbesondere aufgrund der geplanten Räumung des ehemaligen Munitionslagers [36] und der geplanten Baustelle für die bahntechnische Ausrüstung der zweiten Röhre des Lötschberg-Basistunnels zwischen Mitholz und Adelrain [37]. Eine Erweiterung des bestehenden Abbaugebiets Blausee-Mitholz ist beantragt, aber im Richtplan nicht festgesetzt.
2. Beim Därliggrat wurde im Jahr 2014 ein erster Antrag für ein oberirdisches Abbauprojekt (sog. Projekt ROCA) aufgrund des grossen Widerstands aus verschiedenen Interessengruppen nicht weiterverfolgt. Heute befindet sich ein Projekt für einen Abbau unter Tage unter dem Därliggrat im Konzessionsverfahren und die Festsetzung des Standorts im Richtplan ist beantragt. Die technische und wirtschaftliche Realisierbarkeit dieses Projekts ist noch nicht geklärt (s. Kap. 6.3).
3. In Attinghausen ist zurzeit keine Erweiterung im Richtplan festgesetzt. Das bestehende Abbaugebiet der Gasperini AG verfügt aktuell über weitreichende bewilligte Reserven.

Für die übrigen 31 Potenzialgebiete war gemäss der damaligen Beurteilung ein Abbau vor allem aufgrund von politischen, wirtschaftlichen und ökologischen Gründen nicht realistisch. Sollte sich die Versorgungssituation in absehbarer Zeit deutlich verschärfen (s. Kap. 5.3) und/oder sich die Rahmenbedingungen ändern, dann kann eine Neubewertung der in der Potenzialstudie definierten Kriterien basierend auf der aktuellen Ausgangslage durchgeführt werden.

²⁶ ARE, ASTRA, BAFU, BAV, swisstopo, SGTK, Kantonsplanerkonferenz KPK, Schweizerische Vereinigung für Landesplanung (VLP-ASPAN, heute EspaceSuisse), VSH, SBB, SL-FP und Pro Natura.

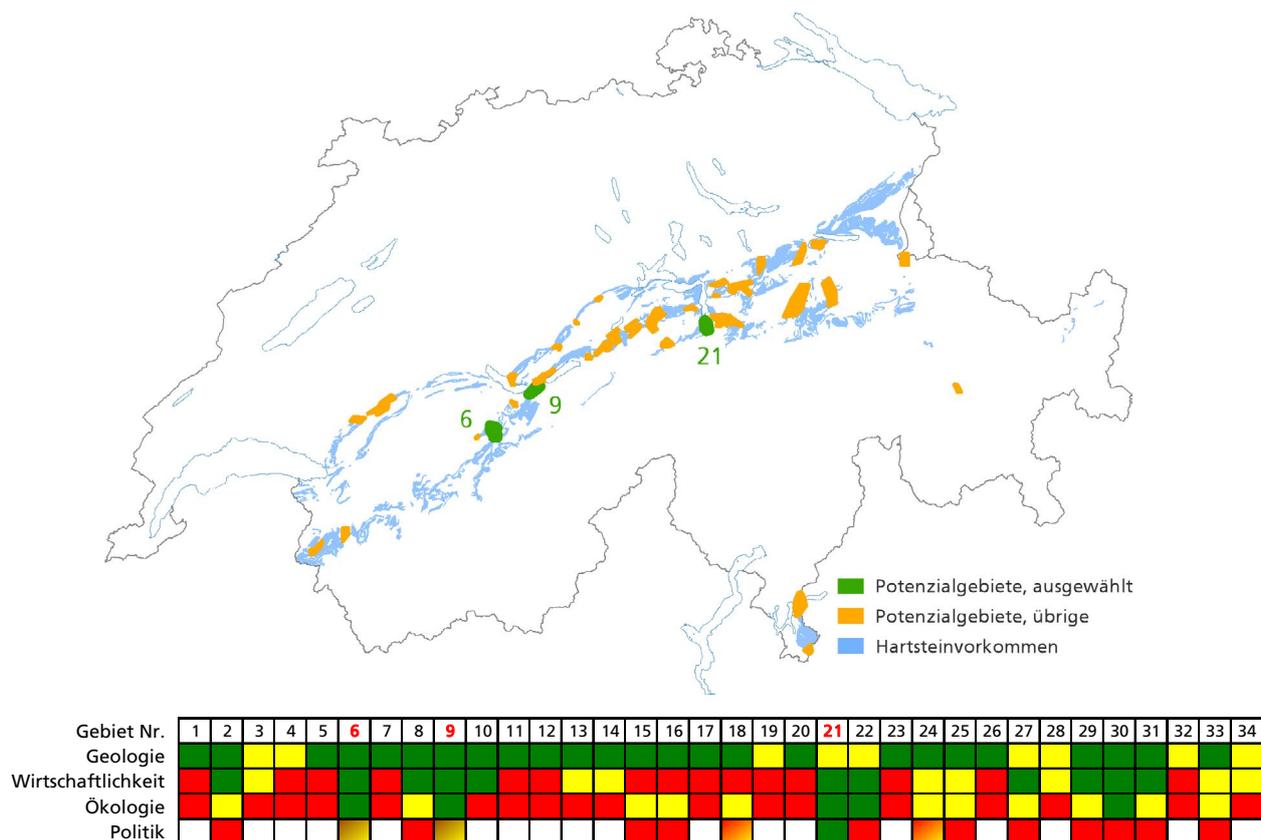


Fig. 18: Potenzialgebiete für Hartsteinbrüche ausserhalb von BLN-Gebieten aus der Potenzialstudie 2012 [27] (Karte) und Zusammenfassung der Bewertung der Gebiete anhand der Kriterien Geologie, Wirtschaftlichkeit, Ökologie und Politik (Tabelle: grün = hohes Potenzial, gelb = prüfenswert, rot = ungeeignet, Farbverläufe markieren Übergänge zwischen den Kategorien). Die drei Gebiete, die aufgrund der Bewertung für weitere Untersuchungen vorgeschlagen wurden (Nr. 6, 9 und 21), sind auf der Karte grün markiert (s. Text für Details).

5.3 Aktueller Stand der Versorgung mit primärem Hartstein

Anfang 2019 hat swisstopo die für die Schweiz wichtigsten Hartsteinwerke (s. Tab. 2 in Kap. 4) besucht und die für diesen Bericht relevanten Kennzahlen erhoben. Die Informationen über den Stand der Abbaubewilligungen wurden anhand der publizierten Richtpläne der entsprechenden Kantone zusammengetragen. Die versorgungskritischen Abbaugelände wurden von den Kantonsvertreterinnen und -vertretern geprüft. Aus Gründen des Datenschutzes können diese Kennzahlen nur in aggregierter Form dargestellt werden. Die Definition und Anwendung der hier verwendeten Begriffe «Ressourcen» und «Reserven» sind in Kapitel 2.1 erklärt.

Unter Einbezug der aktuellen Abbaubewilligungsfristen und der durchschnittlichen Jahresproduktion von 2013 bis 2018²⁷ werden die in den Werken ausgewiesenen Reserven und Ressourcen in die daraus herstellbaren jährlichen Mengen an Gleisschotter und Hartsplitt umgerechnet. Damit liegt der Fokus auf den Hartsteinprodukten, welche für die Leistungsfähigkeit der Verkehrsinfrastruktur kritisch sind. Die resultierende Zeitreihe ermöglicht es aufzuzeigen, wie lange die schweizerische

²⁷ In zwei Fällen wurde die von den Werken prognostizierte künftige Jahresproduktion verwendet. Grund dafür ist die gedrosselte Produktion in den letzten fünf Jahren infolge von bewilligungs- oder abbautechnischen Schwierigkeiten.

Hartsteinindustrie den inländischen Bedarf decken kann (Reserven) oder bei der Bewilligung beantragter Erweiterungen decken könnte (Ressourcen). Sind für ein Werk keine Reserven bzw. Ressourcen mehr ausgewiesen, entfällt dessen Beitrag zur Gesamtproduktion (Abbaubewilligungsfrist abgelaufen, selbst wenn noch nicht aller Rohstoff abgebaut wurde).

In den folgenden Darstellungen (Fig. 19) wird die prognostizierte inländische Produktion dem Bedarf an Gleisschotter (Klasse I) und Hartsplitt für die Deckschichten aus primären Quellen gegenübergestellt (s. Fig. 16 u. 17 in Kap. 4).

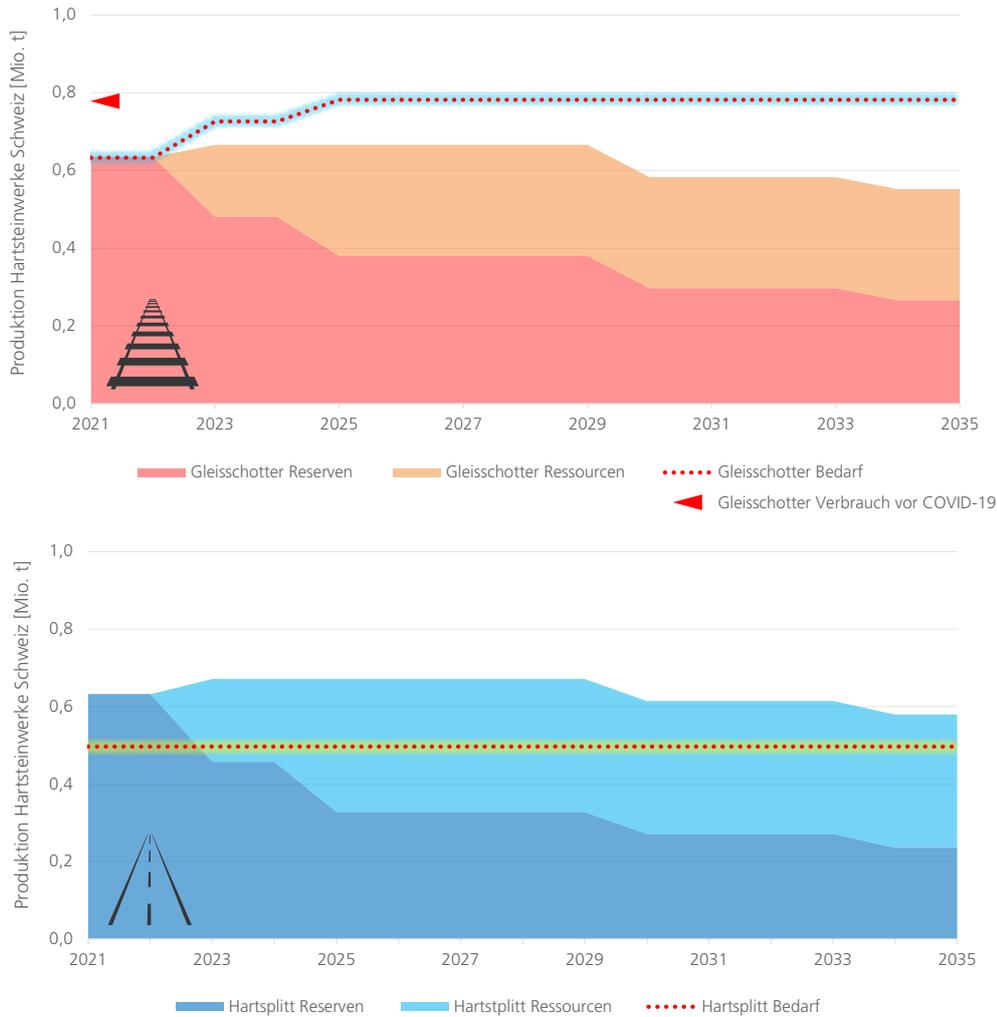


Fig. 19: Prognostizierte, kumulative Produktion von Gleisschotter der Klasse I (oben) und Hartsplitt für die Deckschichten (unten) aus der schweizerischen Hartsteinindustrie auf Grundlage der aktuellen Abbaubewilligungen (Reserven) und unter Annahme einer Jahresproduktion entsprechend dem Mittelwert 2013–2018 sowie der prognostizierte Bedarf an Gleisschotter bzw. Hartsplitt aus primären Quellen (s. Kap. 4). Aufgrund einer kurzzeitigen Reduktion der Bahnbautätigkeiten der SBB, hauptsächlich ausgelöst durch COVID-19, liegt der prognostizierte Gleisschotterbedarf für die Jahre 2020–2024 etwas tiefer. Ab 2025 steigt er wieder auf die Menge vor COVID-19 (roter Pfeil). Die hellen Flächen zeigen den Fall, in dem alle im Richtplan festgesetzten Erweiterungsprojekte rechtzeitig bewilligt und somit alle vorhandenen Ressourcen in Reserven umgewandelt würden. Quelle: swisstopo, Erhebung Q1/2019 und Aktualisierung Q1/2021, basierend auf Angaben der einzelnen Werke und Kantone.

Aus den von den Werken ausgewiesenen Hartsteinreserven und den Fristen der laufenden Abbaubewilligungen ist ersichtlich, dass die nationale Versorgung mit inländischem Hartstein aus primären Quellen kurz-

bis mittelfristig abnehmen wird, sofern keine neuen Rohstoffreserven erschlossen werden und / oder sich der Recyclinganteil nicht erhöht.

Zwar ist die schweizerische Hartsteinindustrie unter Annahme einer Jahresproduktion entsprechend dem Mittelwert 2013–2018 bis Ende 2022 in der Lage, den Bedarf an Hartsplitt für die Strassendeckschichten vollständig zu decken. Auch der Bedarf an Gleisschotter könnte bis Ende 2022 durch die schweizerische Produktion gedeckt werden – dies aber nur aufgrund der kurzzeitigen Reduktion der Bahnbautätigkeiten der SBB, hauptsächlich ausgelöst durch COVID-19 (s. Kap. 4 u. Anhang A-1). Die Deckung des nationalen Bedarfs durch die inländische Produktion würde allerdings 2023 für Gleisschotter auf 66% und für Hartsplitt auf 92% sinken, falls die im Richtplan festgesetzten Abbaugebiete nicht rechtzeitig bewilligt und die geplanten Abbauvorhaben nicht umgesetzt werden (z.Z. als Ressourcen klassiert, helle Flächen in Fig. 19). Dieser Rückgang ist auf die Erschöpfung der bewilligten Reserven in einem grossen Hartsteinwerk zurückzuführen. Weitere Rückgänge in der Versorgung sind 2025 und 2030 aufgrund auslaufender Abbaubewilligungen in zwei weiteren Werken zu erwarten.

In seinen Entwicklungsstrategien und Handlungsgrundsätzen zeigt der Sachplan Verkehr, Teil Programm «Mobilität und Raum 2050» auf, dass *«für den Bau und Unterhalt von Hochleistungs-Verkehrsinfrastrukturen [...] und zur Vermeidung von langen, umweltbelastenden Transporten [...] eine dauerhafte Versorgung mit inländischem Hartstein sicherzustellen»* ist [5]. Wenn die beantragten Abbauprojekte vor 2025 bewilligt werden, würde dies die vollständige Deckung des Bedarfs an Hartsplitt ermöglichen. Der Bedarf an Gleisschotter könnte dann bis 2030 zu 92% aus der inländischen Produktion gedeckt werden. Ohne die richtplanerische Festsetzung und Bewilligung neuer Abbaugebiete oder Erweiterungen bestehender Abbaustandorte wird der Import von Gleisschotter, wie vor COVID-19, weiterhin und in zunehmendem Masse nötig. Ob und in welchem Umfang ein vermehrter Einsatz von RC-Hartsteinprodukten (zusätzlich zu den bestehenden Recyclingverfahren im Bahnbau) den Bedarf an primärem Hartstein reduzieren kann, kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht beurteilt werden (s. Kap. 3.3 u. 6.4).

6. Herausforderungen für die Hartsteinversorgung

Um die heutigen Bedürfnisse der Gesellschaft zu erfüllen, wird eine Vielzahl normkonformer und qualitativ hochwertiger Baustoffe benötigt, darunter auch Gleisschotter und Hartsplitt. Die dazu notwendigen mineralischen Rohstoffe können als Primärrohstoffe aus schweizerischen Materialabbaustellen und/oder als Sekundärrohstoffe aus Recyclingquellen gewonnen und in der Schweiz nach gängigen Umwelt- und Produktionsstandards verarbeitet werden. Um eine langfristige Versorgung der Schweiz mit inländischen Rohstoffen zu gewährleisten, müssen geeignete Vorkommen frühzeitig erkannt, in die kantonalen Planungsprozesse einbezogen und zeitgerecht nutzbar gemacht werden können. Kann der Bedarf trotzdem nicht mit inländischem Hartstein gedeckt werden, muss die fehlende Menge durch Import kompensiert werden.

In der Schweiz – wie auch in EU-Ländern und weltweit – steht die Rohstoffgewinnung in Konflikt mit überlagernden Schutz- und Nutzungsinteressen. Zusammen mit einer verbreiteten Ablehnung gegenüber Rohstoffabbauprojekten erschweren diese Konflikte die langfristige Versorgung mit den von der Gesellschaft benötigten Rohstoffen. Im Zusammenhang mit dem Zugang und der Nutzung von in der Schweiz vorkommenden Primärrohstoffen bestehen die Interessenkonflikte insbesondere mit Natur- und Landschaftsschutz, Landwirtschaft, Lärmschutz, Wald, Luftreinhaltung, Verkehrsinfrastruktur, Grundwasser und lokalen oder regionalen wirtschaftlichen Interessen wie Bau- und Gewerbezone oder Tourismus (Fig. 20).

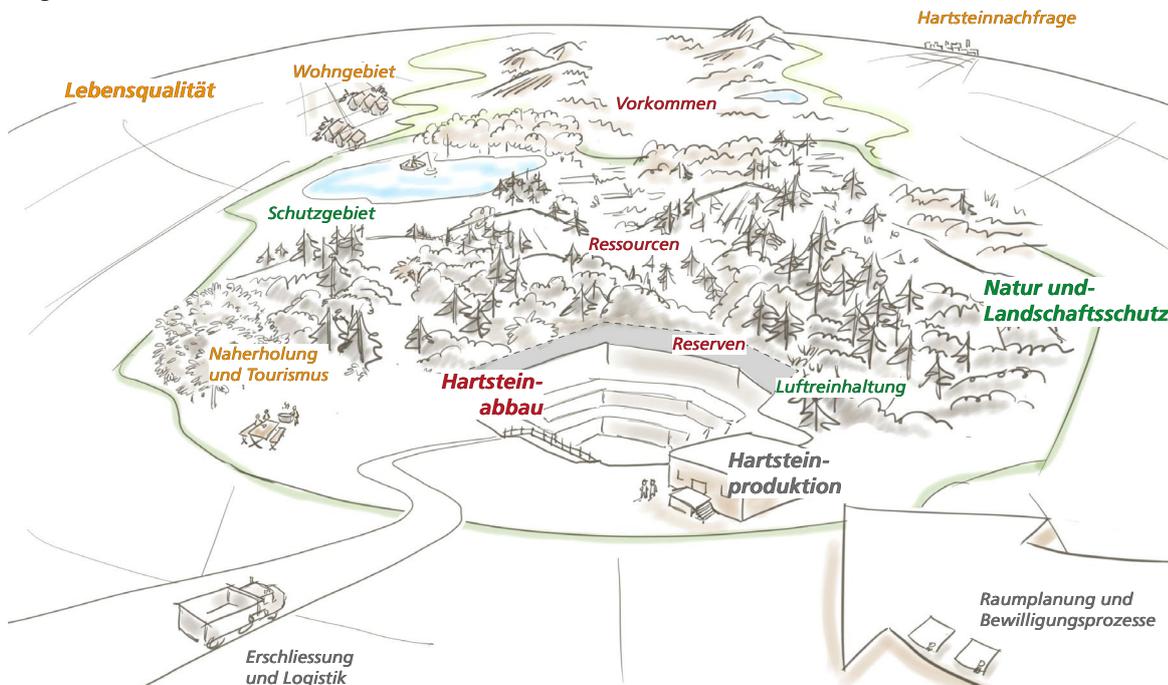


Fig. 20: Darstellung typischer Nutzungs- und Schutzansprüche. Eine Überlagerung dieser Ansprüche ist oft unvermeidlich.

Bild: Holcim (Schweiz) AG, Reserves and Mining (modifiziert).

6.1 Raumplanerische Sicherung von Abbauvorhaben

Aktuelle Planungen zeigen, dass potenziell geeignete Rohstoffabbaugebiete oftmals von überlagernden Schutz- und Nutzungsinteressen betroffen sind. Bei der Interessenabwägung stehen sich die Versorgung mit in der Schweiz vorhandenen Rohstoffen und die Schutz- und Nutzungsinteressen mit unterschiedlichem rechtlichem Stellenwert gegenüber. Weil Vorlaufzeiten für eine Abbaubewilligung erfahrungsgemäss 10–15 Jahre beanspruchen können, ist eine frühzeitige und detaillierte Planung notwendig.

Im Raumplanungsverfahren werden bei Abbauvorhaben die verschiedenen Schutz- und Nutzungsansprüche ermittelt, beurteilt und gegeneinander abgewogen. Die heutigen Hartsteinabbaugebiete und die Erweiterungspläne tangieren an verschiedenen Stellen planungsrechtliche Schutz- und Nutzungsperimeter aus dem Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler (BLN), dem Bundesinventar der Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung (IANB), Fruchtfolgefleichen (FFF), überregionale Wildtierkorridore, Wald und Grundwasserschutz zonen und Pärke von nationaler Bedeutung (Fig. 21 u. Tab. 5).

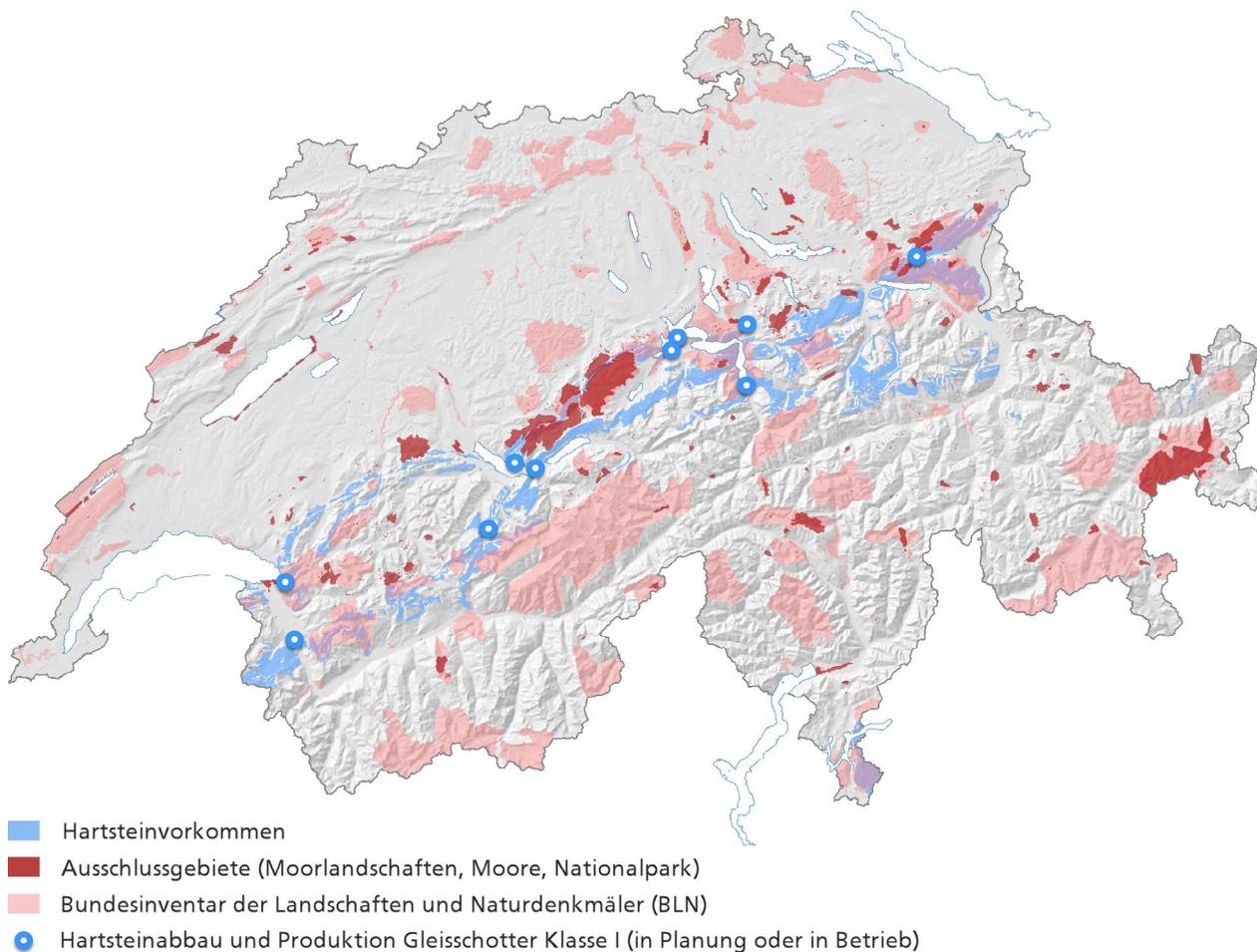


Fig. 21: Hartsteinvorkommen in der Schweiz (Auszug aus der Geologischen Karte der Schweiz 1:500 000, 2005), mit den heutigen und geplanten Hartsteinabbaugebieten (s. Tab. 5) sowie Ausschlussgebieten (nach NHG Art. 23c und 18a) und dem Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler (BLN, nach NHG Art. 5).
Quellen: swisstopo, FGS und BAFU.

Tab. 5: Auflistung von überlagernden Perimetern bei den aktiven Abbaustandorten und Perimetern in potenziellem Konflikt mit aktuellen Abbauperimetern oder eventuellen Erweiterungsgebieten für Hartsteinabbau.

Quellen: Geodaten des BAFU und aus kantonalen GIS-Portalen.

Werk	Perimeter überlagernd mit aktuellen Abbauperimetern	Weitere Perimeter in potenziellem Konflikt mit aktuellen Abbauperimetern oder eventuellen Abbauerweiterungsgebieten
FAMSA	Keine Überlagerung	Wald, FFF, Grundwasserschutzzonen
Arvel	BLN Nr. 1515	Wald, Grundwasserschutzzonen, Parc naturel régional Gruyère Pays-d'Enhaut Bemerkung: Die geplante Abbauerweiterung sieht einen Abbau unter Tage vor.
Blausee-Mitholz	Überregionaler Wildtierkorridor BE-1	Wald
Balmholz	Keine Überlagerung	Wald, Grundwasserschutzzonen
Rotzloch	BLN Nr. 1606.6	Amphibienlaichgebiet NW62, Wald
Kehrsiten	BLN Nr. 1606.4, Amphibienlaichgebiet NW61	Wald, Grundwasserschutzzonen
Zingel	BLN Nr. 1606.3	BLN Nr. 1604, Wald
Gasperini	Keine Überlagerung	BLN Nr. 1606.1, Amphibienlaichgebiet UR106, Wald, Grundwasserschutzzonen
Därliggrat	Projekt in Planung	BLN Nr. 1508, Wald Bemerkung: Das geplante Abbauvorhaben sieht einen Abbau unter Tage vor.
Starkenbach	BLN Nr. 1613.2, überregionaler Wildtierkorridor SG-13	BLN Nr. 1612.4, Wald

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 je nach betroffenen Interessen nicht grundsätzlich ausgeschlossen und erfordert eine sach- und stufengerechte Interessenabwägung aller relevanter Interessen. Im Sachplan Verkehr, Teil Programm «Mobilität und Raum 2050» wird festgelegt, dass ein Abbaustandort für Hartstein dann von nationalem Interesse ist, «wenn er eine jährliche Produktion von mindestens 5% des schweizerischen Bedarfs an Bahnschotter erster Qualität oder von mindestens 10% des schweizerischen Bruttobedarfs an primärem Hartstein zulässt» [5]. Allerdings sind die allfälligen oberirdischen Abbauvorhaben (neue oder Erweiterungen der existierenden Abbaustandorte), welche Schutzobjekte von nationaler Bedeutung (insb. BLN-Gebiete) tangieren, nur zulässig, wenn keine Alternative ausserhalb dieser Schutzobjekte ermittelt werden konnte. Für die Standortevaluation wird im Sachplan Verkehr eine interkantonale Koordination verlangt. Die Koordination soll dazu dienen, dass beispielsweise die Versorgungssituation sowie allfällige Eingriffe in Schutzobjekte nicht exklusiv aus kantonaler Perspektive betrachtet werden.

Figur 22 stellt den Ablauf des Verfahrens von der Standortsuche bis zum Abbaubetrieb vereinfacht dar. Die angegebenen Zeiten entsprechen Schätzungen basierend auf Erfahrungen der Industrie. Vorlaufzeiten für eine Abbaubewilligung können vom Richtplanverfahren bis zum Abbaubeginn 10–15 Jahre betragen. Die Evaluation neuer Standorte sowie die Einigung bei Einsprachen ist dabei nicht eingerechnet, da die dafür benötigte Zeit stark variieren kann.

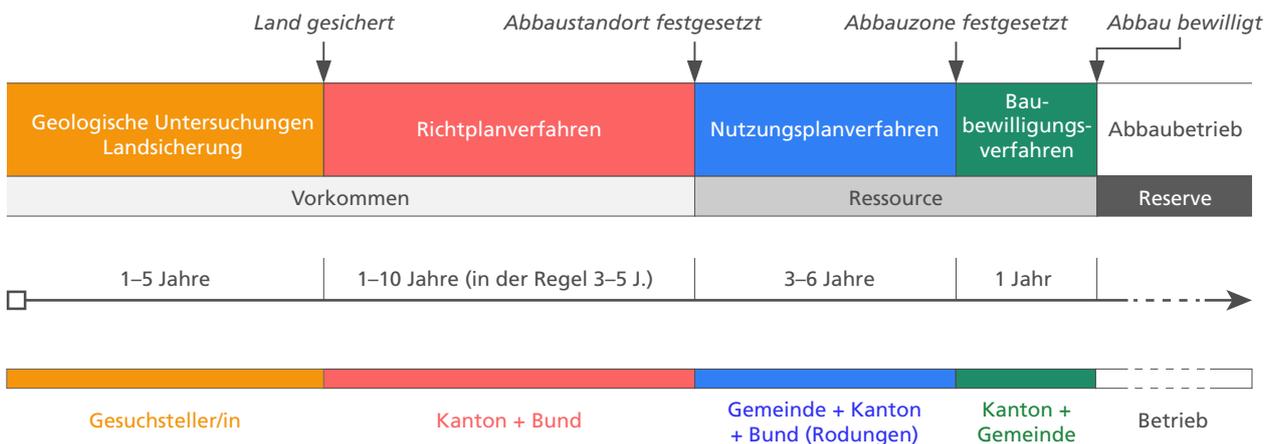


Fig. 22: Vereinfachte Darstellung des Abbaubewilligungsprozesses mit geschätzten Zeitangaben (basierend auf Erfahrungen der Industrie [38]) sowie den beteiligten Instanzen in den einzelnen Schritten (die erstgenannte Instanz ist jeweils federführend). Ab der Festsetzung des Abbaugebiets im Richtplan gilt das Vorkommen als Ressource, ab der Abschliessung des Baubewilligungsverfahrens als Reserve (s. Definitionen in Kap. 2.1).

Das Dokument «Hartsteinbrüche – Planungshilfe für die Standortplanung» von 2009 [31] stellt eine Konkretisierung einzelner Grundsätze des Sachplans Verkehr 2008 dar und enthält Hinweise für die Praxis anhand eines Kriterienkatalogs. Es handelt sich dabei um eine Planungsgrundlage, der keine formell rechtliche Verbindlichkeit zukommt. Der in der Planungshilfe enthaltene Kriterienkatalog stellt ein Instrument zur frühzeitigen Abwägung von Nutzungs- und Schutzinteressen dar. In einem ersten Schritt lassen sich Konflikte und Ausschlusskriterien für Abbauvorhaben ermitteln. In einem zweiten Schritt werden Handlungsspielräume aufgezeigt.

6.2 Auswirkungen auf Landschaft und Biodiversität

Der Abbau von Rohstoffen führt zu Eingriffen in Natur und Landschaft. Die Rekultivierung von Abbaustellen wird deshalb in den Abbaubewilligungen festgelegt. Um die negativen Auswirkungen auszugleichen, bedarf es einer sorgfältigen Planung und Durchführung der Abbau- und Rekultivierungstätigkeiten.

Der schweizerische Alpennordrand mit seinen landschaftlich und damit touristisch attraktiven Alpenrandseen wird geprägt durch die mächtigen Schichtabfolgen der nördlichen Alpen. Ideal für den Abbau von Hartstein sind gut zugängliche Lagen in Tälern und oft entlang der Voralpenseen. Viele Hartsteinbrüche befinden sich innerhalb oder am Rand von BLN-Gebieten oder anderen Schutzobjekten (s. Tab. 5 in Kap. 6.1). Es ergeben sich Konflikte zwischen der Rohstoffgewinnung und dem Schutz von Landschaft und Lebensräumen; aber auch die Tourismusbranche und die Bevölkerung in diesen Gebieten wehren sich gegen weitere physische und ästhetische Beeinträchtigungen [39].

Die Gewinnung von Rohstoffen im Tagebau ist mit einem Eingriff in die bestehende Landschaft verbunden. Mit ihren markanten, oft sehr steilen Abbaufonten und infolge der hohen Verwitterungsresistenz der anstehenden Felsen verändern Steinbrüche die Landschaft dauerhaft. Im Gegensatz zur Mehrheit der ausgeschöpften Kies-, Sand- und Mergelgruben werden Steinbrüche nach dem Abbau oft nicht vollständig aufgefüllt.

Können Abbauaktivitäten unter Tage verlagert werden, führt das zu einer Minimierung der landschaftlichen Auswirkungen. Hartsteinabbau unter Tage bringt allerdings vielfältige neue Herausforderungen mit sich, sowohl technisch als auch bezüglich der Erschliessungs- und Betriebskosten (s. Diskussion in Kap. 6.3).

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 diese nach Abschluss der Nutzung flächen- und wertgleich wiederherzustellen. Können die Lebensräume nicht oder nur teilweise wiederhergestellt werden, müssen sie im erforderlichen Umfang an einem geeigneten Standort ersetzt werden. Dieser Ersatz nach NHG (Art. 18 Abs. 1ter) dient dazu, die durch die Eingriffe verursachten Verluste zu kompensieren. Verluste zu Lasten der Natur, welche bis zur Wiedererlangung der vollen Funktionsfähigkeit eintreten können, müssen mit zusätzlichen Ersatzmassnahmen kompensiert werden. Massnahmen zum ökologischen Ausgleich werden hingegen getroffen, um Einflüsse von intensiver Nutzung in einem Gebiet möglichst auszugleichen [40].

Die Rekultivierung einer Abbaustelle, Wiederherstellungsmassnahmen, der Ersatz nach NHG sowie Massnahmen zum ökologischen Ausgleich innerhalb und ausserhalb des Abbauperimeters werden im Rahmen der Abbaubewilligung festgelegt. Eine sorgfältige und frühzeitige Planung der Abbau- und Rekultivierungstätigkeiten über die gesamte Dauer des Betriebs und im Hinblick auf die Endgestaltung kann die negativen Auswirkungen auf Landschaft und Biodiversität mindern. Indem diese Punkte vorgängig in der Abbaubewilligung geregelt werden, wird sichergestellt, dass die gewünschten Rekultivierungsziele nach Beenden des Abbaus erreicht sowie der zu leistende Ersatz nach NHG und die vereinbarten Massnahmen zum ökologischen Ausgleich umgesetzt werden.

Wiederherstellungsmassnahmen und der Ersatz nach NHG sowie Massnahmen zum ökologischen Ausgleich innerhalb und ausserhalb des Abbauperimeters werden in der Schweiz von den Abbaubetrieben finanziert und meistens von unabhängigen Naturschutzspezialistinnen und -spezialisten begleitet.²⁸ Bereits während der Abbauphase werden in inaktiven Bereichen innerhalb und teils auch ausserhalb des Abbauperimeters verschiedene Massnahmen für den Ersatz nach NHG und zum ökologischen Ausgleich durchgeführt.

²⁸ Z.B. Pro Natura, WWF und Stiftung Natur & Wirtschaft. Die Hälfte aller Hartsteinabbaustandorte ist von der Stiftung Natur & Wirtschaft zertifiziert. Die Stiftung zeichnet in Zusammenarbeit mit dem Fachverband der Schweizerischen Kies- und Betonindustrie (FSKB) naturnah gestaltete Abbaustellen aus.

6.3 Hartsteinabbau unter Tage: Potenziale und Grenzen

Zur Minimierung der landschaftlichen und weiteren Auswirkungen wird die Verlagerung der Abbauaktivitäten unter Tage in Betracht gezogen. Allerdings ist der Abbau unter Tage in der Schweiz generell noch sehr wenig verbreitet, was Machbarkeits- und Kostenanalysen erschwert. Hartsteinabbau unter Tage bringt vielfältige neue Herausforderungen mit sich, sowohl technisch als auch bezüglich der höheren Erschliessungs- und Betriebskosten gegenüber dem oberirdischen Abbau. Ein Abbaustandort unter Tage für die Gleisschotterproduktion existiert in der Schweiz bisher nicht. Allerdings befinden sich einige Projekte in Planung, welche Antworten auf die Unsicherheiten bezüglich Machbarkeit liefern werden.

Die Verlagerung der Abbauaktivitäten unter Tage zur Verminderung oder Beseitigung der Auswirkungen auf Landschaft, Natur und Gesellschaft (s. Kap. 6.2) ist international wie auch in der Schweiz ein wiederkehrendes Thema. In der Bergbaubranche und in internationalen Gremien wird das sogenannte «invisible mining» zunehmend thematisiert. Diverse, auch von der EU finanzierte Projekte befassen sich in Europa mit verschiedenen Aspekten dieser Thematik (z.B. EuroGeoSurveys Projekt I²Mine).

In der Schweiz wird aktuell in folgenden Gebieten Hartsteinabbau unter Tage in Betracht gezogen:

ARVEL (VD)

Für den Standort Arvel hat der Grossrat des Kantons Waadt im Jahr 2019 einem Projekt zur Untersuchung des Abbaus unter Tage zugestimmt. In den Augen des Rates kann der Abbau fortgesetzt werden, sofern er unter Tage stattfindet und somit lästige Auswirkungen und Umweltbelastungen reduziert werden können. Das Genehmigungsverfahren, welches eine Umweltverträglichkeitsprüfung sowie die Konsultation der zuständigen Ämter des Kantons und des Bundes einschliesst, hat begonnen.

LÄNTIGEN (SZ)

Im Kanton Schwyz ist der unterirdische Abbaustandort Lüntigen seit 2009 in der Ausführungsphase. Die betreibende Firma hat die Konzession erhalten, Hartstein unter Tage abzubauen und das Material ausschliesslich mit dem Schiff abzutransportieren. Allerdings erwies sich die resultierende Gesteinskörnung aufgrund der Gebirgsmechanik und dem benötigten hohen Sprengmittelbedarf unter Tage für die Herstellung von Gleisschotter der Klasse I als unzureichend. Es wird beabsichtigt, die Produktion auf die Herstellung von Betonkies und Hartsplitt auszurichten. Der Abbau steht zurzeit still.

DÄRLIGGRAT (BE)

Im Rahmen der Potenzialstudie 2012 wurde das Gebiet Därliggrat/Unterseen als mögliches Abbaugelände (über Tage) identifiziert [27] (s.a. Kap. 5.2). Nach dem von der Regionalplanungskonferenz Berner Oberland abgelehnten Tagebauprojekt ROCA im Gebiet Rugen wurde 2019 eine Änderung des Bergregalgesetzes des Kantons Bern vorgeschlagen und die Bedingungen für eine Konzession für Rohstoffabbau unter Tage angepasst. Die Festsetzung des Standorts im Richtplan ist beantragt. Derzeit befindet sich ein neues Abbauprojekt für die Produktion von Gleisschotter der Klasse I und weiteren Hartsteinprodukten im Konzessionsverfahren – diesmal unterirdisch unter dem Därliggrat (s. Fig. 13 in Kap. 3.4). Für die

Entwicklung und Bewirtschaftung des Abbaustandorts sind verschiedene Projektentwürfe eingereicht worden. Die Evaluation der eingereichten Abbauprojekte für die Erteilung der Konzession ist aktuell im Gange.

Trotz nationaler und internationaler Bestrebungen, die Rohstoffabbauaktivitäten unter Tage zu verlegen, sind die Herausforderungen mit solchen Projekten vielfältig. Zum einen hat die Schweiz, im Gegensatz zu den Nachbarländern, historisch bedingt keine breit entwickelte Abbauerfahrung unter Tage, insbesondere im technischen und betriebswirtschaftlichen Bereich. Zum anderen stellen die höheren Anfangsinvestitionen und Produktionskosten, resultierend aus dem Mehraufwand für die Planung, die Erkundungsarbeiten, die Instandstellung und den Betrieb eines unterirdischen Abbaus, ein zusätzliches wirtschaftliches Risiko dar. Die derzeitige Erfahrung hat bisher gezeigt, dass ein untertägiger Sprengvortrieb einen höheren Sprengmittelbedarf hat, welcher tendenziell kleine Gesteinskörnungen erzeugt, die den normierten Anforderungen an Gleisschotter nicht entsprechen.

6.4 Potenziale und Grenzen zur Schonung der Primärrohstoffe

Die sehr hohen Qualitätsanforderungen im Gleis- und Strassenbau und der durch diverse Schutz- und Nutzungskonflikte erschwerte Zugang machen Hartstein zu einem raren und kostbaren Gut. Aufgrund dieser Aspekte ist es sinnvoll, dass dieser Rohstoff für zukünftige Generationen bestmöglich geschont wird. Dazu wird ausgebaute Gleisschotter derzeit auf der Baustelle aufbereitet und als Sekundärrohstoff wiederverwendet. Zusätzliches Recyclingpotenzial und weitere Prozessoptimierungen gilt es weiter zu untersuchen und umzusetzen.

Um den Rohstoffverbrauch der Schweiz zu reduzieren und damit die natürlichen Primärrohstoffe zu schonen, hat der Bund die Material- und Stoffflüsse entlang der gesamten Wertschöpfungskette vom Rohstoffabbau über das Produktdesign bis zur Abfallbewirtschaftung im Fokus. 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 Rohstoffen und zur Schliessung von Stoffkreisläufen dar. Im Kontext mit den mineralischen Sekundärrohstoffen fördern die neuen Vollzugshilfen zur VVEA die nachhaltige Nutzung von natürlichen Rohstoffen durch die umweltverträgliche Verwertung von Abfällen, wie zum Beispiel Bauabfällen [41] oder unverschmutztem und schwach verschmutztem Aushub- und Ausbruchmaterial [42]. Der Sachplan Verkehr, Teil Programm «Mobilität und Raum 2050» [5] hält fest, dass beim Bau und Unterhalt von Infrastrukturen das Recyclingpotenzial, wenn technisch möglich und sinnvoll, auszuschöpfen ist. Mit der Gleisaushubrichtlinie [20] legt das BAV die ökologischen Anforderungen für die Verwertung, Behandlung und Ablagerung des Gleisaushubs fest. Artikel 12 der VVEA schreibt eine Verwertung der Abfälle nach dem Stand der Technik vor. Die laufenden Entwicklungen in den betreffenden Bereichen werden beobachtet und in einer Aktualisierung des vorliegenden Rohstoffsicherungsberichts aufgegriffen.

POTENZIALE UND GRENZEN IM BEREICH BAHN

Dank moderner Verfahrenstechnik sind Bahnunternehmen bereits heute in der Lage, die Primärrohstoffe zu schonen bzw. den Bedarf an primärem Hartstein erheblich zu senken, indem sie Gleisschotter direkt

auf der Baustelle aufbereiten und den dadurch gewonnenen RC-Gleisschotter wieder im Gleisbett einbauen. Die angewandten Prozesse und deren Beitrag zur Deckung des Bedarfs bzw. zur Schonung der natürlichen Ressourcen sind in den Kapitel 3.3 und 4 beschrieben.

Potenzial für eine weitere Senkung des Bedarfs an primärem Hartstein könnte in der Optimierung der Verwertung desjenigen Anteils des Gleisaushubs bzw. des Gleisschotters liegen, der heute von der Baustelle weggeführt wird (s. Fig. 11 in Kap. 3.3). Gemäss der für den vorliegenden Bericht durchgeführten Materialflussanalyse und des Erläuterungsberichts zur Gleisaushubrichtlinie [21] können schätzungsweise 0,6–0,7 Mio. t Gleisaushub pro Jahr anfallen. Wieviel von dieser Menge effektiv zu RC-Gleisschotter oder RC-Hartsplitt verwertet wird oder werden könnte, hängt von verschiedenen Faktoren ab (insb. Qualität bzw. Abnutzungsgrad, Verschmutzungsgrad, Ausbauverfahren usw.) und ist auf nationaler Ebene zurzeit nicht bekannt. Um den Hartstein-Stoffkreislauf weiter zu schliessen, wäre eine nationale Erfassung der Verwertungswege und Mengen des weggeführten Gleisaushubs grundlegend. Im Rahmen der geplanten Revision der Gleisaushubrichtlinie im Jahr 2022 werden diese Verwertungswege analysiert und das Verwertungspotenzial von ausgebautem Gleisschotter (sowie der anderen Komponenten des Gleisaushubs²⁹) unter der Leitung des BAV untersucht – unter Berücksichtigung verschiedenster Gesichtspunkte (technisch, wirtschaftlich, ökologisch) und unter Einbezug von praktischen Erfahrungen im Baustellenbetrieb.

Optimierungspotenzial besteht im Einsatz von Gleisschotter der Klasse I. Bei Gleisstrecken mit hoher Verkehrsbelastung ist die Verwendung von Gleisschotter der Klasse I im Regelwerk des VöV³⁰ vorgeschrieben. Gleisschotter der Klasse II oder «unverschmutzter gewaschener Altschotter»³¹ ist gemäss dieser Regelung bei geringeren Belastungen gut geeignet (s. Fig. 9 in Kap. 3.3). Trotzdem ist es nicht ungewöhnlich, dass auf gering belasteten Strecken Gleisschotter der Klasse I zum Einsatz kommt. Eine geregelte Priorisierung des Einsatzes von Gleisschotter der Klasse I für diejenigen Strecken mit hoher Belastung und die Förderung der Nutzung von Gleisschotter der Klasse II oder RC-Gleisschotter für alle weiteren Strecken würde den Bedarf an qualitativ bestem Hartstein (Klasse I) verringern und damit die Primärvorkommen dieses Rohstoffs schonen. Eine vermehrte Nutzung von Gleisschotter der Klasse II würde jedoch zu einer Verschiebung des Abbaus auf andere Abbaustandorte führen. Aufgrund von fehlenden Grundlagen zur Verteilung der Verkehrsbelastungen auf dem schweizerischen Schienennetz ist eine Quantifizierung dieses Potenzials zurzeit nicht möglich.

Die sogenannte feste Gleisfahrbahn besteht aus einer betonierten Fahrbahnplatte, auf welcher die Schienen direkt montiert werden. Diese Bauweise benötigt keinen Gleisschotter und wird in einigen Ländern als Alternative zum Gleisbau mit Gleisschotter eingesetzt. Dazu ist ein setzungsarmer Untergrund Voraussetzung, da mit dieser starren Bauweise inhomogene Setzungen nur schwer ausgeglichen werden können. In der Schweiz wechseln die geologischen Verhältnisse oft sehr kleinräumig, weshalb eine feste Fahrbahn grundsätzlich in Tunnelabschnitten oder auf Kunstbauten wie Viadukten zum Einsatz kommt.

29 Unterbau, Sickerpackung und Bankettmaterial.

30 Regelwerk R RTE 21110 (s. Anhang A-3).

31 Die Bezeichnung «unverschmutzter gewaschener Altschotter» aus der R RTE 21110 entspricht gemäss der im vorliegenden Bericht verwendeten Terminologie «RC-Gleisschotter». Der Begriff «RC-Gleisschotter» wird in der besagten Regelung nicht verwendet.

POTENZIALE UND GRENZEN IM BEREICH STRASSE

Über den Einsatz von RC-Hartsplitt im Strassenbau liegen zurzeit nur punktuelle Angaben vor. RC-Hartsplitt könnte auf zwei Arten hergestellt werden: durch die Verwertung bzw. das Nachbrechen des geeigneten Anteils des ausgebauten Gleisschotters, der heute von den Gleisbaustellen weggeführt wird (s. vorherige Abschnitte), oder durch die Trennung der Hartsteinkörnungen aus den ausgebauten Asphaltsschichten. Für Letzteres befinden sich dank dem Fortschritt der Forschung Verfahren in Entwicklung [23, 24]. Ob die gewonnenen RC-Gesteinskörnungen die Qualitätsanforderungen für den Einsatz in Strassendeckschichten erfüllen können, gilt es zu untersuchen.

POTENZIALE UND GRENZEN IM BEREICH TUNNELBAU

In Abhängigkeit von den geologischen und geotechnischen Gegebenheiten kann die Verwertung von anfallendem Ausbruchmaterial in Tunnelbauprojekten unterschiedliche Materialklassen generieren. Gemäss der Norm SIA 199 ist die definierte Materialklasse 1 für die Steine-und-Erden-Industrie (z.B. Zement-, Klinker- oder Hartschotterproduktion) geeignet, wobei diese Klassierung nicht mit den vom VöV reglementierten Gleisschotterklassen (I und II)³⁰ vergleichbar ist. So können mit qualitativ geeignetem Ausbruchmaterial die primären Hartsteinquellen weiter geschont werden. Im Rahmen der Realisierung des Albulatunnels beispielsweise wurde Ausbruchmaterial aufbereitet und als Gleisschotter auf dem Bahnnetz der Rhätischen Bahn eingesetzt [43].

POTENZIALE UND GRENZEN IM BEREICH HARTSTEINPRODUKTION

Ein Ansatz des VSH zur Optimierung des Hartsteinabbaus ist die Maximierung der Nutzung des abgebauten Hartsteins für die Gleisschotterproduktion. Der Anteil an langkörnigen Steinen im Gleisschotter soll gemäss der Norm SN 670 110 maximal 4% betragen. Wenn dieser Anteil auf 8% angehoben werden könnte, würde das den Ausschuss nicht normgemässer Körner aus der Gleisschotterproduktion um jährlich rund 30 000 t reduzieren. Entsprechend muss im gleichen Umfang weniger Hartstein abgebaut werden. Ein solcher Ansatz bedingt jedoch eine Änderung der geltenden Norm.

POTENZIALE UND GRENZEN IM BEREICH ALTERNATIVE ROHSTOFFE

In einigen Ländern (z.B. USA und Deutschland) wird teilweise Stahlwerksschlacke (ein Abfallprodukt der Stahlproduktion) für den Gleis- und Strassenbau eingesetzt [44]. In der Tat weist dieses Material Eigenschaften auf, die vergleichbar sind mit denen von natürlichem Hartstein oder die Anforderungen sogar besser erfüllen [45]. In der Schweiz wird heute ausschliesslich un- und niedriglegierter Stahl aus Stahlschrott im Elektroofenverfahren hergestellt. Die resultierende Elektroofenschlacke (EOS)³² wird nach der Kühlung zu sogenanntem EOS-Granulat aufbereitet. Gemäss dem VVEA-Modul zur Verwertung von Elektroofenschlacke [46] eignet sich das EOS-Granulat unter gewissen umweltbedingten Anforderungen als Koffermaterial oder als Zuschlagstoff für die Beton- und Asphaltproduktion. Allerdings scheint die Anwendung dieses Materials als Gleisschotter und zum Teil auch als Hartsplitt für belastungsfähige Deckbeläge aufgrund der hohen Qualitätsansprüche heute nicht möglich.³³

32 Gemäss der Erhebung des BAFU fielen 2018 bis zu 170 000 t EOS als Produktionsabfall an [46].

33 Das Stahlwerk in Gerlafingen (SO) beispielsweise produziert ein EOS-Granulat, welches in der Korngrösse und im «Widerstand gegen Zertrümmerung» nicht den Anforderungen für Gleisschotter der Klasse I oder II entspricht (LA = 35 statt LA ≤ 16 oder LA ≤ 24) [47].

7. 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 «Hartstein» fasst aktuelle Grundlagendaten zum Rohstoff Hartstein aus nationaler Perspektive zusammen und liefert damit die Basis zur Beurteilung der Versorgungssituation mit inländischem Hartstein.

Der Rohstoff Hartstein spielt für die schweizerische Verkehrsinfrastruktur eine bedeutende Rolle. Er wird insbesondere für die stark beanspruchte Deckschicht von Hochleistungs- und Hauptverkehrsstrassen sowie für das Schotterbett eines grossen Anteils des schweizerischen Schienennetzes eingesetzt. Mit der prognostizierten Zunahme des Verkehrs steigt der Druck auf deren bauliche Komponenten. Für die dadurch erforderlichen Instandhaltungs- und Erneuerungsarbeiten ist eine gesicherte Versorgung mit qualitativ und quantitativ geeigneten Hartsteinprodukten wie Gleisschotter und Hartsplitt, sowie auch anderen Baustoffen, entscheidend. Die Wichtigkeit des Rohstoffs Hartstein und dessen gesicherten Versorgung aus inländischen Quellen wird im 2021 aktualisierten Sachplan Verkehr, Teil Programm «Mobilität und Raum 2050» weiterhin hervorgehoben [5]. Darin ist das nationale Interesse eines Abbaustandorts unter anderem durch den Anteil der jährlichen Produktion von Gleisschotter der Klasse I am schweizerischen Bedarf definiert (s.a. Kap. 6.1).

Der nationale Gesamtverbrauch an primären Hartsteinprodukten lag in den Jahren 2016–2019 bei rund 2,41 Mio. t pro Jahr. Davon entfiel rund die Hälfte auf den Gleisbau (755 000 t Gleisschotter) und auf den Strassenbau (500 000 t Hartsplitt für Deckschichten). Die acht schweizerischen Hartsteinwerke des VSH lieferten jährlich rund 2,15 Mio. t Hartsteinprodukte. Schätzungsweise rund 0,26 Mio. t wurden importiert (vor allem Gleisschotter). Export fand nicht statt.

Die im vorliegenden Bericht dargestellte Prognose sieht für den Zeitraum von 2025 bis 2035 einen Bedarf von knapp 1,2 Mio. t Gleisschotter und rund 500 000 t Hartsplitt pro Jahr vor. Rund 30% des benötigten Gleisschotters wird bereits durch die Bereitstellung von an der Gleisbaustelle aufbereitetem RC-Gleisschotter gedeckt. Der Rest, rund 780 000 t, sind aus primären Quellen bereitzustellen. Die weiterhin für die Erneuerung von Hochleistungs- und Hauptverkehrsstrassen benötigten 500 000 t Hartsplitt werden verfahrenstechnisch bei der Herstellung des inländisch produzierten Gleisschotters erzeugt.

Die Schweiz verfügt über reiche Hartsteinvorkommen. Sie treten vor allem in den nördlichen Alpen zwischen Genfersee und Bodensee und im Südtessin auf. Die breite räumliche Verteilung an sich bedeutet jedoch nicht, dass diese Hartsteinvorkommen auch zugänglich und wirtschaftlich und technisch abbaubar sind, ebenso wenig, ob ein Abbau bewilligungs-

fähig ist. Viele Vorkommen befinden sich in hochalpinem Gelände und sind somit logistisch oft nicht oder nur schwer zugänglich. Die in den Tälern verbleibenden Gebiete sind mit zahlreichen Interessenkonflikten konfrontiert, was die Bewilligungsverfahren für neue Abbaugebiete oder Erweiterungsprojekte von bestehenden Gebieten erschwert bzw. verlängert. Dieser Aspekt beeinflusst heute, wie auch in der Vergangenheit, die langfristige Versorgung mit dem Rohstoff Hartstein aus inländischen Quellen.

Die Gewinnung von Rohstoffen im Tagebau hat Auswirkungen auf Natur, Landschaft und die lokale Bevölkerung. Zur Schonung der natürlichen Ressourcen und zur Reduktion der aus dem Abbau resultierenden negativen Auswirkungen gibt es direkte und indirekte Ansätze: (a) die Verlagerung der Abbauaktivitäten unter Tage und (b) eine Reduktion des Abbaus von Primärrohstoffen durch die Optimierung der Rohstoffflüsse entlang der gesamten Aufbereitungs- und Lieferkette sowie den weiteren Ausbau des Recyclings. Beide Ansätze haben technische, umweltrelevante und wirtschaftliche Grenzen, aber auch ein mögliches, zurzeit allerdings nicht quantifizierbares Potenzial (s. Kap. 6.3 u. 6.4). Die laufenden Entwicklungen in den betreffenden Bereichen werden beobachtet und in einer Aktualisierung des vorliegenden Rohstoffsicherungsberichts aufgegriffen.

Ohne neue Abbaubewilligungen, und sofern sich der Recyclinganteil oder die Gesamtproduktion in den nächsten Jahren nicht weiter erhöht, würde 2023 die Deckung des nationalen Bedarfs durch die inländische Produktion für Gleisschotter auf 66% (2018: 74%) und für Hartsplitt auf 92% (2018: 100%) sinken. In der Folge wäre eine Steigerung des Imports von Hartsteinprodukten (insb. Gleisschotter) zu erwarten. Können geplante Erweiterungsgebiete oder neue Abbaugebiete nicht für den Abbau freigegeben werden, kann dies 2025 und 2030 zu weiteren Rückgängen in der inländischen Hartsteinproduktion führen.

Soll die Versorgung des Rohstoffs Hartstein, wie im Sachplan Verkehr, Teil Programm «Mobilität und Raum 2050» [5] festgehalten, möglichst durch die inländische Produktion sichergestellt werden, dann braucht es kurz- bis mittelfristig die Bewilligung von drei beantragten Erweiterungsprojekten. Diese sind im Bewilligungsverfahren sowie in der Planung unterschiedlich weit fortgeschritten. Bei deren Bewilligung könnte die inländische Produktion den nationalen Bedarf an Gleisschotter bis 2030 zu 92% und denjenigen an Hartsplitt vollständig decken. Für eine längerfristige Sicherung der Versorgung mit Hartstein aus inländischen Quellen wäre die Festsetzung weiterer Standorte in den kantonalen Richtplänen ein zielführender Schritt.

Die Nutzung des Untergrunds bzw. die Bewilligung für die Gewinnung von mineralischen Rohstoffen liegt vornehmlich in der Hoheit der Kantone. Sie sind diesbezüglich für die Sicherung der Rohstoffversorgung und für eine geordnete und nachhaltige Nutzung des Untergrunds zuständig. Die bei Abbauvorhaben oftmals vielseitig betroffenen Schutz- und Nutzungsinteressen bedingen eine frühzeitige, langfristige und koordinierte Planung zwischen den Kantonsbehörden und der Industrie. Vorlaufzeiten für eine Abbaubewilligung können vom Richtplanverfahren bis zum Abbaubeginn erfahrungsgemäss 10–15 Jahre betragen. Dabei wird jedoch nicht die Zeit berücksichtigt, die für die Beilegung etwaiger Einwände benötigt wird.

In Anbetracht der in diesem Bericht erhobenen Grundlagendaten und der daraus abgeleiteten Prognosen, erachtet es die Begleitgruppe, bestehend aus Mitgliedern aus der Wirtschaft, den Standortkantonen, der Forschung, NGOs und der Bundesverwaltung, als sinnvoll, wenn die folgenden zusätzlichen Ansätze weiterverfolgt werden:

- Die rohstoffgeologische Landesaufnahme der bedeutenden Hartsteinvorkommen soll weitergeführt werden. Die Daten werden von der Landesgeologie von swisstopo erhoben und bereitgestellt (Art. 5e LGeolV – SR 510.624). Diese sollen Behörden bei der Erfüllung ihrer (raum-)planerischen Aufgaben und die Industrie bei der Rohstoffexploration unterstützen.
- Zur Schonung der Primärrohstoffe soll der Stoffkreislauf von Hartstein, wenn technisch möglich und sinnvoll, weiter geschlossen werden. Um das Potenzial zur Rückführung von RC-Hartsteinprodukten in den Gleis- und Strassenbau zu bestimmen, bedarf es einer gesamtschweizerischen Erfassung der Verwertungswege und Mengen des von der Gleisbaustelle weggeführten Gleisschotters bzw. Gleisaushubs.
- Zur Schonung der Primärrohstoffe soll die Anwendung von Gleisschotter der Klasse I für die entsprechenden belastungskritischen Strecken priorisiert werden. Die Nutzung von Gleisschotter der Klasse II sowie von RC-Gleisschotter für Strecken unter geringeren Belastungen soll gefördert werden.
- Eine Neubewertung der in der der Potenzialstudie 2012 «Evaluation von Potenzialgebieten für Hartsteinbrüche ausserhalb der Landschaften von nationaler Bedeutung (BLN)» [27] definierten Kriterien soll basierend auf der aktuellen Ausgangslage durchgeführt werden, wenn sich die Versorgungssituation in absehbarer Zeit deutlich verschärft und/oder sich die Rahmenbedingungen ändern.

8. 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 UVEK (2008): Sachplan Verkehr, Teil Programm, Ergänzung Hartgestein. Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK, www.uek.ch.
- 4 Urteil des Bundesgerichts 1A.25/2006 vom 13. März 2007.
- 5 UVEK (2021): Sachplan Verkehr, Teil Programm: Mobilität und Raum 2050. Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK, www.uek.ch.
- 6 PERC (2017): PERC Reporting Standard 2017. Pan-European Standard for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves. The Pan-European Reserves and Resources Reporting Committee (PERC asbl), Belgium.
- 7 BFS (2019): Mobilität und Verkehr – Statistischer Bericht 2018. Bundesamt für Statistik BFS, www.bfs.admin.ch.
- 8 BFS: Statistik des öffentlichen Verkehrs (OeV). Bundesamt für Statistik BFS, www.bfs.admin.ch (Stand: 15. 9. 2021).
- 9 ASTRA: Strassenlängen (STL). Bundesamt für Strassen ASTRA, www.astra.admin.ch (Stand: 2020).
- 10 SCHMID, A. E. (2017): Aktuelle Diskussionen betreffend die Normengruppe Strassentypen – ein Werkstattbericht. – Strasse und Verkehr 2017/12, 19–21. Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, www.vss.ch.
- 11 ASTRA (2019): Netzzustandsbericht der Nationalstrassen, Ausgabe 2019. Bundesamt für Strassen ASTRA, www.astra.admin.ch.
- 12 BAV: Schienennetz (ID 98.1). Geobasisdatensatz. Bundesamt für Verkehr BAV, www.map.geo.admin.ch (Stand: 10. 12. 2017).
- 13 BFS: Leistungen des Personenverkehrs (PV-L). Bundesamt für Statistik BFS, www.bfs.admin.ch (Stand: 15. 9. 2021).
- 14 BFS: Gütertransportstatistik (GTS). Bundesamt für Statistik BFS, www.bfs.admin.ch (Stand: 15. 9. 2021).
- 15 ARE (2016): Verkehrsperspektiven 2040 – Entwicklung des Personen- und Güterverkehrs in der Schweiz. Bundesamt für Raumentwicklung ARE, www.uek.ch.
- 16 Emch+Berger (2021): Prognose des Hartsteinbedarfs bis 2035. Im Auftrag des Bundesamts für Landestopografie swisstopo, www.swisstopo.ch.
- 17 UVEK: Entwicklungsprogramm Nationalstrasse STEP. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK, www.uek.admin.ch.
- 18 UVEK: Ausbauschnitt 2035 der Bahninfrastruktur (AS 35). Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK, www.uek.admin.ch.
- 19 KÜNDIG, R., MUMENTALER, T., ECKARDT, P., KEUSEN, H. R., SCHINDLER, C., HOFMANN, F., VOGLER, R. & GUNTLI, P. (1997): Die mineralischen Rohstoffe der Schweiz. Schweizerische Geotechnische Kommission SGTK, Zürich.
- 20 BAV (2018): Gleisaushubrichtlinie: Planung von Gleisaushubarbeiten, Beurteilung und Entsorgung von Gleisaushub. Bundesamt für Verkehr BAV, www.bav.admin.ch.
- 21 BAV (2018): Erläuterungsbericht zur Revision der Gleisaushubrichtlinie. Bundesamt für Verkehr BAV, www.bav.admin.ch.
- 22 Der Schweizerische Bundesrat (2020): Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (VVEA) vom 4. Dezember 2015, SR 814.600, www.admin.ch.
- 23 CSD Ingenieure AG (2021): Bewirtschaftung von bituminösen Abfällen in der Schweiz. Wirtschaftliche und technische Bewertung der Entsorgungssituation von bituminösen Abfällen in der Schweiz. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), www.bafu.admin.ch.
- 24 Gisler Power GIPO: Aufbereitung von Altbelag. Kann abgerufen werden unter: www.gipo.ch → News → 02. 07. 2021 Aufbereitung von Altbelag (Stand: 7. 7. 2021).

- 25 GRUBENMANN, U. (1915): Die natürlichen Bausteine und Dachschiefer der Schweiz, III. Tabellarische Übersicht der Resultate der geologischen, petrographischen und technologischen Untersuchungen. – Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. 5.
- 26 BÄRTSCHI, C. (2012): Kieselkalke der Schweiz: Charakterisierung eines Rohstoffs aus geologischer, petrographischer, wirtschaftlicher und umweltrelevanter Sicht. – Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. 97.
- 27 VSH, SWISSTOPO, ARE, BAFU, KPK & SGTK (HRSG.) (2012): Evaluation von Potenzialgebieten für Hartsteinbrüche ausserhalb der Landschaften von nationaler Bedeutung (BLN) – Schlussbericht. www.are.ch.
- 28 EZV: Tarifnummern-Verzeichnis zum elektronischen Zolltarif Tares. Eidgenössische Zollverwaltung EZV, www.ezv.admin.ch (Stand: 1. 1. 2021).
- 29 swisstopo (2020): Rohstoffe zur Herstellung von Zement – Bedarf und Versorgungssituation in der Schweiz. – Ber. Landesgeol. 13 DE (nur als pdf), www.swisstopo.ch.
- 30 Urteil des Bundesgerichts 1A.168/2005 vom 1. Juni 2006.
- 31 ARE, BAFU, KPK, VSH & SGTK (HRSG.) (2009): Hartsteinbrüche – Planungshilfe für die Standortplanung. www.are.ch.
- 32 GERBER, M. (1992, nicht publiziert): Qualitätsanforderungen an Bahnschotter SBB (W Bau GD 32/89). Schlussbericht zur Eignungsuntersuchung der Gesteinsvorkommen, Eignungsprüfung der Schotter und Beurteilung der Schotterwerke. Geologisches Gutachtenbüro Gerber, Üttiligen.
- 33 VLP-ASPAN (2003): Runder Tisch Hartsteinbrüche – Landschaftsschutz. Schlussbericht des Mediators. Schweizerische Vereinigung für Landesplanung VLP-ASPAN.
- 34 VSH, BAFU, ARE, ASTRA & SBB (2003): Absichtserklärung vom Januar 2003 zur langfristigen Lösung des Konfliktbereichs Abbau von Hartgesteinen und Landschaftsschutz. www.are.ch.
- 35 UVEK (2008): Sachplan Verkehr, Teil Programm, Ergänzung Hartgestein: Erläuterungen. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK, www.are.ch.
- 36 Der Schweizerische Bundesrat (2020): Ehemaliges Munitionslager Mitholz: Bundesrat beschliesst die Räumung der Munitionsrückstände. Medienmitteilung 7.12.2020, www.admin.ch.
- 37 UVEK (2021, in Bearbeitung): Objektblatt OB 11.2 Mitholz. – Sachplan Verkehr, Teil Infrastruktur Schiene. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK, www.bav.admin.ch.
- 38 NOTHNAGEL, R. & KÜHNI, A. (2017): Herausforderungen der Rohstoffsicherung von Baurohstoffen in der Schweiz – Ein Bericht aus Unternehmenssicht. – Swiss Bull. angew. Geol. 22/1, 47–53.
- 39 STALDER, A. (2005): Ein innovatives Konzept für den Hartgesteinsabbau. – Informationsheft Forum Raumentwicklung 2005/3, 30–32. Bundesamt für Raumentwicklung ARE, www.are.ch.
- 40 KÄGI, B., STALDER, A. & THOMMEN, M. (2002): Wiederherstellung und Ersatz im Natur- und Landschaftsschutz. Hrsg. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Leitfaden Umwelt Nr. 11, Bern, www.bafu.admin.ch.
- 41 BAFU (2020): Bauabfälle. Ein Modul der Vollzugshilfe zur Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen. Umwelt-Vollzug Nr. 1826. Bundesamt für Umwelt BAFU, www.bafu.admin.ch.
- 42 BAFU (2021): Verwertung von Aushub- und Ausbruchmaterial. Teil des Moduls Bauabfälle der Vollzugshilfe zur Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen. Umwelt-Vollzug Nr. 1826. Bundesamt für Umwelt BAFU, www.bafu.admin.ch.
- 43 RHÄTISCHE BAHN: Das Ausbruchmaterial wird wiederverwertet. Kann abgerufen werden unter: www.albulatunnel.rhb.ch → Albulatunnel → Die Baustelle → Das Ausbruchmaterial wird wiederverwertet (Stand: 15. 6. 2021).
- 44 THIENEL, K.-CH. (2017): Eisenhüttenschlacken und Hüttensand. Institut für Werkstoffe des Bauwesens, Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen, Universität der Bundeswehr, München.
- 45 DELGADO, B. G., DA FONSECA, A. V., FORTUNATO, E. & MAIA, P. (2019): Mechanical behavior of inert steel slag ballast for heavy haul rail track: Laboratory evaluation. – Transportation Geotechnics 20.

- 46 BAFU (Hrsg.) (2018): Verwertung von Elektroofenschlacke (EOS). Ein Modul der Vollzugshilfe zur Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen. Umwelt-Vollzug Nr. 1826. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, www.bafu.admin.ch.
- 47 Stahl Gerlafingen AG: Elektroofenschmelzgestein (EOS). Kann abgerufen werden unter: www.stahl-gerlafingen.com → Energie und Umwelt → Recycling → Schmelzprozess → EOS (Schlacke) (Stand: 15. 6. 2021).
- 48 RÖTHLISBERGER, F. (2017, nicht publiziert): Carrières d'Arvel S.A. R RTE 21110. Examen d'aptitude du ballast. Petro-Min Experts, Sârl – GmbH, Dompierre.
- 49 MOJON, A. & GERBER, M. (1984): Geologisch-petrographisches Gutachten über die technischen Eigenschaften und Qualitätsmerkmale des Kieselkalks (Balmholz – Hartfels). Geologisches Gutachtenbüro Mojon & Gerber, Bern.
- 50 GERBER, M. (2015): STEINAG Rozloch AG, 6362 Stansstad. Abbaugbiet Rüti. Eignungsuntersuchung des Gesteinsvorkommens und Eignungsprüfung für Gleisschotter SBB. Geologisches Gutachtenbüro Gerber, Üttligen.
- 51 GERBER, M. (2010): KIBAG Kies Seeven. Steinbruch Zingel, Erweiterungsgebiet. Eignungsuntersuchung des Gesteinsvorkommens für Gleisschotter SBB. Geologisches Gutachtenbüro Gerber, Üttligen.
- 52 FORRER, M. (2019): Geologischer Jahresbericht 2018 – Hartsteinwerk Gasperini AG, Attinghausen. Büro für Technische Geologie AG, Sargans.

9. Verwendete Begriffe

Asphalt

Mischung aus Bitumen oder bitumenhaltigem Bindemittel, Gesteinskörnungen (Splitt) und allfälligen Zusätzen, die unter anderem im Strassenbau für Fahrbahnbefestigungen eingesetzt wird.

Bedarf (an Hartstein)

Geschätzte Prognose der zukünftigen Nachfrage (nach Hartstein), die auf mehreren sozio-ökonomischen und betriebswirtschaftlichen Variablen basiert. Im Gegensatz zum *Verbrauch* fokussiert sich der Bedarf auf die Zukunft.

Fruchtfolgefleichen (FFF)

Qualitativ bestgeeignetes ackerfähiges Kulturland, für welches spezielle Schutzbestimmungen gelten. Die FFF machen rund 40% der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche der Schweiz aus. Der Sachplan Fruchtfolgefleichen vom 8. Mai 2020 legt den Mindestumfang der FFF und deren Aufteilung auf die Kantone fest.

Gleisschotter

Für die Gleisbettung eingesetzter gebrochener Hartstein mit einer Korngrößenverteilung von 32 bis 55 mm. Gleisschotter hat entsprechend seiner wichtigen Funktion im Gleis hohe Qualitätsanforderungen zu erfüllen (insb. hoher Widerstand gegen Zertrümmerung (*Los-Angeles-Koeffizient*) und Gesteinshärte) und wird unterteilt in Gleisschotter der Klasse I und der Klasse II.

Hartsplitt

Im Strassenbau eingesetzter gebrochener Hartstein (insb. für die Deckschicht von Hochleistungs- und Hauptverkehrsstrassen) mit einer Korngrößenverteilung von 4 bis 32 mm. Hartsplitt hat entsprechend seiner wichtigen Funktion in der Strasse hohe Qualitätsanforderungen (insb. hoher Widerstand gegen die Polierwirkung von Fahrzeugreifen (*Polierwert PSV*)).

Hochleistungs- und Hauptverkehrsstrassen

Die vom VSS definierte Kategorie der Hochleistungs- und Hauptverkehrsstrassen umfasst National- und Kantonsstrassen (Norm VSS 40 040B, s. Anhang A-3 und [10]).

Los-Angeles-Versuch / Los-Angeles-Koeffizient (LA)

Mit dem Los-Angeles-Versuch nach der Norm SN 670 903-2C / EN 1097-2 wird der Widerstand gegen Zertrümmerung bestimmt. Dabei wird eine Gesteinsprobe in einer rotierenden Trommel mit Stahlkugeln beansprucht und dadurch zerkleinert bzw. abgerieben. Nach einer gewissen Anzahl Umdrehungen wird die Gesteinsprobe aus der Trommel über einem 1,6-mm-Sieb abgetrennt. Der Los-Angeles-Koeffizient (LA) ist der prozentuale Massenanteil der Gesteinsprobe, die nach Durchführung der Prüfung durch das Sieb hindurchgeht. Gleisschotter der Klasse I hat einen $LA \leq 16$, für Klasse II muss der $LA \leq 24$ sein (nach der Norm SN 670 110-NA / EN 13450). (Normen s. Anhang A-3)

Planumsschutzschicht (PSS)

Schutzschicht im Gleisunterbau, bestehend aus einem verdichteten ungebundenen Kiesgemisch, mit den Aufgaben, Lasten zu verteilen, den Untergrund vor Frosteinwirkung zu schützen, das Gleisbett vom Untergrund zu trennen und Wasser abzuleiten.

Polierwert PSV

Die Beständigkeit von Gesteinskörnungen gegen die Polierwirkung von Fahrzeugreifen wird in einem genormten Prüfverfahren bestimmt – unter Bedingungen, die denen auf einer Strassenoberfläche ähnlich sind (SN 670 903-8B / EN 1097-8) – und mit dem Polierwert PSV (polished stone value) angegeben. Die Prüfung wird an Gesteinskörnungen durchgeführt, die durch ein 10-mm-Sieb hindurchgehen und auf einem 7,2-mm-Schlitzsieb zurückbleiben. Zuerst wird die Probe in einer Schnell-

poliermaschine einer Polierwirkung ausgesetzt, danach wird der erreichte Polierzustand mit Hilfe einer Griffigkeitsmessung ermittelt. Der PSV wird dann aus den Griffigkeitsbestimmungen berechnet. Je höher der PSV, desto grösser ist der Widerstand gegen die Polierwirkung. Für die Deckschichten von Hochleistungs- und Hauptverkehrsstrassen muss der PSV > 50 sein (SN 670 103B-NA / EN 13043). (Normen s. Anhang A-3)

Primärrohstoffe

Im Verlauf der Erdgeschichte durch natürliche geologische Prozesse angereicherte Bodenschätze (auch geogene Rohstoffe genannt).

RC-Gleisschotter (rezyklierter Gleisschotter)

Gleisschotter, der das Produkt einer Verarbeitung von bereits zuvor verwendetem Gleisschotter ist (Definition gemäss der Europäischen Norm EN 13450:2002, s. Anhang A-3).

Reserve

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. 2.1).

Ressource

Rohstoffvorkommen mit einem hohen wirtschaftlichen Potenzial, dessen rohstoffgeologische Eigenschaften ausreichend bekannt sind, bei dem jedoch der rechtliche Zugang und/oder die wirtschaftliche und technische Abbaubarkeit nicht endgültig geklärt oder geprüft sind (d. h. es sind nicht alle Bedingungen für eine *Reserve* erfüllt) (s. Kap. 2.1).

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.

Sekundärrohstoffe

Durch stoffliche Verwertung (Recycling) aus Abfall gewonnene Rohstoffe (auch anthropogene Rohstoffe genannt). Dazu gehört auch die direkte Wiederverwendung von auf der Baustelle aufbereiteter Gleisschotter (s. Kap. 3.3).

Verbrauch (von Hartstein)

Berechnung, basierend auf historischen Kennzahlen über die Nutzung eines Rohstoffs (oder von Rohstoffgruppen): Verbrauch = Produktion in der Schweiz + Import – Export. Im Gegensatz zum *Bedarf* fokussiert sich der Verbrauch auf die Vergangenheit.

Vorkommen

Natürliche Konzentration von mineralischen oder sonstigen Rohstoffen von potenziellem 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 (s. Kap. 2.1).

10. 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
cemsuisse	Verband der Schweizerischen Cementindustrie
EOS	Elektroofenschlacke
EZV	Eidgenössische Zollverwaltung
FFF	Fruchtfolgeflächen
FGS	Fachgruppe Georessourcen Schweiz (ETH Zürich)
LA	Los-Angeles-Koeffizient für den Widerstand gegen Zertrümmerung
LGeoIV	Verordnung über die Landesgeologie (Landesgeologieverordnung), SR 510.624
NEROS	Netzwerk Mineralische Rohstoffe Schweiz
NHG	Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz
PSS	Planumsschutzschicht
PSV	Polierwert (polished stone value), Koeffizient für den Widerstand gegen Polieren
RC	Recycling (z.B. RC-Gleisschotter)
SECO	Staatssekretariat für Wirtschaft
SGTK	Schweizerische Geotechnische Kommission (heute: FGS)
SL-FP	Stiftung Landschaftsschutz Schweiz
VöV	Verband öffentlicher Verkehr
VSH	Verband schweizerischer Hartsteinbrüche
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute
VVEA	Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen [22]

11. Anhang

A-1 Grundlagen und Methodik zur Bedarfsprognose

Im Sinn des Grundsatzes Nr. 7 des Sachplans Verkehr 2008 [3], welcher eine periodische Überprüfung der Grundlagen zur Hartsteinversorgung verlangt, und im Rahmen der Erstellung des Rohstoffsicherungsberichts «Hartstein» wurden Emch+Berger von swisstopo für die Erarbeitung eines Modells zur Abschätzung des zukünftigen Bedarfs an Hartsteinprodukten beauftragt. Die Initialisierung des Modells wurde 2020–2021 unter der Fachbegleitung der Arbeitsgruppe «Hartstein» durchgeführt, welche aus Fachleuten des BAV, des ASTRA, des VSH, der SBB, der FGS, von NEROS und von swisstopo bestand.

Zur Abschätzung des zukünftigen Bedarfs an Hartstein wurden in einem Modell die aktuellen Materialflüsse aufgezeigt und der zukünftige Bedarf anhand der geplanten Erneuerungen und dem geplanten Neubau von Verkehrsinfrastrukturen aufgezeigt. Die Hauptergebnisse sind in Kapitel 4 dargestellt. Die nachfolgenden Grundlagen dienten der Erarbeitung des Modells:

- Runder Tisch: Hartsteinbrüche – Landschaftsschutz, Schlussbericht des Mediators, 2003, VLP-ASPAN [33]
- Detaillierte Absatzstatistik des VSH für die Jahre 1993–2019, VSH
- Effektive Gleisschotterbezüge der SBB für die Jahre 2010–2019, SBB
- Ausgeführte Fahrbahnerneuerungen in km für die Jahre 2011–2019, SBB, 17. 3. 2020
- Geplante Fahrbahnerneuerungen in km für die Jahre 2020–2040, SBB, 17. 3. 2020
- Statistikportal der SBB, Nachhaltigkeit, 19. 2. 2021
- Sachplan Verkehr, Teil Programm, Ergänzung Hartgestein, 2008, ARE [3]
- Handbuch Fahrbahnpraxis Normalspur / Meterspur, 1. 12. 2009 / 15. 11. 2011, VöV
- Gleisaushubrichtlinie und Erläuterungsbericht zur Revision der Gleisaushubrichtlinie, 22. 8. 2018, BAV [20, 21]

Da die Fachstellen des ASTRA und des BAV keine Statistik über die für die Infrastrukturbauten verbrauchten Hartsteinmengen führen, stützt sich das Modell grossmehrheitlich auf die detaillierten Produktionsdaten der Industrie (VSH und Hartsteinwerke) und die Materialbezüge der SBB. Die EZV verfolgt den Import und Export von Hartsteinprodukten nicht als eigenständige Einheit. Der Import wurde anhand der Daten des VSH und der SBB hochgerechnet, Export fand gemäss den vorliegenden Informationen nicht statt (s. a. Kap. 3.5).

Aus der Analyse der Verbrauchszahlen wurden die Materialflüsse von der Herstellung über die Nutzung bis zur Entsorgung von Hartsteinprodukten nachvollzogen und modelliert. Basierend darauf wurde mittels der historischen Entwicklung des Verbrauchs, der erforderlichen Mengen an

Hartstein pro Kilometer, der Nutzungsdauer und der vorgesehenen Erneuerungen der Strassen und Schienen von nationaler Bedeutung der Bedarf an Hartstein in der Schweiz prognostiziert.

A-1.1 Berechnungsbasis für den Bedarf an Gleisschotter für den Bahnbau

Die Nutzungsdauer einer Fahrbahn beträgt aktuell, gemäss Erfahrung der SBB, je nach Belastung der Strecke 25–40 Jahre. Aufgrund der Nutzungsfrequenz und dem Alterszustand der Fahrbahn sind die Bahnkilometer, welche jährlich erneuert werden müssen, in einem engen Rahmen vorgegeben und bewegen sich für die SBB in der Grössenordnung von 200–230 km pro Jahr (Durchschnitt 2016–2019: 215 km pro Jahr). Für die weiteren Bahnen wurden sie auf 70–85 km pro Jahr geschätzt (Quelle: Gleisaushubrichtlinie [20], VSH Absatzstatistik).

Aufgrund der vor allem durch COVID-19 bedingten Sparanstrengungen der SBB werden für die Jahre 2020–2024 die Strecken, welche erneuert werden, auf 150–200 km pro Jahr verringert (Durchschnitt: 175 km). Ab 2025 wird seitens SBB mit Streckenerneuerungen von 230 km pro Jahr gerechnet.

Für die weitere Beurteilung wird davon ausgegangen, dass in Zukunft pro erneuertem Bahnkilometer mit einem Gleisschotterbedarf im Durchschnitt der Jahre 2016–2019 gerechnet werden kann. Dies sind rund 1860 t Gleisschotter pro km. Auf Basis dieser Kenndaten (230 km pro Jahr und 1860 t pro km) ergibt sich bei der SBB ein Bedarf von 430 000 t Primärschotter pro Jahr für die Fahrbahnerneuerungen und 100 000 t für den Fahrbahnunterhalt. Bei den Privatbahnen wird von einem Bedarf von rund 250 000 t pro Jahr ausgegangen (entsprechend dem Verbrauch 2016–2019).

Gemäss der Prognose für die Periode 2025–2035 beträgt der Bedarf an Gleisschotter aus primären Quellen für den Bahnbau somit rund 780 000 t pro Jahr. Der leicht erhöhte Bedarf gegenüber dem Verbrauch von 755 000 t pro Jahr für die Periode 2016–2019 ist einzig auf eine gesteigerte Erneuerungsrate bei der Bahninfrastruktur der SBB zurückzuführen, um einer Überalterung der Infrastruktur entgegen zu wirken.

A-1.2 Berechnungsbasis für den Bedarf an Hartsplitt für den Strassenbau

Bei einer Erneuerung der Fahrbahnen rund alle 20 Jahre werden jährlich 113 km der National- und 864 km der Kantonsstrassen erneuert. Unter Annahme von 20 m breiten Fahrbahnen für Nationalstrassen und 7 m breiten Fahrbahnen für Kantonsstrassen und dem Einsatz von Hartsplitt nur im Deckbelag von 3 cm Mächtigkeit (95% Hartsplitt), wird der Verbrauch an Hartsplitt auf 500 000 t pro Jahr (130 000 t für Nationalstrassen und 370 000 t für Kantonsstrassen) geschätzt (Quelle: Hochrechnung ASTRA anhand der VSS Normen für den Strassenbau). Direkte Zahlen zum Verbrauch von Hartstein in der Strassenbauindustrie und vom ASTRA liegen keine vor.

Der Bericht zur Abschätzung des zukünftigen Hartsteinbedarfs in der Schweiz von Emch+Berger [16] kann auf Anfrage bei swisstopo bezogen werden.

A-2 Die schweizerischen Hartsteinwerke

Figur 21 (Kap. 6.1) gibt eine Übersicht über die Vorkommen von Hartstein, die Abbau- und Produktionsstandorte sowie über Ausschluss- und BLN-Gebiete in der Schweiz. In den folgenden Abschnitten werden die lokalen Gegebenheiten rund um die schweizerischen Hartsteinwerke beschrieben. Dazu gehören neben betrieblichen Informationen auch Angaben über die lokale Rohstoffgeologie sowie über Natur- und Landschaftsschutzgebiete in der Umgebung der Abbaustandorte. Die Angaben stammen aus kantonalen und nationalen Geoportalen, den Webseiten der Hartsteinproduzentinnen und -produzenten und aus einer Erhebung von swisstopo bei den Werken (Q1/2019).

A-2.1 FAMSA

Das seit 1922 bestehende Hartsteinwerk in Massongex (VS) wird von der Fabrique d'Agglomérés Monthey SA (FAMSA, FS Group Weibel) betrieben. Es liegt zwischen Monthey und Massongex an der westlichen Talflanke des Rhonetals und beschäftigt 20 Mitarbeitende. Ein werkseigener Bahnanschluss und der nahegelegene Zugang zur Autobahn gewährleisten den Transport der Produkte. Das Werkareal besteht aus zwei Teilen – einer Verladestation, inklusive Belagswerk und Zwischenlager für ausgediente Betonbahnschwellen zur Produktion von RC-Beton, und einem etwas südlicher gelegenen Areal mit der Verarbeitungsanlage und Depo-nien.

Im Steinbruch Les Freneys wird Hartstein durch Sprengen gewonnen. Die im Richtplan festgesetzte Erweiterung ist mit lokalem Widerstand konfrontiert. Eine Abbaubewilligung steht zurzeit aus.

Der Steinbruch wie auch die Erweiterungssperimeter liegen südlich der beiden Werkareale und etwa 500 m höher. So kann das Material auf Förderbändern mit Energierückgewinnung zuerst zur Verarbeitungsanlage und dann zur Verladestation transportiert werden. Der Energiegewinn aus den Förderbändern beträgt rund 0,4 GWh pro Jahr, welche in das öffentliche Netz eingespeist werden. Das feine Material (Filler) wird durch eine Wärmerückgewinnungsanlage getrocknet.

Rohstoffgeologische Eigenschaften

Im Steinbruch Les Freneys wird ein Quarzsandstein der Nordhelvetischen Flysch-Gruppe und der Molasse Rouge von Monthey abgebaut (spätes Eozän bis frühes Oligozän, sog. «Grès des carrières»). Die Nordhelvetische Flysch-Gruppe und die Molasse Rouge enthalten neben den nutzbaren Lithologien auch tonige und mergelige Einheiten, welche nicht als Hartstein verwendet werden können. Diese Einheiten sind in Figur 23 als «Gesteinseinheiten mit Hartsteinanteil» zusammengefasst. Die abgebauten Gesteine bestehen aus mächtigen, harten Quarzsandsteinlagen und geringmächtigeren, weichen Lagen aus schiefrigem Tonstein und Mergel.

Neben Quarz sind Kalzit, verschiedene Erzminerale, Feldspat, Hellglimmer und akzessorisch Chlorit und Dolomit (sowie weitere Minerale) vorhanden [26]. Die Grundmasse besteht vorwiegend aus Kalzit.

Die Gesteine sind tektonisch stark beansprucht, eng verfaltet und verschuppt, so dass die ursprüngliche Ablagerungsmächtigkeit der Nutzschiefer im Bereich des Steinbruchs vervielfacht wurde. Dadurch treten im Steinbruch verbreitete Klüfte, vereinzelt aber auch grössere Bruchzonen auf. Die komplexe Faltung erschwert eine zuverlässige Prognose über den Verlauf der nutzbaren Schichten für den weiteren Abbau.

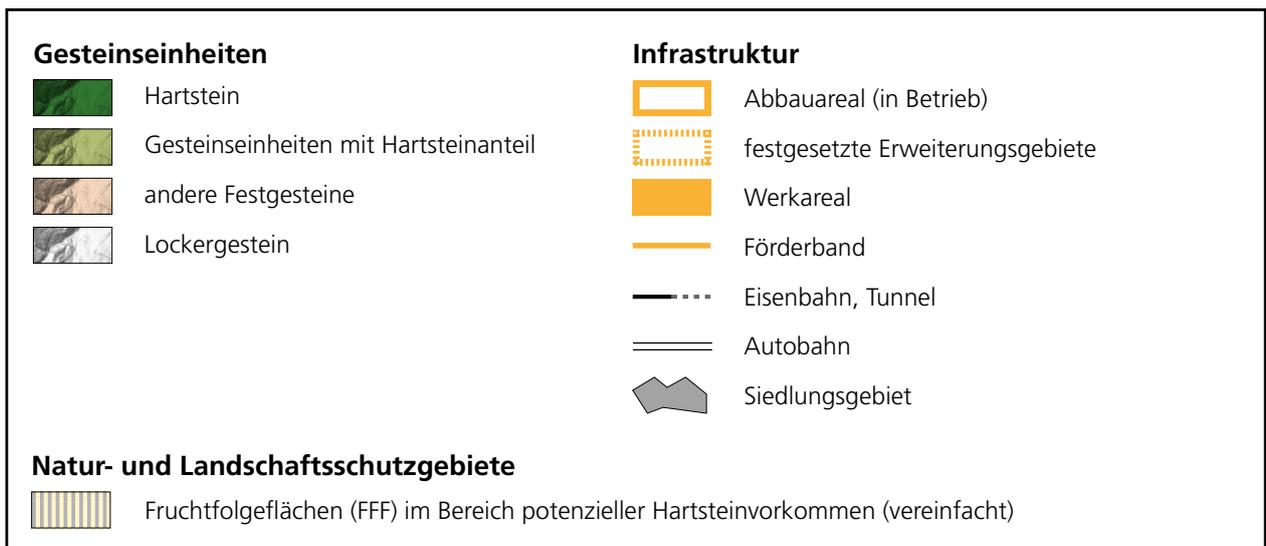
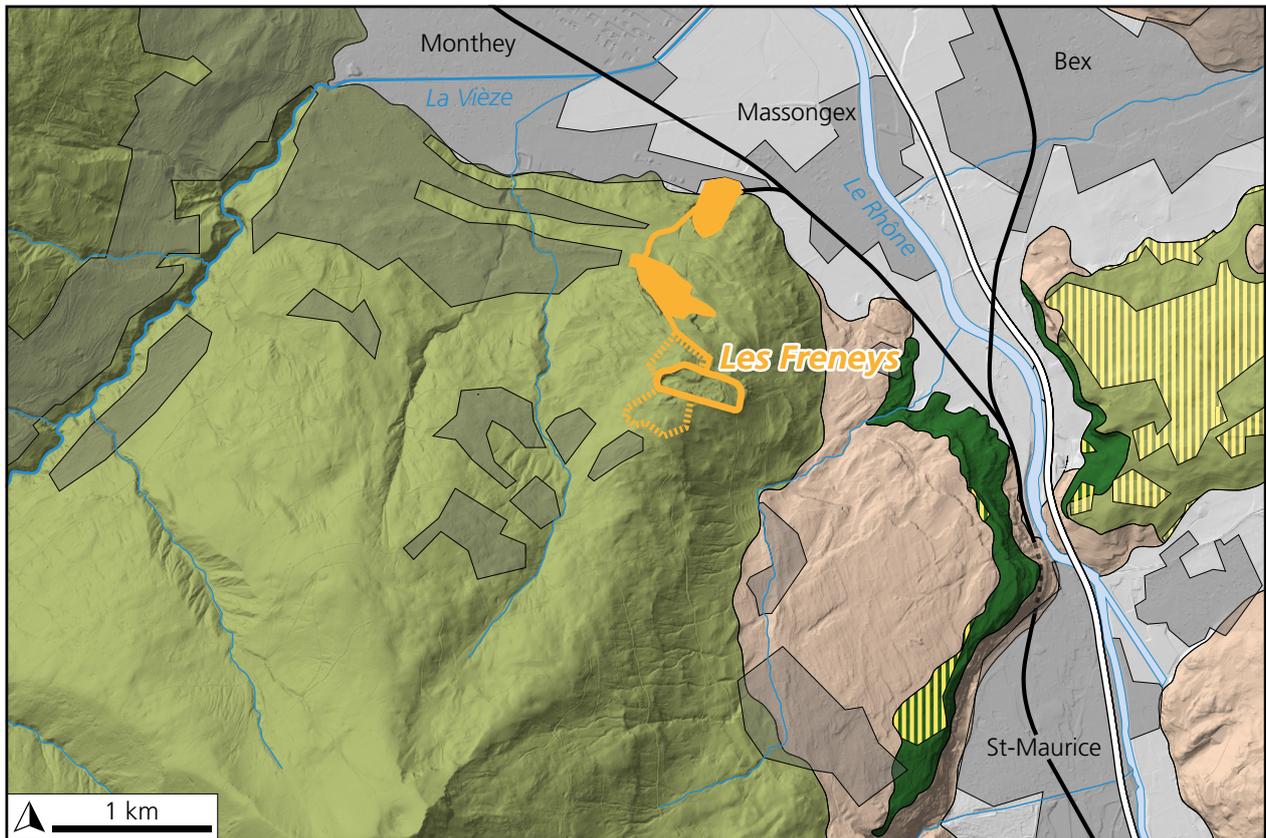


Fig. 23: Standort FAMSA.

A-2.2 Arvel

Das Hartsteinwerk der Carrières d'Arvel SA liegt östlich von Villeneuve am Genfersee im Kanton Waadt und beschäftigt 35 Mitarbeitende. Es wurde 1905 gegründet und gehört zu grossen Teilen der Colas-Gruppe (Bouygues Construction, Frankreich). Neben dem Abbau und der Aufbereitung von Hartstein betreibt das Werk eine Deponie, ein Zwischenlager für Glas- und Holzabfälle, eine Recyclinganlage für Belag und Beton sowie ein Belagswerk. Durch einen werkseigenen Bahnanschluss und den Zugang zur nahegelegenen Autobahn ist das Werk an das nationale Verkehrsnetz angeschlossen.

Der direkt ans Werkareal angrenzende Steinbruch Châble du Midi war von 2008 bis 2015 aufgrund von Steinschlag geschlossen. Seit 2016 wird dort wieder Material abgebaut. Durch einen Fallschacht wird das abgebaute Gestein dem unterirdischen Vorbrecher zugeführt und von dort via Förderband zur Aufbereitungsanlage transportiert. Mit dieser Methode werden Staub- und Lärmemissionen reduziert. Parallel zum Abbau laufen Sicherungsarbeiten und die Aufforstung des Steinbruchs. Der Abbau im etwas südlicheren Steinbruch Planche-Boetrix wurde 2015 abgeschlossen. Das Gelände dient heute der Deponierung von unverschmutztem Aushub. Zwischen den Steinbrüchen liegt die bereits renaturierte Deponie La Charmotte.

Südlich angrenzend an das aktuelle Abbauareal ist eine Erweiterung mittels Abbau unter Tage geplant. Der Perimeter ist im kantonalen Richtplan als Festsetzung für Abbau unter Tage eingetragen. Eine Abbaubewilligung wurde bisher nicht erteilt.

Das in Betrieb stehende Abbauareal und die geplante Erweiterung liegen innerhalb des BLN-Gebiets Nr. 1515 (Tour d'Âi – Dent de Corjon). Westlich von Villeneuve liegt das BLN-Gebiet Nr. 1502 (Les Grangettes). Der Parc naturel régional Gruyère Pays-d'Enhaut befindet sich nördlich der Carrières d'Arvel.

Rohstoffgeologische Eigenschaften

Im Steinbruch Châble du Midi werden die Gesteine der Rossinière-Formation (Lias)³⁴ abgebaut. Diese Gesteinseinheiten treten in einer Mächtigkeit von bis zu 300 m auf und zeichnen sich durch einen grossen Anteil an dick gebanktem kieseligem Kalk aus.

Mineralogisch bestehen die Gesteine hauptsächlich aus Kalzit, mit variablem Anteil an Quarz (ca. 30–50%). Ein Grossteil des Quarzes liegt als feinstkörniges Kieselsäuregerüst oder teilweise auch als detritischer Quarz vor. Untergeordnet können die abgebauten Gesteine Ankerit, Chlorit, Muskovit oder Pyrit enthalten [26].

Die Kieselkalkbänke sind von grosser Festigkeit und Verwitterungsbeständigkeit und nur selten von mergeligen Zwischenlagen durchzogen. Der Anteil an mergeligen Lagen beträgt rund 8% [48]. Die Schichten fallen rund 40° Richtung Süden (gegen den Hang) ein, was sich positiv auf die Böschungsstabilität auswirkt. Tektonische Bruchzonen durchziehen das Gestein nur vereinzelt.

³⁴ Die lithostratigraphische Zuordnung ist in diesem Gebiet mit gewissen Unsicherheiten belastet.

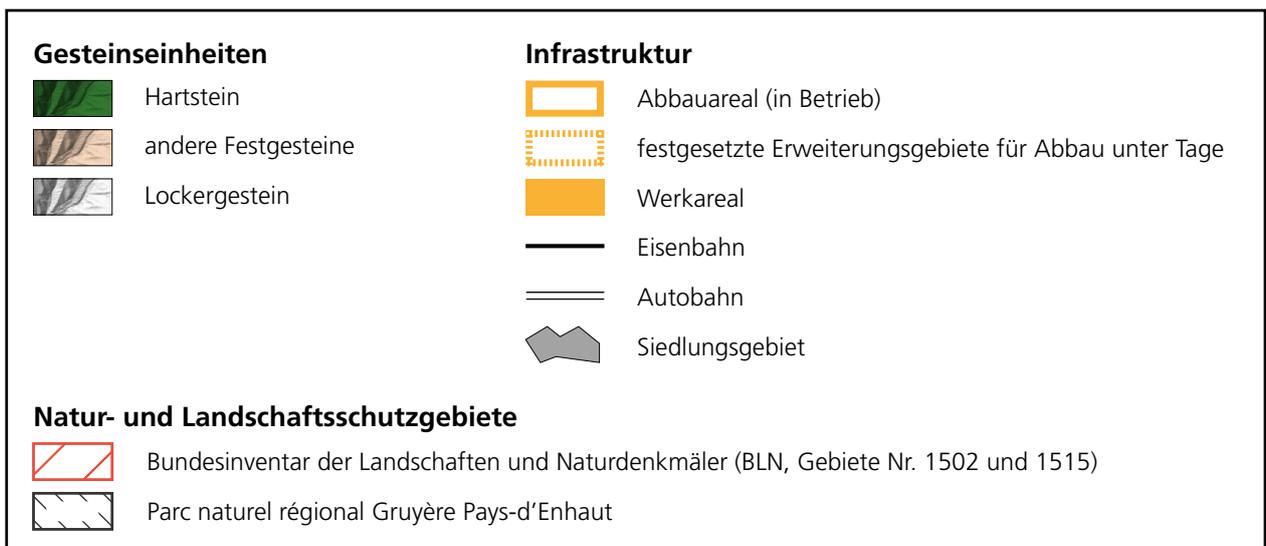
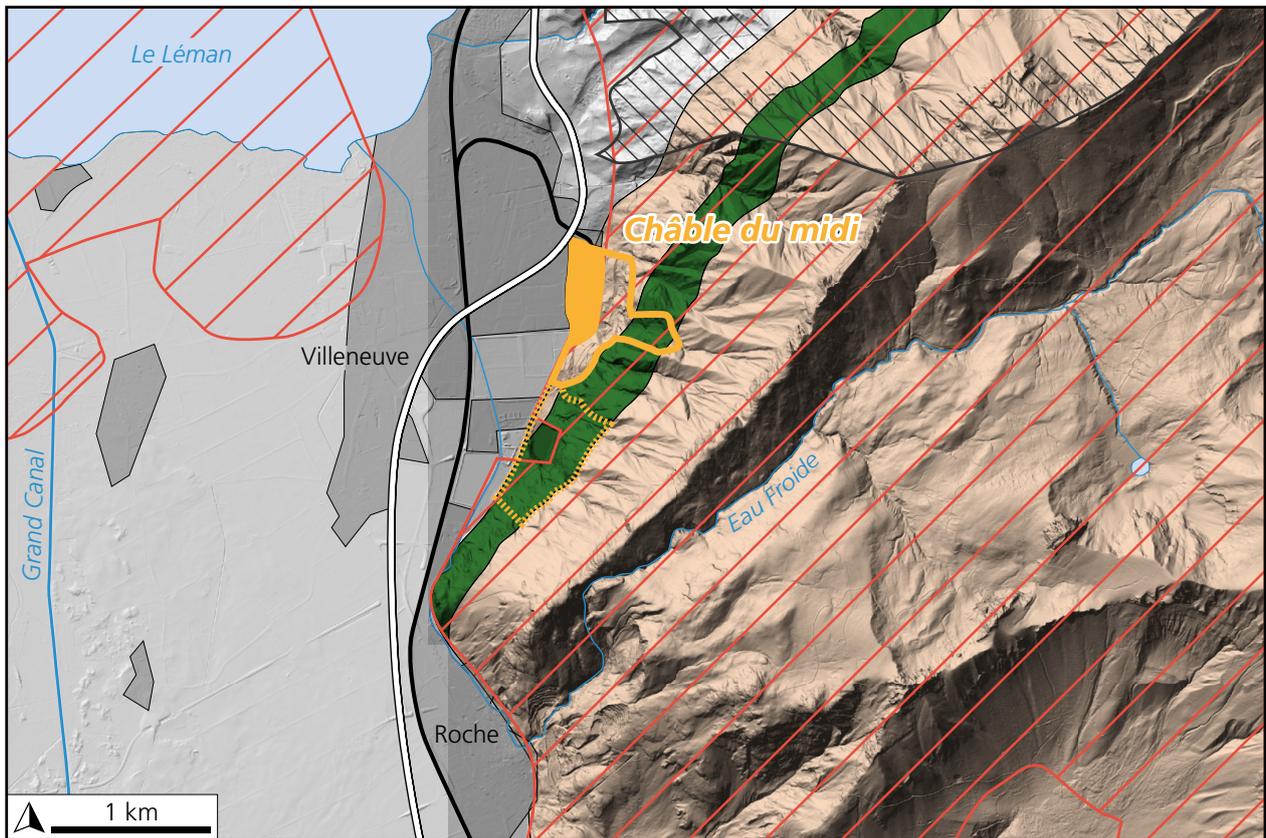


Fig. 24: Standort Arvel.

A-2.3 Blausee-Mitholz

Das Berner Hartsteinwerk der SHB Steinbruch+Hartschotterwerk Blausee-Mitholz AG (Vigier Holding AG) liegt im Kandertal zwischen Frutigen und Kandersteg. Das Werk wurde 1958 gegründet und beschäftigt 18 Mitarbeitende. Neben der Hartsteinverarbeitung werden geeignete Steinblöcke in der Steinsägerei und Steinhauerei bearbeitet, um daraus eine breite Palette an Natursteinprodukten (z.B. Brunnen, Mauersteine oder Kunstobjekte) herzustellen. Das Werk liegt nahe der Nationalstrasse N6 und verfügt über einen Bahnanschluss.

In der Abbaustelle Blausee-Mitholz werden die unterschiedlich grossen Blöcke einer Bergsturzmasse mit Hilfe von Stocherstangen abgebaut. Grössere Blöcke werden gesprengt. Der Transport im Werkareal erfolgt per Dumper.

Etwas nordöstlich des Hartsteinwerks liegt das ehemalige Munitionslager Mitholz, für welches der Bundesrat im Jahr 2020 die Räumung der Munitionsrückstände beschlossen hat. Direkt neben dem Werkareal des Hartsteinwerks befindet sich das Portal zum Fensterstollen Mitholz des Lötschberg-Basistunnels. Der Verkehrsanschluss des Portals führt durch das Werkareal.

Rohstoffgeologische Eigenschaften

Im Gegensatz zu den anderen Hartsteinbrüchen wird im Steinbruch Blausee-Mitholz nicht aus einer Felswand, sondern aus einer grossen Bergsturzmasse, welche zwischen Kandersteg und Mitholz die gesamte Talsohle bedeckt, abgebaut. Die Bergsturzmasse ist das Ergebnis mehrerer Bergstürze, die sich nach der letzten Eiszeit ereigneten. Abbruchstellen der Bergstürze sind etwas weiter talaufwärts am Fisistock und an der Bire zu finden. Die Lockergesteinsablagerung der Bergstürze hat eine Mächtigkeit von zum Teil mehr als 100 m. Die grossen Blöcke bestehen meist aus Helvetischem Kieselkalk (Kreide), welcher sich zur Herstellung von Hartsteinprodukten eignet. Lokal treten in der Bergsturzmasse auch tonige Zwischenfüllungen auf.

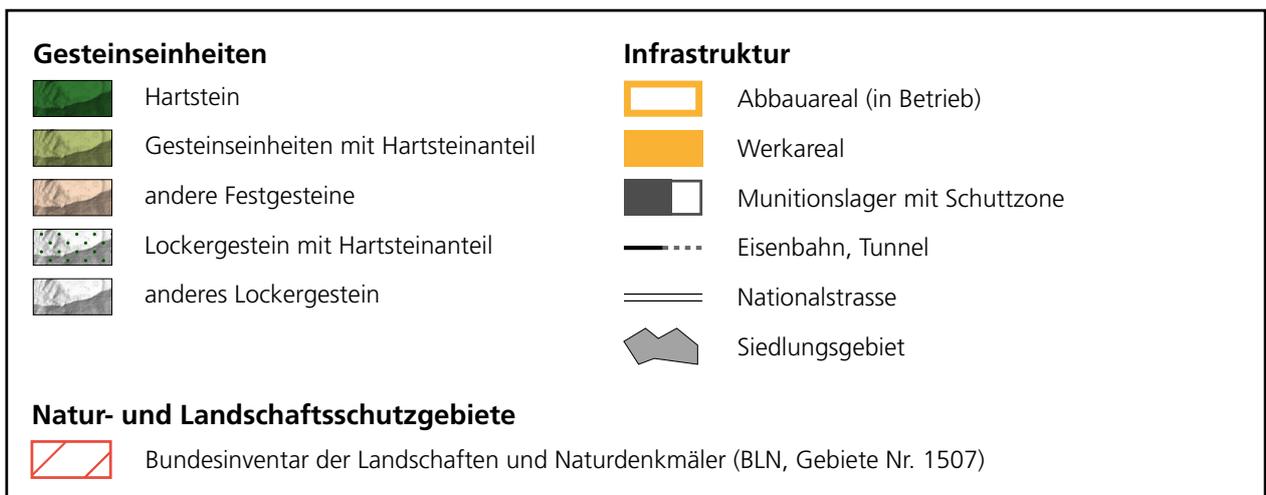
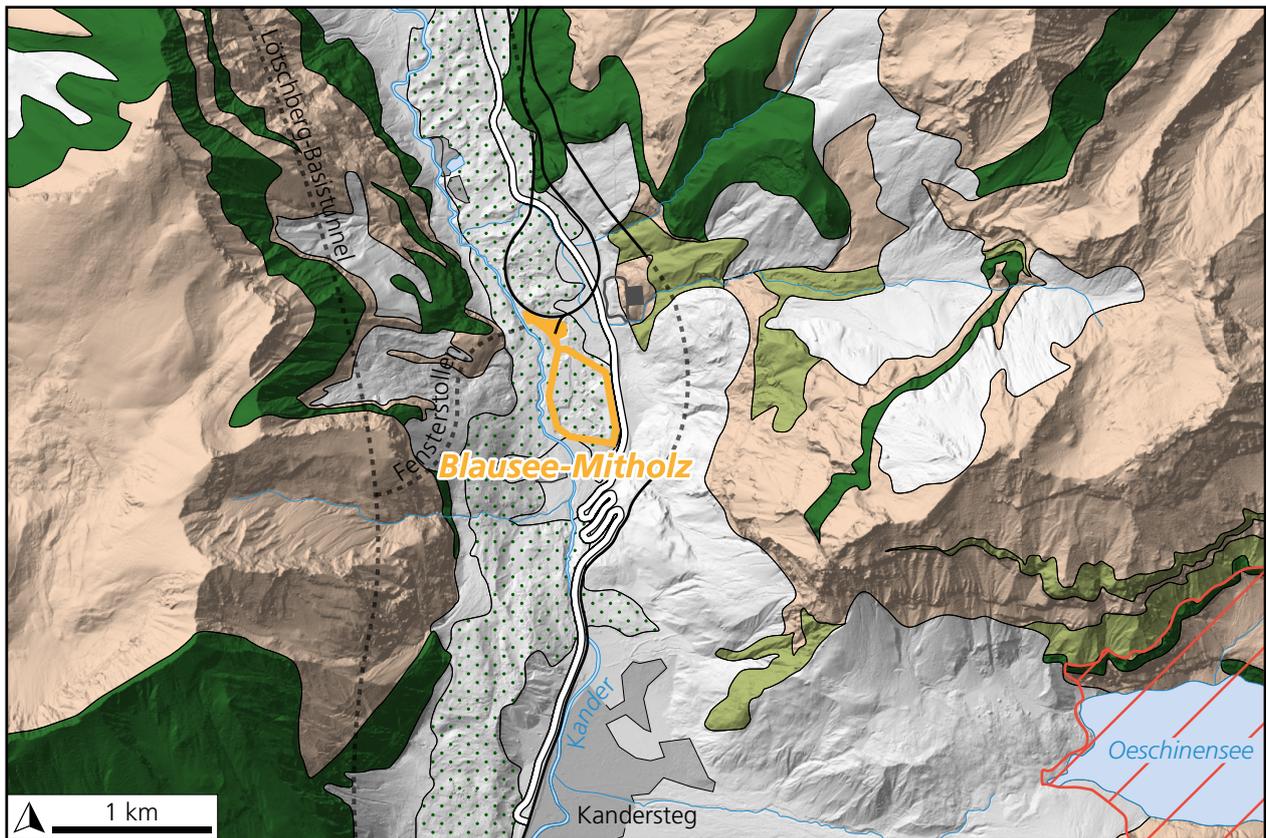


Fig. 25: Standort Blausee-Mitholz.

A-2.4 Balmholz

Im Kanton Bern betreibt die AG Balmholz (Frutiger Gruppe) den Steinbruch Balmholz südlich von Beatenberg am Thunersee. Das Werk besteht seit 1876 und beschäftigt 30 Mitarbeitende. Die Produkte werden mit dem Schiff zur Verladestation in Thun gebracht, von wo aus sie per Bahn weitertransportiert werden. Neben dem Abbau und der Aufbereitung von Hartstein betreibt die AG Balmholz ein Belagswerk, in welchem rückgebauter Belag rezykliert wird.

Der Steinbruch Balmholz liegt nördlich des Werkareals. Dazwischen steht ein Felsband, auf welchem die Verbindungsstrasse von Steffisburg nach Interlaken verläuft. Der Zugang vom Werk zum Steinbruch erfolgt durch einen kurzen Tunnel. Das abgebaute Gestein wird nach der Aufbereitung via Förderband direkt aufs Schiff verladen.

Das Abbauareal soll Richtung Norden erweitert werden. Für den ersten Teil ist die Festsetzung im Richtplan beantragt.

Der Steinbruch Ringgenberg am Brienersee gehört ebenfalls der AG Balmholz. Die Produktion ist eingestellt, da die Hartsteinreserven erschöpft sind.

Rohstoffgeologische Eigenschaften

Der Steinbruch Balmholz befindet sich an einem mässig steilen Südhang. Hier wird der Helvetische Kieselkalk (Kreide) der Wildhorn-Decke abgebaut. In der Umgebung des Steinbruchs hat der Kieselkalk eine Mächtigkeit von rund 160 m und die Schichten fallen mit 10–15° nach Südosten ein. Die Gesteine im Steinbruch zeichnen sich durch eine regelmässige Schichtung mit Bankmächtigkeiten von 10 bis 50 cm aus.

Mineralogisch bestehen die Gesteine hauptsächlich aus Kalzit mit meist mehr als 40% Quarz [49]. Ein Grossteil dieses Quarzes liegt als feinstkörniges, annähernd gleichmässiges Gerüst vor. Untergeordnet treten Ankerit, Muskovit und wenig Pyrit auf [26].

Meist geringmächtige Schichten mit erhöhtem Muskovitgehalt führen lokal zu einer leichten Schieferung des ansonsten fast isotropen Kieselkalks. Tektonische Bruchzonen durchziehen das Gestein nur vereinzelt, und die meist steil stehenden Klüfte sind im Gebiet wenig verbreitet.

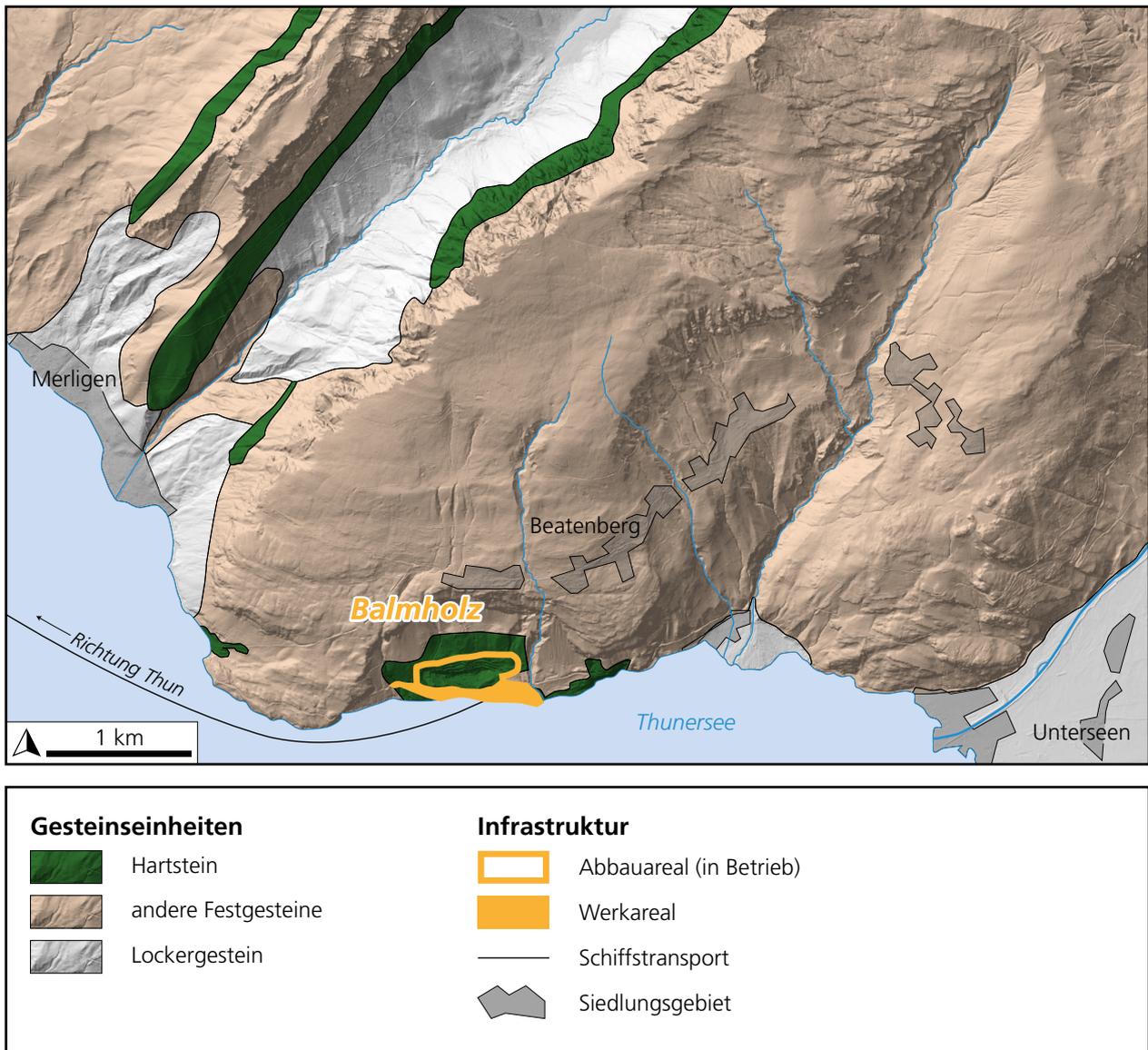


Fig. 26: Standort Balmholz.

A-2.5 Rotzloch

Das Hartsteinwerk Rotzloch der STEINAG Rozloch AG (Müller-Steinag Gruppe, Schweiz) liegt zwischen Stans und Stansstad am Alpnachersee im Kanton Nidwalden. Es wurde 1931 gegründet und beschäftigt 135 Mitarbeitende, 9 davon für den Steinbruchbetrieb. Neben der Hartsteinproduktion betreibt die STEINAG Rozloch AG eine Deponie im ehemaligen Steinbruch Rotzloch und fertigt Betonwaren aller Art. Die Hartsteinprodukte werden in der Regel mit dem Schiff nach Luzern und von dort per Bahn und LKW weitertransportiert.

Der Steinbruch Rüti liegt 1 km südwestlich des Werks und ist durch ein unterirdisches Förderband mit letzterem verbunden. Das Gestein wird im Steinbruch gebrochen und durch einen Fallschacht zum Förderband gebracht. Durch eine Vorabsiebung im Fallschacht wird der Feinanteil entnommen und als Zuschlagstoff für die Betonproduktion verwendet.

Das Abbauareal Rüti liegt innerhalb des BLN-Gebiets Nr. 1606.6 (Vierwaldstättersee mit Kernwald, Bürgenstock und Rigi – Teilraum 6 «Kernwald und Alpnachersee»). Das Werkareal ist im benannten BLN-Perimeter ausgespart.

Rohstoffgeologische Eigenschaften

Der Steinbruch Rüti liegt auf einem von Südwesten nach Nordosten streichenden Hügelzug am Südostufer des Alpnachersees. Hier wird der Helvetische Kieselkalk (Kreide) der Wildhorn-Decke abgebaut. Der Steinbruch befindet sich grösstenteils im Bereich einer aufrecht stehenden Antiklinale. Entsprechend ist die Schichtung im südlichen Bereich des Steinbruchs subhorizontal, im nördlichen Bereich fallen die Schichten mit 10–30° nach Nordwesten ein. Die Gesteine im Steinbruch sind geschichtet bis massig [50].

Mineralogisch bestehen die Gesteine hauptsächlich aus Kalzit mit 20–45% Quarzanteil [26, 50]. Ein Grossteil des Quarzes liegt als feinst-körniges Gerüst vor. Untergeordnet treten Ankerit und Muskovit auf [26].

Schiefrige Lagen innerhalb der Nutzschiefer sind meist geringmächtig und können im Aufbereitungsprozess relativ leicht eliminiert werden. Klüfte sind relativ häufig und einige tektonische Bruchzonen durchziehen den Steinbruch. Vereinzelt ist das Gestein mit Kalzitadern durchsetzt.

A-2.6 Kehrsiten

Holcim (Schweiz) AG beschäftigt im Schotterwerk Kehrsiten in Stansstad (NW) 12 Mitarbeitende. Das Werk besteht seit 1919 und liegt am Vierwaldstättersee zwischen Stansstad und Kehrsiten. Der Transport erfolgt per Schiff zu Verladestationen in Luzern, Horw und Stansstad und von dort aus weiter per Bahn.

Direkt angrenzend an das Werkareal liegt der Steinbruch Zingel, in welchem das Gestein durch Sprengen abgebaut wird. Via Fallschacht und Dumper wird das Material in die Verarbeitungsanlage gebracht.

Der Steinbruch Zingel liegt innerhalb des BLN-Gebiets Nr. 1606.4 (Vierwaldstättersee mit Kernwald, Bürgenstock und Rigi – Teilraum 4 «Bürgenstock»). Anfang 2019 wurde die Erweiterung Oberzingel im nördlichen Teil des Abbauareals in Betrieb genommen.

Rohstoffgeologische Eigenschaften

Der Steinbruch Zingel liegt in einer Mulde am Südwestufer des Vierwaldstättersees. Um die Auswirkung auf das Landschaftsbild zu verringern, wurde der Steinbruch seeseitig hinter einem bewaldeten Riegel angelegt. Hier werden die Gesteine des Helvetischen Kieselkalks (Kreide)

der Niederhorn-Pilatus-Schuppe (helvetische «Randkette») abgebaut. Eine grössere Störungszone durchzieht den Steinbruch. Der abgebaute Kieselkalk ist meist kompakt und fällt mit rund 20° nach Südwesten ein. Vereinzelt treten Pyrit führende mergelige Zwischenlagen auf, welche verfahrenstechnisch relativ leicht eliminiert werden können.

Im Bereich des Steinbruchs treten mehrere grössere, meist steilstehende Bruchzonen auf. Weil die Steinbruchachse einer Geländemulde folgt, beträgt die Lockergesteinsbedeckung stellenweise bis zu zehn Meter.

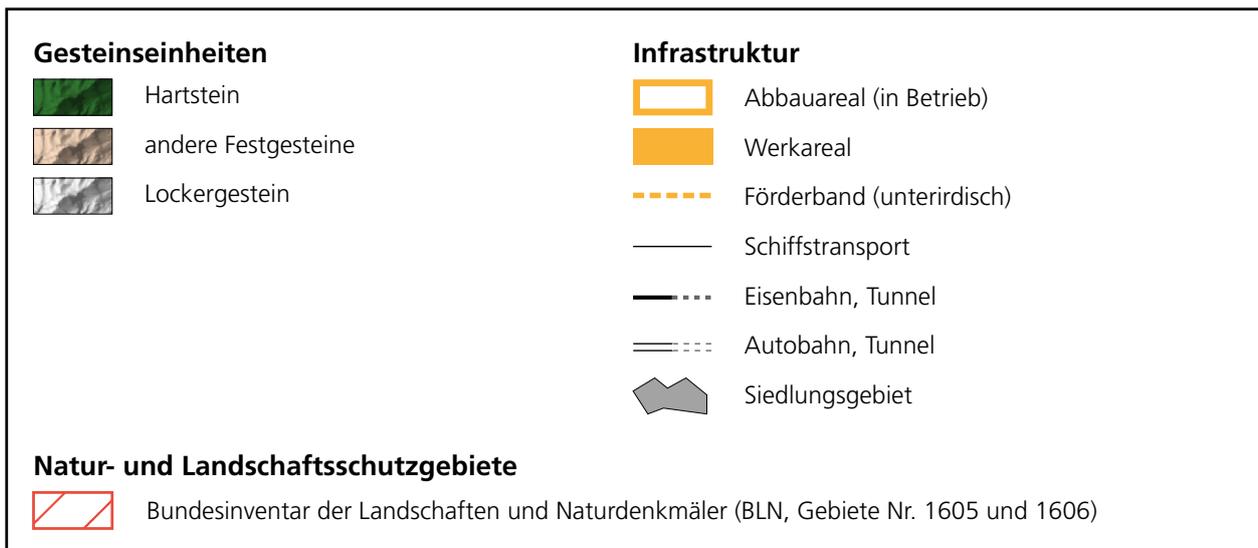
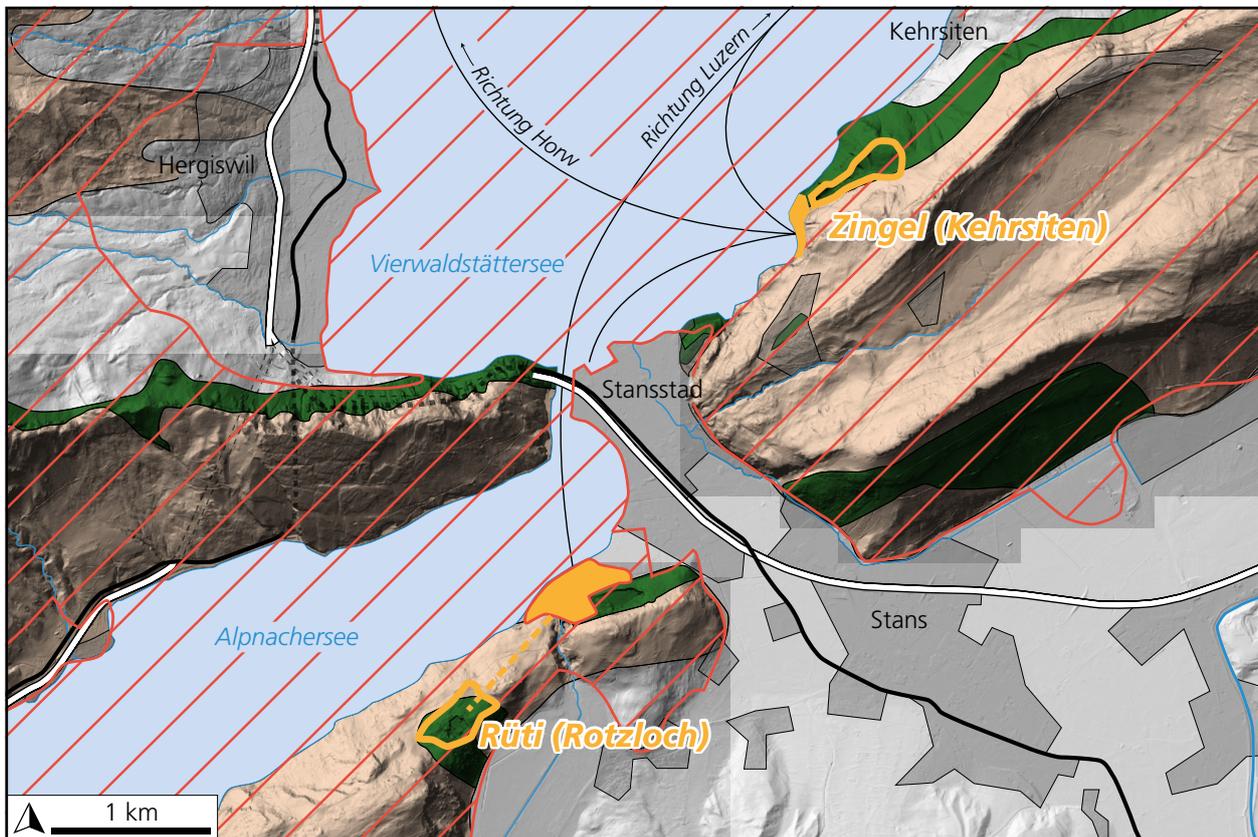


Fig. 27: Standorte Rotzloch und Kehrsiten.

A-2.7 Zingel

Das Hartsteinwerk Zingel der KIBAG Kies Seewen AG wurde 1902 gegründet. Es liegt bei Seewen am Lauerzersee im Kanton Schwyz und beschäftigt 15 Mitarbeitende. Die Produkte werden per Bahn über den werkeigenen Anschluss oder per Autobahn, zu welcher in unmittelbarer Nähe des Werkareals ein Zugang besteht, transportiert.

Der gleichnamige Steinbruch Zingel liegt etwas südwestlich des Werkareals am Seeufer. Das Gestein wird durch Sprengen abgebaut, in einer Kaverne gebrochen und mit Förderbändern zum Werkareal transportiert. Im nordwestlichen Bereich des Steinbruchs, wo nicht mehr abgebaut wird, wird unverschmutzter Aushub deponiert.

Der Steinbruch und Teile des Werkareals liegen innerhalb des BLN-Gebiets Nr. 1606.3 (Vierwaldstättersee mit Kernwald, Bürgenstock und Rigi – Teilraum 3 «Rigi») und grenzen an das BLN-Gebiet Nr. 1604 (Lauerzersee).

Rohstoffgeologische Eigenschaften

Im Steinbruch Zingel wird der Helvetische Kieselkalk (Kreide) der Wildhorn-Decke abgebaut. Im Bereich des Steinbruchs ist der Helvetische Kieselkalk rund 240 m mächtig und die Schichten fallen mit 30–45° Richtung Südosten, gegen den Urmiberg, ein. Die abgebauten Gesteine sind im Dezimeter- bis Meterbereich gebankt bis massig.

Mineralogisch bestehen die Gesteine hauptsächlich aus Kalzit mit 25–40% Quarzanteil [51]. Ein Grossteil des Quarzes liegt als feinstkörniges Gerüst vor. Untergeordnet treten Ankerit und Muskovit auf [26].

Schiefrige Lagen innerhalb der Nutzsicht sind meist geringmächtig und können im Aufbereitungsprozess relativ leicht eliminiert werden. Im Steinbruch treten steilstehende Klüfte und wenige steile tektonische Bruchzonen auf [51].

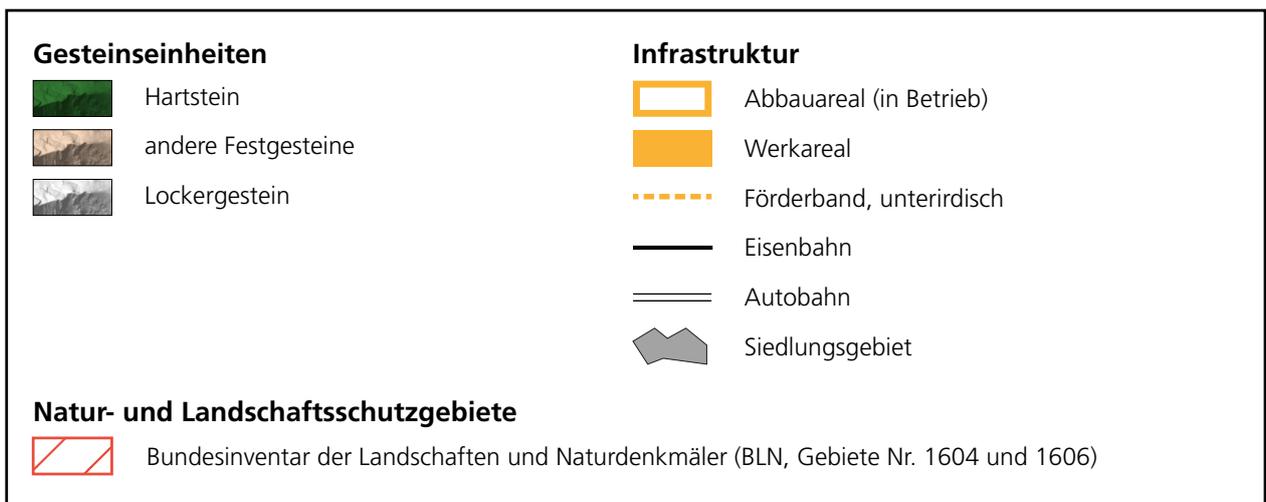
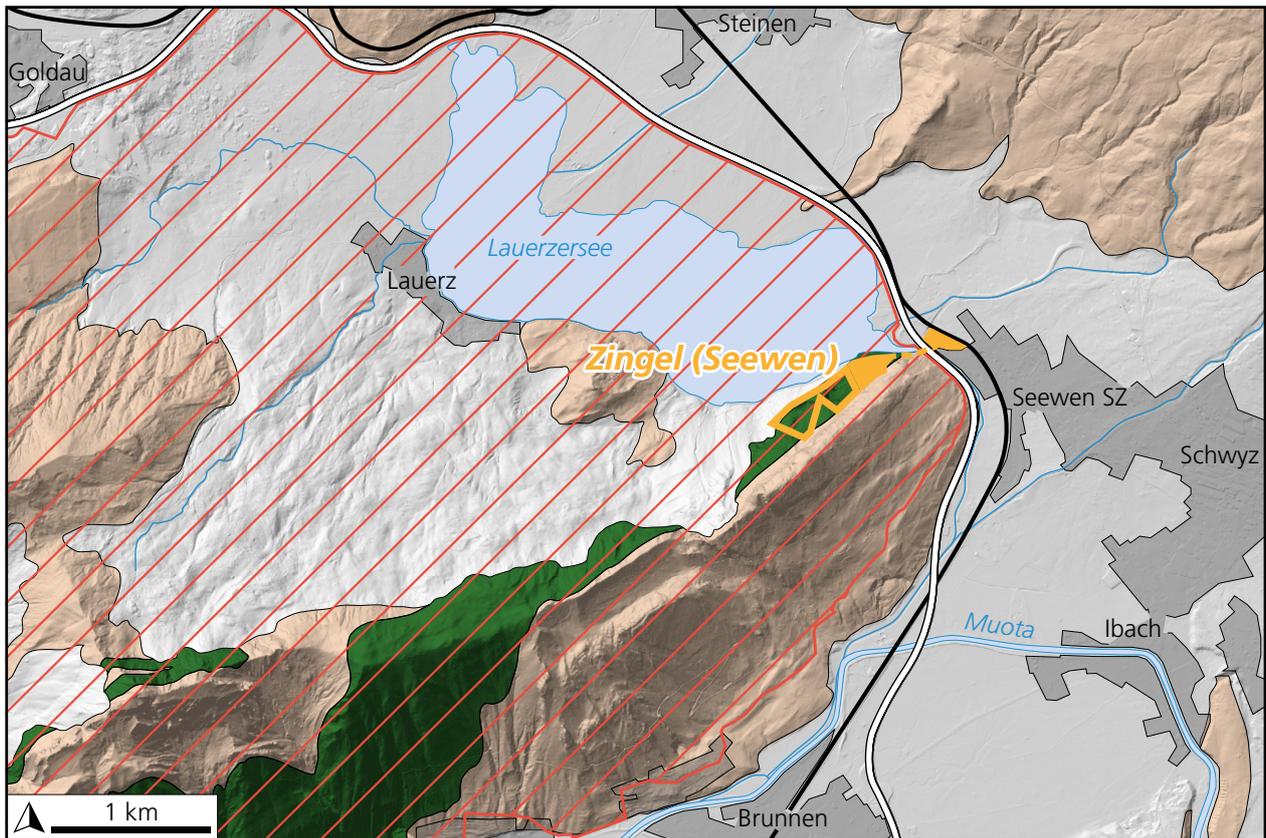


Fig. 28: Standort Zingel

A-2.8 Gasperini

Das Hartsteinwerk Gasperini in Attinghausen (UR) wurde 1926 gegründet, wird von der Hartsteinwerk Gasperini AG betrieben und beschäftigt 21 Mitarbeitende. Es liegt südlich des Urnersees zwischen Seedorf und Attinghausen an der westlichen Talflanke des Reusstals. Die Produkte werden per LKW über die nahegelegene Autobahn transportiert oder, nach einem kurzen LKW-Transport, in Altdorf auf die Bahn verladen.

Der Steinbruch Eielen liegt westlich neben dem Werkareal. Er ist unterteilbar in den stillgelegten Steinbruch Süd, in welchem der Kanton eine Deponie betreibt, und den Steinbruch Nord, in welchem Hartstein durch Sprengen abgebaut wird. Der Transport des abgebauten Gesteins erfolgt per Dumper. Ein Fallschacht ist vorhanden, aber aufgrund von Komplikationen mit Wassereintritt nicht in Betrieb.

Im Nordwesten grenzt der Steinbruch Eielen an das BLN-Gebiet Nr. 1606.1 (Vierwaldstättersee mit Kernwald, Bürgenstock und Rigi – Teilraum 1 «Urnersee»).

Rohstoffgeologische Eigenschaften

Im Steinbruch Eielen wird ein quarzsandsteindominierter Bereich der Nordhelvetischen Flysch-Gruppe abgebaut (Matt- und Elm-Formation, spätes Eozän bis frühes Oligozän, ehem. «Altdorfer Sandstein»). Die abgebauten Gesteine bestehen aus einer Wechsellagerung von dezimeter- bis metermächtigen harten Quarzsandsteinlagen und weicheren Ton- und Mergellagen von meist geringerer Mächtigkeit, wobei der Anteil Mergel stark variiert [52]. Für die Produktion von Hartstein eignen sind nur die Sandsteinlagen. Die Nordhelvetische Flysch-Gruppe ist in Figur 29 als «Gesteinseinheit mit Hartsteinanteil» ausgewiesen.

Die Sandsteinlagen bestehen zu 50–70% aus Quarz. Daneben sind Kalzit, verschiedene Erzminerale, Feldspat, Hellglimmer und akzessorisch Chlorit und Dolomit (sowie weitere Minerale) vorhanden [26].

Die Gesteine im Steinbruch Eielen sind tektonisch stark beansprucht und insbesondere im unteren Bereich eng verfaltet. Bereiche oberhalb von rund 650 m ü. M. sind durch einen regelmässigeren, flachen Schichtverlauf charakterisiert. Die enge Faltung der Nutzschiefer führte zu einer Verdoppelung der ursprünglichen Ablagerungsmächtigkeit im Bereich des Steinbruchs. Aufgrund der starken tektonischen Beanspruchung treten im Steinbruch verbreitet Klüfte und vereinzelt auch grössere Bruchzonen auf. Die komplexe Faltung kann eine zuverlässige Prognose der Geometrie der nutzbaren Schichten für den weiteren Abbau erschweren. Die Lockergesteinsbedeckung ist lokal bis zu 14 m mächtig [52].

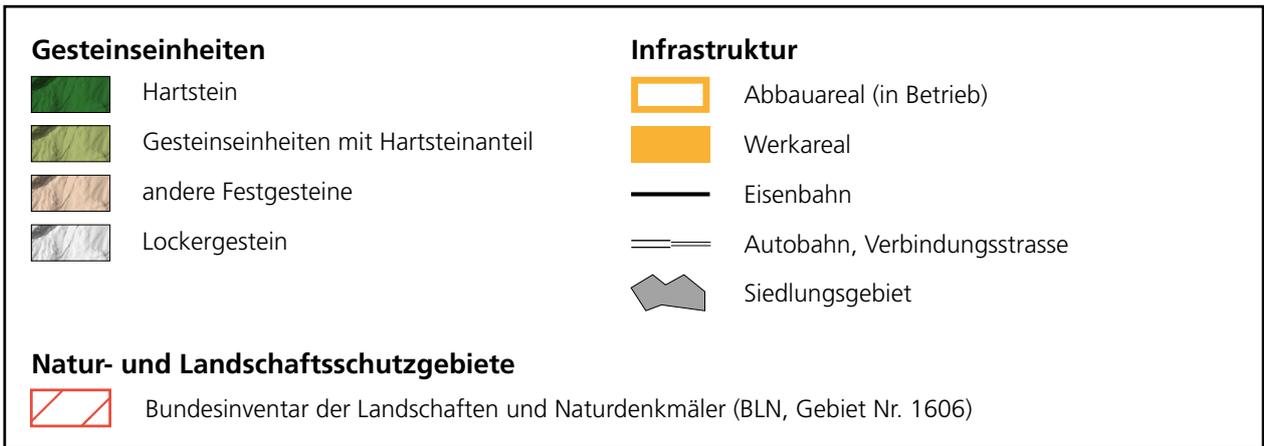
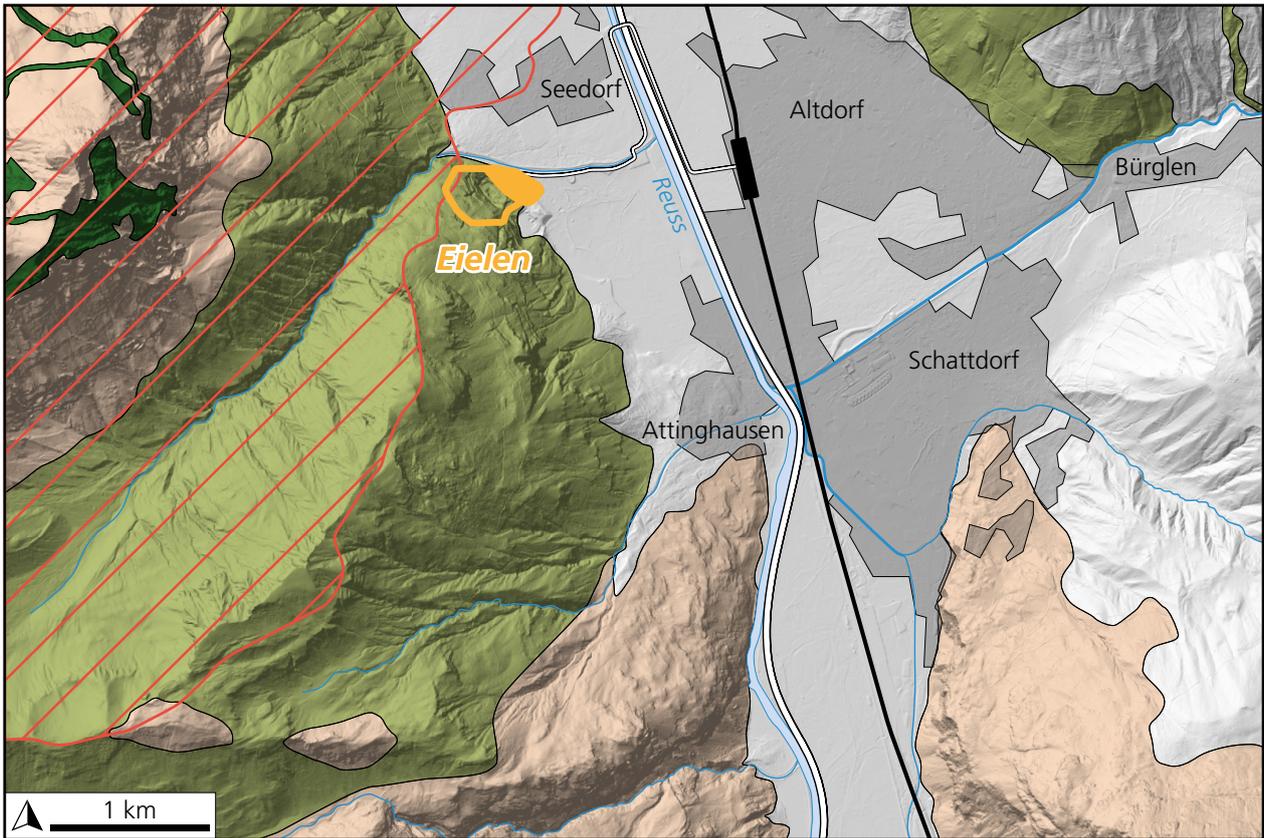


Fig. 29: Standort Gasperini.

A-3 Ausgewählte, im Text erwähnte Normen und Regelwerke

Norm	Titel	Stand
EN 13450:2002	Gesteinskörnungen für Gleisschotter	2002
SN 640 420	Asphalt Grundnorm	2015
SN 670 103B-NA/ EN 13043	Gesteinskörnungen für Asphalte und Oberflächenbehandlungen für Strassen, Flugplätze und andere Verkehrsflächen	2006
SN 670 110-NA/ EN 13450	Gesteinskörnungen für Gleisschotter	2004
SN 670 903-2C/ EN 1097-2	Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 2: Verfahren zur Bestimmung des Widerstandes gegen Zerkrümmung	2011
SN 670 903-8B/ EN 1097-8	Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 8: Bestimmung des Polierwertes	2011
SN EN 13285	Ungebundene Gemische	2019
VSS 40 040B	Projektierung, Grundlagen – Strassentypen	2019
VSS 40 041	Projektierung, Grundlagen – Strassentyp: Hochleistungsstrassen	2019
VSS 40 042	Projektierung, Grundlagen – Strassentyp: Hauptverkehrsstrassen	2019
VSS 40 302B	Strasse und Gleiskörper – Terminologie	2019
VSS 40 320	Dimensionierung des Strassenaufbaus – Äquivalente Verkehrslast	2019
VSS 40 324	Dimensionierung des Strassenaufbaus – Unterbau und Oberbau	2019
VSS 70 115	Gesteinskörnungen – Qualitative und quantitative Mineralogie und Petrografie	2019
SIA 199	Erfassen des Gebirges im Untertagbau	2015
R RTE 21110	Unterbau und Schotter – Normalspur und Meterspur Regelwerk Technik Eisenbahn RTE Verband öffentlicher Verkehr	2015
SBB I-22211	Verwendung des Oberbaumaterials bei Erneuerung und Neubau von Gleis- und Weichenanlagen Regelwerk SBB	2014

