Geogene Belastungen in Gesteinseinheiten der Schweiz

Übersicht, Charakterisierung, Handlungspotenzial

Schlussbericht: 14. März 2019

NEROS Netzwerk Mineralische Rohstoffe Schweiz

NEROS
Netzwerk mineralische Rohstoffe Schweiz
Schwanengasse 10
3011 Bern
www.neros.ch

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU
Abteilung Abfall und Rohstoffe
Worblentalstrasse 68
3063 Ittigen
www.bafu.admin.ch

Abkürzungen (noch nicht fertig)

Bafu Bundesamt für Umwelt
BAG Bundesamt für Gesundheit
BfE Bundeamt für Energie
cemsuisse
FGS Fachgruppe Georessourcen Schweiz
FSKB Fachverband der schweizerischen Kies-und Betonindustrie
IGP Institut für Geochemie und Petrologie, ETHZ
Neros N etzwerk mineralische Rohstoffe Schweiz
NORM Naturally occurring radioactive material
swisstopo

SUVA Schweizerische Unvallversicherungsanstalt
B

Inhaltsverzeichnis **3**

1. Ausgangslage, Auftrag **5**

2. Aufbau des «Handbuches» **6**

3. Thematische Ebenen **7**

3.1 Basiskarten (Ebenen) **7**

3.1.1 Lithologische Karten der Schweiz
Geotechnische Karte der Schweiz 7

3.1.2 Schwermetallgehalte bodenbildender Gesteine 7

Quantifizierung 7

Regionalisierung 8

3.1.3 Chemismus schweizerischer Gesteine 12

3.1.4 Vorschläge zur Verbesserung der Grundlagen 12

3.1.5 Behörden, Organisationen,Stakeholder, Nutzniesser 12

3.1.6 Betroffene Industrien, Steine und Erden Bereich 12

3.2 Asbest und asbestartige Minerale in Gesteinen **13**

3.2.1 Grundlagen (Geologie, Definition, Nachweis, Gefährdung) 13

3.2.2 Situation Schweiz 14

3.2.3 Vorschläge zur Verbesserung der Grundlagen 14

3.2.4 Betroffene Industrien (Steine & Erden) 17

3.2.5 Betroffene Behörden/Organisationen/Stakeholder 17

3.3 Natürliche Radioaktivität **19**

3.3.1 Grundlagen 19

3.3.2 Aktuelle Beispiele 19

3.3.3 Strahlenschutzverordnung 19

3.3.4 Handlungspotenzial 22

3.4.5 Betroffene Industrien (Steine & Erden) 22

3.4.6 Betroffene Behörden/Organisationen/Stakeholder 24

3.4 Mineralische Stäube, insbes. Quarz **25**
3.4.1 Vorbemerkung 25
3.4.2 Definition, Messunge 25
3.4.3 Quarzfeinstaub 25
3.4.4 Inerte Stäube 25
3.4.5 Industrien (Steine & Erden), Relevanz Quarzfeinstaubproblematikn 26
3.4.6 Regelungen, Netzwerk, Kontrolle 26
3.4.7 Fragen, Chancen, Handlungsfelder 26
3.4.8 Vorschläge zur Verbesserung der Grundlagen auf übergeordneter Ebene 26
3.4.9 Vorschläge zur Verbesserung der wiss. Grundlagen für Industriebedürfnisse 27
3.4.10 Betroffene Industrien (Steine & Erden) 28
3.4.11 Betroffene Behörden/Organisationen/Stakeholder 28

3.5 Arsen **29**
3.5.1 Grundlagen 29
3.5.2 Situation Schweiz 29
3.5.3 Vorschläge zur Verbesserung der Datengrundlagen 29
3.5.4 Wasser, Gestein/Wasser 30
3.5.5 Vorschläge zur Verbesserung der Datengrundlagen 30
3.5.6 Expertengruppe 30
3.5.7 Betroffene Industrien (Steine & Erden) 30
3.5.7 Betroffene Behörden/Organisationen/Stakeholder 32

4 Bericht Mineralische Rohstoffe **33**

5. Stakeholderanalyse **35**
5.1 Industrie (Steine & Erden) **35**
5.1.1 Verbände (Extraktion, Produktion) 35
5.1.2 Unternehmen, Firmen (Extraktion, Produktion) 36
5.1.3 Netzwerkorganisationen, Akademie 37
5.2 Behörden, Organisationen **38**

6. Schlussbemerkungen, Ausblick **39**

Reglemente, Elementgehalte
Abkürzungen
Literatur

1. Ausgangslage, Auftrag

In aktuell überarbeiteten Gesetzen, Richtlinien und Verordnungen, (z.B. VVEA, ChemRRV, VBBo, Strahlenschutzverordnung) wurden aus umweltrelevanter Sicht tiefere Grenzwerte bezüglich umweltkritischer Elemente und Minerale vorgeschrieben. Einzelne Gesteinseinheiten, welche direkt genutzt werden oder als Basis für mineralische Rohstoffe dienen, rücken dadurch lokal, regional und national in Grenzbereiche, wo deren Verwendung erschwert oder verunmöglicht wird. Unter Umständen können Sanierungen nötig werden, welche auf geologischen und mineralogischen Eigenarten der Gesteine beruhen und nicht auf anthropogene Einflüsse zurückgehen.

Obwohl man heute auf zahlreiche Karten, GIS-Datenebenen, Datenbanken, Standardwerke und Literatur zurückgreifen kann, welche den Reichtum unseres Landes an mineralischen Rohstoffen in verschiedener Form darstellen und dokumentieren, existiert schweizweit bis anhin keine einheitliche Basis-Informationsquelle zu geogenen Gehalten in Gesteinen. Die bisherigen Karten und GIS-Datenebenen entstanden jeweils aus zeitaktuellen Fragestellungen unter entsprechender Dringlichkeit. Dementsprechend wurden oft vereinfachte Darstellungen verwendet. Vorhandenes, aber teilweise schlecht zugängliches Grundlagenwissen, Datensammlungen und Karten sind dadurch im Laufe der Zeit in Vergessenheit geraten.

Eine von Behörden und Industrie gleichermassen akzeptierte Grundlage mit einem entsprechenden Argumentarium zu geogen bedingten, gesteinsspezifischen Element- und Mineral-Gehalten wird auf allen Seiten zum besseren Verständnis und zur Lösungsfindung bei aktuellen und neuen Konfliktsituationen beitragen. Dies sowohl bei Nutzungsfragen wie auch bei Schutzanliegen, bei der Entsorgung und Deponierung oder bei der vorausschauenden Planung. Kritische Elemente oder Minerale, veränderte Wahrnehmung (Behörden/Industrie/Öffentlichkeit), neue Denkweisen und entsprechende Handlungsspielräume sind nur einige Stichworte dazu.

Kernaufgabe der vorliegenden Studie ist es, Wege aufzuzeigen, wie mit vertretbarem Aufwand zusätzliche Basisinformationen bezüglich Element- und Mineralgehalten in Gesteinseinheiten der Schweiz gewonnen werden können, und darzustellen, welche häufig verwendeten geologisch-lithologischen Datengrundlagen aus welchen Gründen auf die heutigen Vorschriften und Verordnungen anzupassen oder mit Vorsicht zu interpretieren sind.

Es wird in Zukunft vermehrt nötig sein, gemäss dem 5-Kapital-Modell* in den Ebenen Gesellschaft, Technologie, Ökonomie, Ökologie, Regierungsführung gleichzeitig zu handeln.

Das hier präsentierte Handbuch, basiert auf dem Expertenwissen der Projektpartner. Damit wird eine kritische Hinterfragung des Status quo ermöglicht und ein Set von lösungsorientierten Vorschlägen geliefert. In zeitlicher Hinsicht kann es als eine Art «Fahrplan» gelten, wie in den nächsten Jahren sukzessive verbesserte Grundlagen bezüglich geogener Element- und Mineralgehalte in schweizerischen Gesteinen geschaffen und gefördert werden können.

Das 5-Kapitale-Modell (nach Giurco and Cooper, 2012) basiert auf vernetztem Denken mit einer Interaktion auf verschiedenen Skalen in Raum und Zeit Es stellt eine Verbindung von einem physischen Materialzyklus (Rohstoffverfügbarkeit, Stand der Technik, Wert der Rohstoffe, Nutzungs- und Verbraucherverhalten, Dienstleistung) mit einer Gesamtsicht gemäss den fünf Kapitalen **Ökologie** (Geologie und Umwelt), **Technologie** (Materialeigenschaften und Technologie), **Ökonomie** /finanzielle Überlegungen) **Gesellschaft** (soziale Akzeptanz und Verträglichkeit) und **Regierungsführung** (international, national, regional)

2. Aufbau des Handbuches

Das Handbuch ist modular konzipiert. Die Kapitel sind so aufgebaut und gegliedert, damit eine Serie von eigenständigem Informationsmaterial zu verschiedenen element- und mineralbedingten Aspekten von Geteinseinheiten entsteht. Wo Abhängigkeiten zwischen einzelnen Kapiteln bestehen, wird darauf hingewiesen.

Im **Kapitel 3.1** «Grundlagen» wird, aufbauend auf einer lithologischen Gesteinsklassierung, ein Weg vorgeschlagen, wie mit vertretbarem Aufwand die aktuelle Datenlage massiv verbessert werden kann. Dies sowohl in Bezug auf die geologischen Basiskarten, auf Standardwerke betreffend Schwermetallgehalten und geogenen Belastungen in Gesteinseinheiten, deren Regionalisierung und allgemein zum Chemismus schweizerischer Gesteine.

Das **Kapitel 3.2** behandelt das Thema Asbest und asbestartige Minerale. Es wird nicht anhand von Einzelfällen argumentiert, sondern es werden Übersichtsdarstellungen vorgeschlagen, die dem besseren Verständnis der Problematik einerseits und der Akzeptanz und Handhabung andereseits dienen.

Aspekte zur natürlichen Radioaktivität werden im **Kapitel 3.3** behandelt. Hier kommen insbesondere die tieferen Limiten in der neuen Stahlenschutzverordnung in Bezug auf die Steine und Erdenindustrie zur Sprache.

Eine sehr aktuelles Thema, mineralische Feinstäube und insbesondere Quarzfeinstaub, wird im **Kapitel 3.4** behandelt. Es geht weniger um Schutzmassnahmen und Arbeitssicherheit sondern vielmehr um Darstellungen, Prognosen und auch Chancen im Umgang mit geogen belastetem Gestein und bei dessen allfälliger Verwertung.

Kapitel 3.5 behandelt schliesslich Arsen, ein Element, das zusehends in die öffentliche Diskussion gerät und wo ein direkter Bezug zu geogen bedingten Anreicherungen teils unerwartete Zusammenhänge zeigt.

Mit einem Kapitel/Résumé zum «Bericht mineralische Rohstoffe» (Federführung swisstopo und Bafu) und einer Stakeholderanalyse schliessen die **Kapitel 4 und 5** den Bericht ab

Zitierte **Literatur** und **Abkürzungen** werden am Schluss erwähnt

- **Handlungsvorschläge** zu möglichen möglichen Themen die der Verbesserung der Grundlagen und/oder des Kenntnisstandes dienen, sind mit Bullet-Punkten hervorgehoben.

Die Gewichtung und Priorisierung der Handlungsvorschläge ist Sache des Auftraggebers (Bafu). Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass viele der in den Kapiteln 3.2 bis 3.5 vorgeschlagenen Verbesserungen von den unter 3.1 behandelten Grundlagendaten abhängen. In diesem Sinn wäre den Grundlagen eine grosse Priorität zu schenken.

Das Handbuch wurde in gedruckter und in digitaler Form (PDF) an den Auftraggeber ausgeliefert

3. Thematische Ebenen

3.1 Basiskarten

3.1.1 Lithologische Karten der Schweiz (Geotechnische Karte der Schweiz)

Die Geotechnischen Karten der Schweiz wurden in jeweils vier Blättern im Massstab 1:200'000 in einer ersten Version in den Jahren 1934-1938 und in einer stark überarbeiteten Neuauflage 1964-67 von der Schweizerischen Geotechnischen Kommission SGTK (heute Fachgruppe Georessourcen Schweiz FGS) herausgegeben. In Kombination mit den ebenfalls von der SGTK herausgegebenen Standardwerken «Die nutzbaren Geteine der Schweiz (1934, 1949, 1969), der «Technischen Gesteinskunde» (1967) und dem Standardwerk «Die mineralischen Rohstoffe der Schweiz» (1997) bilden sie eine ausgezeichnete Grundlage für die Vorschläge in dieser Studie.

Eine digitale Version der oben erwähnten Karten mit vollständiger Integration in die vom Bund unterhaltenen und etablierten Geoinformationsdienste (map.geo.admin.ch) fand nie statt. Die ursprünglichen gedruckten Karten und zahlreiche Publikationen der SGTK und anderer wissenschaftlicher Stellen würden eine viel detailliertere Klassifikation zulassen, die wesentlich besser zu den aktuellen Fragestellungen passt.

Die häufig verwendete vereinfachte geotechnische Karte, wie sie ab 1995 zum Einsatz kam, genügt diesen Ansprüchen nicht. Die zur Verfügung stehenden Kennzahlen und Attribute zu den lithologischen Einheiten basieren alle auf den grossmassstäblichen Polygonen der gedruckten Kartenblätter (Massstab 1:200'000). Viele Gesteinseinheiten wurden zusammengefasst. Die Auswahlkriterien waren nicht geochemischer Art, es standen geotechnische Gefährdungspotenziale bezüglich Hochwasserschäden im Fokus der Karte, die damals unter grossem Zeitdruck entstand (Rösli, 1990) und via Bundesamt für Statistik herausgegeben wurde. Eine Übertragung in den Massstab 1:25'000, wie er im geologischen Atlas der Schweiz (Landesgeologie/swisstopo) und im selben Detailierungsgrad in den GeoCover* Grundlagen (ebenfalls swisstopo/Landesgeologie) vorhanden ist, lässt sich nicht automatisch generieren. Zu gross ist die Variabilität der Fest- und Lockergesteine und zu ungenau die Karte im Massstab 1:200'000.

Handlungsbedarf

- Ein sinnvolles «upgrade» der Geotechnischen Karten zu einer neuen Karten- und Datenbasis bedingt eine kritische Hinterfragung der Literatur, Karten und Dienste und daraus folgend eine verbesserte, respektive verfeinerte lithologische Klassierung der Gesteine.
- Für die Darstellung von Heterogenitäten in Lockergesteinskörpern (Channels) müssen neue Technologiene entwickelt werden. Fazieswechsel in Sedimentgesteinen und metamorphe Veränderungen in überprägten Gesteinen, beispielsweise mit Auswirkungen bezüglich der Aussagekraft zu aktuellen Fragestellungen (z.B. Asbestminerale, siehe 3.2) sind zu integrieren.

3.1.2 Schwermetallgehalte bodenbildender Gesteine

Die vorliegende Studie konzentriert sich auf Fragestellungen punkto geogener Gehalte an kritischen Elementen in Festgesteinen und in Lockergesteinseinheiten. Diese sind im Gegensatz zu den gut untersuchten Böden ungenügend und nicht in der nötigen und heute möglichen Präzision abrufbar. Böden im Sinne der pedologischen Wissenschaften werden hier ausgeklammert dazu existiert eine grosse Anzahl an Publikationen und Kartendarstellungen. Nicht ausgeklammert werden aber Hinweise auf den Gesteinsuntergrund und Hinweise auf mögliche Interaktionen Gestein/Boden. Hinweise auf in- und ausländische Studien sind ebenfalls integriert.

Quantifizierung

Bei der Frage nach der Herkunft anorganischer Schadstoffe im Boden gilt es zu beachten, dass diese Elemente in äusserst variablen Konzentrationen auch natürlich im Boden vorkommen. Die Quellen dieser natürlichen Fraktionen anorganischer Schadstoffe sind die bodenbildenden Gesteine. Eine wesentliche Grundlage zur Bestimmung natürlicher Schadstoffgehalte in Bodenproben stellen deshalb detaillierte Kenntnisse über die Gehalte dieser Elemente in den bodenbildenden Gesteinen dar – geogene Grundgehalte.
So steht es in einer 1995 veröffentlichten Publikation «Quantifizierung und Regionalisierung von Schwermetall und Fluorgehalten bodenbildender Gesteine der Schweiz (Tuchschmid, 1995).

Die Studie lieferte damals eine Grundlage für die in der Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBo) erfassten Elemente. An rund 340 repräsentativen Locker- und Festgesteinen der Schweiz wurden die Totalgehalte der Schwermetalle Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Hg, Mo, Tl und von Fluor gemessen. Bei der Auswahl der Gesteinsproben wurde das gesamte lithologische Spektrum des geologischen Untergrundes der Schweiz, sowie die spezifische Auftretenshäufigkeit der verschiedenen Lithotypen in der Schweiz berücksichtigt: Zur Darstellung der regionalen und lokalen Aspekte der geochemischen Daten wurde ein in 34 sogenannte Lithofazies gegliederter Proben- und Datensatz eng mit der auf lithologischen Aspekten basierenden Raumgliederung der Schweiz verknüpft- der Geotechnischen Karte der Schweiz. In Ermangelung des vollständigen Datensatze jedoch mit der vereinfachten Geotechnischen Karte (siehe 3.1.1). Die 34 Lithologien (Lithofazies) wurden sieben sogenannten Geochemischen Fazies zugeordnet, also petrografisch/geochemische Systemem (siehe Abb. 4) .

* der vollständige Datensatz GeoCover V2 wird gemäss Info der Landesgeologie ab Sommer 2019 zur Verfügung stehen.

In der Arbeit von M. Tuchschmid 1995 standen folgende Fragen im Vordergrund:

- Welches sind die Schwermetallgehalte der verschiedenen (repräsentativen) Gesteine der Schweiz (geogene Grundgehalte?
- Wie ist die regionale Variabilität dieser Schadstoffgrundgehatle?
- Was sind typische geogene Schwermetall-charakteristika?
- Welches sind häufig zu erwartenden Schwermetallgehalte in Böden, Basierend auf obenstehenden Punkten?

Eine zusammenfassende Tabelle aus der Arbeit Tuchschmid (1995) mit den Gehaltsbereichen an Schwermetallgehalten für die Hauptgesteinsgruppen ist in der Tabelle 1 wiedergegeben.

Bereits in den 1990er Jahren wurde darauf hingewiesen, dass die Kenntnis der Element- und Mineralgehalte bezüglich der in der Schweiz sehr kleinräumig vorliegenden Gesteinsserien lückenhaft ist. und es wurde ebenfalls festgehalten, dass mit den 70 Einheiten (Festgesteine, Lockergesteine, mineralische Rohstoffe) der ursprünglichen Geotechnischen Karte eine gute Raumgliederung gegeben wäre, dass aber leider nur eine stark vereinfachte digitale Version davon existiert (siehe 3.1.1).

Aus den bekannten und vorgängig beschriebenen Mängeln der digitalisierten vereinfachten Geotechnischen Karte und aus der Tatsache, dass für geologisch und mineralogisch nicht speziell geschulte Benutzer die praktische Umsetzung des Berichts Tuchschmid schwierig ist, hat das BUWAL 1996 einen «Schlüssel zur Identifikation gesteinsbedingter Richtwertüberschreitungen» herausgegeben (Buwal, 1996). Besondere Probleme bietet die eindeutige Zuordnung der Legendentexte der vier gedruckten Kartenblätter der Geotechnischen Karte der Schweiz (siehe Abb. 1, 2, 3) zu den zusammengefassten Legendeneinheitenin der Arbeit Tuchschmid (siehe Abb. 4). Es wurde wiederum festgehalten, dass die Grunddaten (Datenbank GEOSTAT (ARC-INFO, BA Statistik) der «Vereinfachten Geotechnischen Karte der Schweiz» (Rösli, 1990) wegen der geochemisch teilweise inadäquaten Zusammenfassung von Karteneinheiten und insbesondere wegen des ungenügenden Massstabes 1:200'000 nicht als geographische Bezugsgrundlage geeignet ist. Der Hauptzweck des «Schlüssels» sollte sein, konkrete Hinweise zu folgenden Fragen zu liefern:

- Sind die in Bodenproben gemessenen richtwertüberschreitenden Schadstoffgehalte möglicherweise gesteinsbedingt
- Wo in der Schweiz sind Regionen mit mutmasslich gesteinsbedingt richtwert-über- schreitenden Schadstoffgehalten zu erwarten?

Mit dem «Schlüssel» wurde quasi eine Übersetzunghilfe zu den Lithologien der Geotechnischen Karte und den lithofaziellen Gruppen aus der Arbeit Tuchschmid gegeben (Abb. 5a). Zusätzlich wurden eine Anleitung gegeben, wie mittels Polardiagrammen (Abb. 5b) Richtwertüberschreitungen in Gesteinen/ Gesteinsgruppen graphisch dargestellt werden können. Das gewählte Beispiel (Abb. 6) von Molassemergeln und -tonen zeigt dies exemplarisch. Aber eben, es wurde nochmals ausdrücklich festgehalten, dass die Genauigkeit der damals gewählten geologischen Karte (1:200'000) für präzise Lokalisierungen und Zuordnungen unzureichend ist. Heute hätte man geeignetere Kartenmasstäbe und bessere Grundlagen zur Verfügung.

Regionalisierung

Auch wenn es (zur Zeit) von den gesetzgebenden Behörden aus nicht realistisch erscheint, so wäre angesichts der hierzulande unterschiedlichen geologischen Gegebenheiten eine Regionalisierung von Grenzwerten durchaus sinnvoll. Eine Unterteilung der Schweiz in drei bis vier «Geogene Regionen» könnte sich an die grossen Baueinheiten der Schweiz halten

	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Hg	Mo	Tl	Pb	F
Gesamtdatensatz (342 repräsentative Gesteinsproben):											
gesamt	<1-4'100	<0.1-115	<1-2'100	<1-1'500	<5-1'700	<0.03-11	<0.1-1.3	0.1-225	<0.01-25	<0.7-5'400	<200-2'000
Median	44	15	26	13	57	0.14	<0.1	0.93	0.50	14	500
(a) Pelitische Gesteine (Lehme, Tongesteine, Mergel, Mergel- und Tonschiefer, Paragneise und -schiefer: 140 Proben):											
häufig*	30-120	10-30	20-70	10-45	50-140	0.1-0.3	<0.1-0.2	0.4-2.0	0.3-1.2	10-40	200-1'000
Max.	280	110	270	1'500	1'200	3.7	0.5	8.7	3.3	110	1'300
(b) Karbonatische/sulfatische Gesteine (Kalksteine, Dolomite, Rauhwacken, Marmore, Kalksilikatfelse, Gipsgesteine: 61 Proben):											
häufig*	2-35	<0.3-15	4-25	1-9	5-45	<0.03-0.2	<0.1	0.2-2.1	<0.01-0.3	<0.7-10	<200-600
Max.	310	58	120	54	600	2.4	0.2	5.4	0.6	32	2'000
(c) Psammitische Gesteine (Sande, Sandsteine, Quarzite: 46 Proben):											
häufig*	7-85	4-30	8-40	3-20	20-80	0.03-0.3	<0.1-0.1	0.4-1.8	0.1-0.9	5-25	<200-700
Max.	460	41	170	480	1'100	7.2	0.3	4.4	2.3	5'400	1'900
(d) Granitoide Gesteine (Granite, Granodiorite, Syenite, Tonalite, Porphyre, Orthogneise: 50 Proben):											
häufig*	<1-10	<0.1-20	1-10	2-10	25-75	<0.03-0.2	<0.1	0.3-2.9	0.5-1.6	10-40	500-800
Max.	22	37	13	53	92	0.36	0.1	4.8	2.3	46	1'900
(e) Basisch/ultrabasische Gesteine (Grünschiefer, Amphibolite, Gabbros, Diorite, Porphyrite, Peridotite, Serpentinite: 36 Proben):											
häufig*	100-2'000	35-75	50-1'500	15-100	40-130	<0.03-0.2	<0.1-0.1	0.5-1.9	<0.01-0.5	<0.7-15	<200-600
Max.	4'100	115	2'100	160	180	0.52	0.1	27	1.0	40	700
(f) Bituminöse Gesteine und Kohlen (bituminöse Tongesteine, Schieferkohlen, Braunkohlen, Anthrazite: 9 Proben):											
häufig*	10-75	1-30	20-75	20-80	60-240	0.2-1.1	0.2-1.0	5-100	0.07-2.2	5-75	n.a.
Max.	110	46	350	1'400	1'700	11.3	1.3	225	25.3	310	n.a.

[* zentrale 80% der analysierten Gehalte]

Tabelle 1: Spektrum geogener Grundgehalte an Schwermetallen und Fluor in Gesteinen der Schweiz. Aus Tuchschmid (1995)

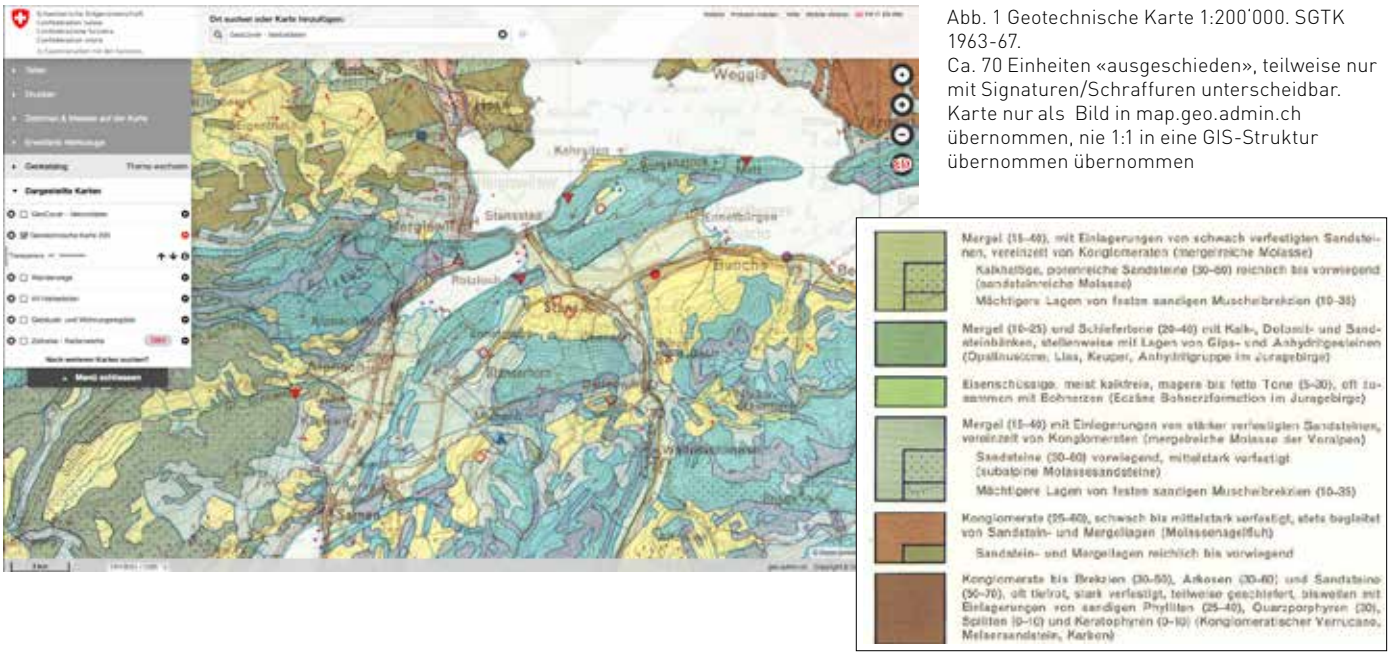
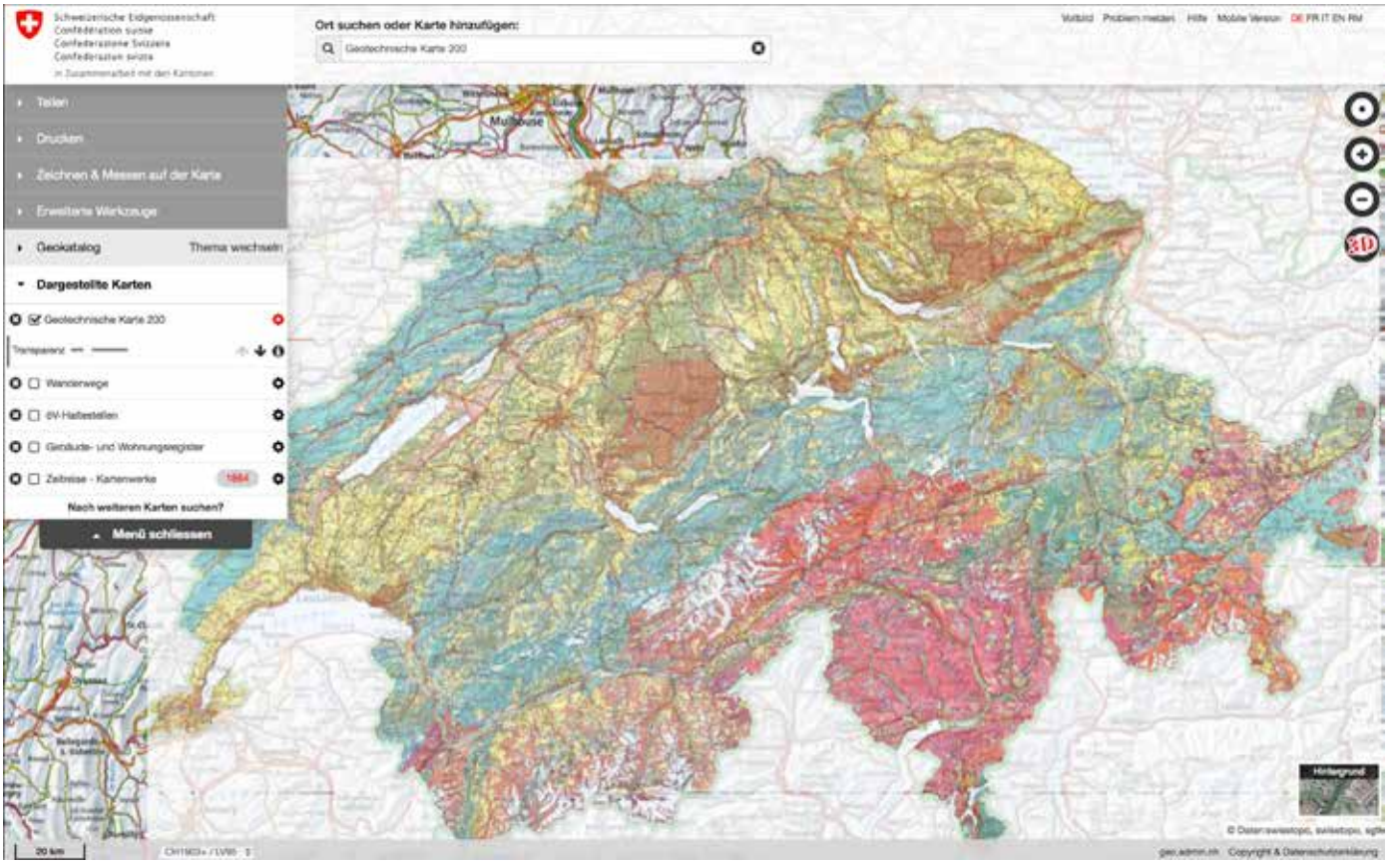


Abb. 1 Geotechnische Karte 1:200'000. SGTK 1963-67.
Ca. 70 Einheiten «ausgeschieden», teilweise nur mit Signaturen/Schraffuren unterscheidbar. Karte nur als Bild in map.geo.admin.ch übernommen, nie 1:1 in eine GIS-Struktur übernommen übernommen

Abb. 2: GeoCover, Vektordaten 1:25'000 (swisstopo) ganze Schweiz gute Erstinformation/ Übersicht, auch für noch nicht publizierte Kartenblätter. (siehe Abb. 3). Attributierung nicht auf gesteinsspezifische Parameter angepasst.

Abb3: Geologische Karten 1:25'000 (swisstopo), ca. 75% der Schweiz abgedeckt. Maximaler Detailierungsgrad, in der Regel mit Erläuterungen. Attributierung nur teilweise auf gesteinsspezifische Parameter angepasst.



Nummer	Kurzbeschreibung	Stratigr. Alter	Verbreitung JR	ML	AP1	AP2
1 Lockergesteine						
GTK-I	Grund- und Oberflächenmoränen	Pleistozän, (Holozän)	L	G	G/L	G/L
GTK-2	Lösse, Lösslehme und Verwitterungslehme	Pleistozän, (Holozän)	R	-	(E)	-
GTK-3	Schwemm-/Gehänge-, Seeboden- und Talbodenlehm	Holozän	E	R+L	E	-
GTK-4	Eiszeitliche Schotter	Pleistozän	R+E	R+L	E	-
GTK-5	Alluviale Kies- und Sandablagerungen	Holozän	R/E	R+L	R+E	R+E
GTK-6	Wildbachschuttkegel	Holozän	E	-	L	L
GTK-7	Gehängeschutt und Bergsturzmaterial	Holozän	R+E	E	G/L	G/L
GTK-8	Torfareale	Holozän	E	R+E	-	-
GTK-9	Seekreiden	Holozän	E	E		
2 Festgesteine						
GTK-10	Mergel (vorwiegend) der flachliegenden Molasse	Oligozän, Miozän	E	R	-	-
GTK-I 1	Mergel des Beckens von Mendrisio	Pliozän	-	-	E	-
GTK-I 2	Sandsteine (vorwiegend) der flachliegenden Molasse	Oligozän, Miozän	E	R	-	-
GTK-I 3	Muschelsandsteine bis -breccien der Molasse	Miozän				
GTK-I 4	Schiefertone und Mergel (vorwiegend) des Juras	U. Dogger, Lias				
GTK-I 5	Tonschiefer (vorwiegend) des Ostalpins	O. Trias				
GTK-I 6	Sandsteine bis Tonschiefer des Tafeljuras	Perm, U. Trias				
GTK-I 7	Eisenschüssige Tone (vorwiegend) des Juras	Eozän				
GTK-I 8	Mergel (vorwiegend) der subalpinen Molasse	Oligozän				
GTK-I 9	Sandsteine (vorwiegend) der subalpinen Molasse	Oligozän, Miozä				
GTK-20A	Konglomerate (vorwiegend) der Molasse	Oligozän, Miozä				
GTK-20B	Konglomerate (untergeordnet) der Molasse	Oligozän, Miozä				
GTK-21	Konglomerate / Ponteganakonglomerat der Südalpen	Oligoz., Mioz., P				
GTK-22	Sandsteine und KonglomVBrecc. (vorwiegend) der Alp	Karbon, Perm, U				
GTK-23	Breccien und Konglomerate im Schams	??				
GTK-24	Tonschiefer bis Phyllite der Alpen	Karbon, Perm, U				
GTK-25	Mergelschiefer bis Kalkphyllite der Alpen	Jura, Kreide, Pa				

Lithofazielle Gliederung (Tuchschmid, 1995)

GF	LF	Lithotypen	GTK-Einheiten	N
1	1	Granite, Granodiorite, Tonalite, Quarz-Diorite, Syenite, Quarzporphyre und Granophyre, z.T. metamorph (Grundgebirge. Perm. Tertiär)	44, 45, 46, 22e	17
1	3	Feldspatreiche Gneise und Zweiglimmer- bis Biotit-Gneise ("Orthogneise" des Grundgebirges)	48, 49, 53p, 57p, 50e	33
2	2	Diorite, Gabbros, Porphyrite und Porphyrittuffe, z.T. metamorph (Grundgebirge, Perm,	47, 58, 59p, 44e, 46e, 22e	4
2	4	Amphibolite und Hornblende-Felse (Grundgebirge)	56, 57p, 61p, 50e, 53e, 48e, 49e	12
2	15	Grünschiefer (mesozoische Ophiolithe)	59	13
2	5	Peridotite. Oiivin-Felse (Grundgebirge, Mesozoikum)	61, 56e, 57e, 50e	3
2	16	Serpentinite (mesozoische Ophiolithe)	60, 59e	3
3	6	Glimmerreiche Gneise, Glimmerschiefer, Biotit-Gneise und Hornfelse	50, 51, 52, 53p, 57p, 48e, 49e	22
3	9	Tonschiefer bis Phyllite, z.T. sandig (Karbon, Perm, vereinzelt U. Trias)	24,16p, 22p	8
3	11	Mergel-/Tonschiefer bis Kalkphyllite und Kalkglimmerschiefer (Flysch, Bündnerschiefer. Lias)	25,28, 26p, 30p, 33e	28
3	17	Mergel, Mergelkalke und Schiefertone (Mesozoikum)	31,14, 29e	13
3	21	Mergel, Tongesteine und Bentonite (Molasse, Pliozän der Südaloen)	10,18,11, 12d, 19d, 20p	16
3	23	Bolustone (Eozän)	17	5
3	24	Glaziallehme und -tone, inkl. Löss (Pleistozän)	1,2	35
3	25	Alluviallehme und -tone (Holozän)	3, 5e	13
4	7	Metapsammite/Ouarzite (Grundgebirge, Trias)	55, 50p, 53p, 48e, 49e	3
4	10	Arkosen, Sandsteine und Feinbreccien, z.T. metamorph (Karbon, Perm, U. Trias)	22,16p, 24e	9
4	13	Sandsteine (Flvsch), inkl. Grünsandsteine (M. Kreide)	26, 34, 25p, 29e	10
4	14	Radiolarite (Mesozoikum)	43	2
4	22	Sandsteine, inkl. Muschelbreccien/-sandsteine (Molasse)	12,13,19,10p, 18p, 20p	18
4	26	Alluvialsande (Holozän)	5, 3e	4
5	8	Kalkmarmore und Kalksilikatfelse (Grundgebirge, Trias)	36, 28e, 30e	8
5	12	Kiesel- bis Sandkalksteine, geschieferte Kalksteine (Bündnerschiefer, Flysch)	33, 30	5
5	18	Kalksteine, Kieselkalksteine (Mesozoikum), inkl. Seekreide (Holozän)	29, 32, 9,31p, 8e. 3e	37
5	19	Dolomite und Rauhwacken (vorwiegend Trias), inkl. Dolomitmarmore	37, 38, 40, 42, 14e, 29e,	9
5	20	Gipsgesteine (Trias)	41, 37e, 38e, 40e, 14e	2
6	27	Anthrazite, Kohlen, bituminöse Gesteine (Karbon, Mesozoikum, Molasse, Pleistozän)	62, 63,39, 14e, (10e, 12e, 18-20e, 1	9
7	28	Eiszeitliche Schotter (Pleistozän)	4	–
7	29	Grobklastische Moränenablagerungen (Pleistozän, Holozän)	1	–
7	30	Alluvialkiese (Holozän)	5	–
7	31	Grobklastische Wildbachablagerungen und Gehängeschutt (Holozän)	6, 7	–
7	32	Konglomerate (Molasse, südalpines Tertiär)	20A, 20Bp, 21, 10e, 12e, 18e, 19e	–
7	33	Konglomerate und Breccien, z.T. metamorph (Karbon, Perm)	22, 54, 24e	–
7	34	Kalkbreccien (Trias, Lias, Malm)	35, 23	–

Abb. 4: Geotechnische Karte der Schweiz. SGTK 1963-67 und Einteilung der Gesteinseinheiten betreffend geochemischer Kriterien zur Darstellung geogener Gehalte an Schwermetallen.

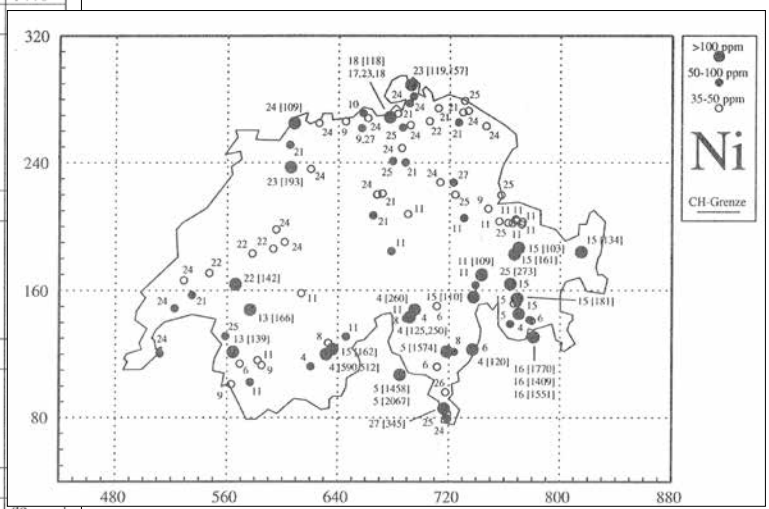
Von den auf der Karte 1:200'000 insgesamt dargestellten 70 lithologischen Einheiten wurde in der Arbeit Tuchschmid 1995 (Quantifizierung und Regionalisierung von Schwermetall- und Fluorgehalten bodenbildender Gesteine der Schweiz) eine Reduktion auf 34 lithofazielle Einheiten vorgenommen und 7 geochemischen Fazien zugeordnet
Mit den heutigen technischen Hilfsmitteln (insbes. KIS und GIS-Systeme) wäre eine grössere Präzisierung im Massstab 1:25'000 möglich)

Geochemische Fazies / Lithofazies (GF / LF)	N	häufige (80%) Gehalte	typische (50%) Gehalte	Med.	Min.	Max.
Gesamtdatensatz	342	4.3 - 93.5	9.9 - 47.7	25.7	0.5	2'067
GF1: Granitoide	**50**	**1.5 - 8.4**	**2.3 - 6.7**	**4.3**	**0.5**	**12.9**
LF1 (Granite, Granodiorite, ...)	17	0.9 - 11	2.5 - 7.5	5.1	0.7	12.9
LF3 (Orthogneise)	33	1.5 - 7.9	2.3 - 5.7	4.1	1.1	12.7
GF2: Basika/Ultrabasika	**36**	**23 - 1'500**	**64 - 500**	**114**	**15.5**	**2'067**
LF2 (Diorite, Gabbros, Porphyrite)	4	--	--	--	15.5	23.4
LF4 (Amphibolite, Hbl-Felse)	12	50 - 500	89 - 260	109	28.4	590
LF15 (Grünschiefer)	13	48 - 181	70 - 160	103	24.1	270
LF5 (Peridotite)	3	--	--	--	1'458	2'067
LF16 (Serpentinite)	4	--	--	--	1'387	1'770
GF3: Pelite	**140**	**20 - 70**	**26 - 51**	**40**	**10.5**	
LF6 (Paragneise)	22	12 - 44	15 - 40	23	10.9	
LF9 (Karbon, Perm, U. Trias)	8	21 - 49	26 - 47	45	19.7	
LF11 (Flysch, Bündnerschiefer)	28	32 - 86	36 - 62	45	26.1	
LF17 (Mesozoikum, exkl. LF11)	13	20 - 52	21 - 38	31	19.6	
LF21 (Molasse)	16	25 - 72	31 - 52	47	10.5	
LF23 (Bolustone)	5	(60 - 160)	--	(120)	41.4	
LF24 (glazial)	35	21 - 56	33 - 43	38	18.7	
LF25 (alluvial)	13	34 - 83	40 - 62	50	31.9	
GF4: Psammite	**46**	**8.0 - 40**	**13 - 32**	**21**	**2.3**	
LF7 (Metapsammite, Quarzite)	3	--	--	--	2.3	
LF10 (Karbon, Perm, Trias)	9	8.9 - 32	10 - 25	13	4.0	
LF13 (Flysch)	10	11 - 140	14 - 32	21	8.2	
LF14 (Radiolarite)	2	--	--	--	26.4	
LF22 (Molasse)	18	13 - 37	15 - 35	20	8.1	
LF26 (alluvial)	4	--	--	--	14.4	
GF5: Karbonate/Sulfate	**61**	**4.0 - 25**	**5.5 - 14**	**8.7**	**<3**	
LF8 (Kalkmarmore, Kalksilikatfelse)	8	4.6 - 65	7.0 - 41	22	4.5	
LF12 (Bündnerschiefer, Flysch)	5	(14 - 22)	--	20	13.8	
LF18 (Kalksteine, Kieselkalksteine)	37	4.3 - 20	5.5 - 13	8.5	3.2	
LF19 (Dolomite, Rauhwacken)	9	5.6 - 11	6 - 10	7.5	<3	
LF20 (Gips)	2	--	--	--	<3	
GF6: Kohlen/Bitumin. Gest.	**9**	**20 - 75**	**25 -56**	**32**	**11.9**	
LF27 (Kohlen, bituminöse Gesteine)	9	do.	do.	do.	do.	do.

Abb. 5a

links
Nickel-Gehaltsbereiche (in ppm) der verschiedenen geochemischen Fazies und Lithofazies
Beide Figuren aus Tuchschmid 1995.

unten:
Verteilung und lithofazielle Zugehörigkeit der Proben mit erhöhtem Nickelgehalten. Bei Proben mit Gehalten über 100ppm sind die Gehalte in eckigen Klammern angegeben.

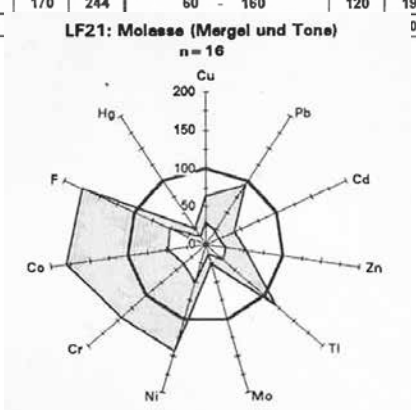


LF Code	Gesteinstyp (Lithofacies)	n	Molybdän (RW 5 ppm) häufige (80%) Gehalte	Med.	Max.	Chrom (RW 75 ppm) häufige (80%) Gehalte	Med.	Max.	Nickel (RW 50 ppm) häufige (80%) Gehalte	Med.	Max.
1	Granite, Granodiorite, ...	17	0.4 - 2.4	1.5	2.6	< 1 - 8.6	1.3	21.9	0.9 - 11	5.1	12.9
2	Diorite, Gabbros, Porphyrite	4			2.05			110			23.4
3	Orthogneise	33	0.27 - 3.2	1	4.78	1 - 13	4.4	16.8	1.5 - 7.9	4.1	12.7
4	Amphibolite, Hbl-Felse	12	0.5 - 1.5	1	1.91	180 - 2200	310	2549	50 - 500	109	590
5	Peridotite	3			6.02			1347			2067
6	Paragneise	22	0.41 - 2.8	1.2	3.57	25 - 82	49	140	12 - 44	23	49.2
7	Metapsammite, Quarzite	3			0.67			9.3			6.4
8	Kalkmarmore, Kalksilikatfelse	8	0.68 - 1.5	0.95	1.82	5.4 - 37	12	101	4.6 - 65	22	74.8
9	Tonschiefer bis Phyllite	8	0.47 - 1.7	0.9	1.93	61 - 110	76	177	21 - 49	45	65.3
10	Arkosen, Sandsteine, Feinbrekzien	9	0.5 - 1.3	0.67	1.58	7 - 79	45	132	9 - 32	13	66.9
11	Flysch, Bündnerschiefer	28	0.37 - 1.6	0.65	4.59	41 - 125	75	140	32 - 86	45	109
12	Bündnerschiefer, Flysch	5	0.2 - 0.5	0.4	1.44	10 - 30	20	44.5	14 - 22	20	32.9
13	Flysch	10	0.8 - 2.1	1.3	4.18	13 - 89	25	460	11 - 140	21	166
14	Radiolarite	2			4.36			7.8			27
15	Grünschiefer	13	0.64 - 1.2	0.73	1.31	110 - 300	220	307	48 - 181	103	270
16	Serpentinite	4			26.7			4120			1770
17	Mergel, Mergeltone, Schiefertone	13	0.61 - 1.9	1.1	2.64	34 - 102	48	131	20 - 52	31	57.1
18	Kalksteine, Kieselkalksteine	37	0.21 - 2.1	0.92	5.38	2.9 - 37	9	312	4.3 - 20	8.5	118
19	Dolomite, Rauhwacken	9	0.83 - 2.3	1.2	2.39	5.8 - 13	7.5	15.1	5.6 - 11	7.5	11.1
20	Gips	2			0.14			1.3			< 3
21	Molasse (Mergel und Tone)	16	0.65 - 1.3	0.86	1.59	28 - 107	69	133	25 - 72	47	97
22	Molasse (Sande)	18	0.4 - 1.8	0.67	3.12	13 - 66	30	85	13 - 37	20	142
23	Bolustone	5	1.5 - 5	2.5	8.68	85 - 190	170	244	60 - 160	120	193
24	glazial (Lehme, Tone und Löss)	35	0.44 - 1.5	0.79	2.08	33 - 93					09

Abb. 5b:

oben: Verknüpfung von Gesteinstypen mit Schwermetall- und Fluorgehalten (Mo, Cr, Ni) aus dem «Schlüssel zur Identifikation gesteinsbedingter Richtwertüberschreitungen» herausgegeben (Buwal, 1996)

rechts: Polardiagramm dazu



und beispielsweise auf der tektonischen Karte der Schweiz basieren. Die grosse Herausforderung bestünde darin, eine Akzeptanz und daraus eine Behördenverbindlichkeit zu schaffen. Zwischen den verschiedenen Regionen müssten «Übergangsbereiche» oder «Korridore» mit einem Interpretationsspielraum möglich sein.

3.1.3 Chemismus schweizerischer Gesteine

1930 wurde von der Schweizerischen Geotechnischen Kommission ein voluminöses Werk zum «Chemismus schweizerischer Gesteine» herausgegeben. Beinahe 1300 vollständige und 565 unvollständige chemischen Analysen zu schweizerischen Gesteinen sind darin enthalten. Allerdings wurden vorwiegend die Hauptelemente gemessen, nur ganz verinzelt finden sich Angaben zu Spurenelementen. 1942 erfolgte in der gleichen Serie ein erster Nachtrag, und 1956 ein zweiter Nachtrag, jeweils wieder mit hunderten von Gesteinsanalysen.
Auch wenn Messungen zu den Spurenelementen fehlen, sind die Daten zum Gesamtchemismus schweizerischer Gesteine eine wahre Fundgrube und die akribisch nachgeführten Orts- und Literaturangaben können im Zusammenhang mit geogenen Belastungen in Gesteinen im Hintergrund eine Rolle spielen.

Ein direkter Handlungsbedarf bezüglich des vorliegenden Projektes besteht nicht.

3.1.4 Vorschläge zur Verbesserung der Grundlagen

- Ein sinnvolles «upgrade» der Geotechnischen Karten sowie die Darstellung von Heterogenitäten in Lockergesteinskörpern wurde bereits unter 3.1.1 postuliert.
- In den Datensystemen der Landesgeologie/swisstopo sollten unter Koordination mit KOGIS (Koordination Geoinformation und Services) gemäss dem Datenmodell Geologie auf Basis der geologischen Karten 1:25'000 (respektive GeoCover) an die bestehenden Polygone in Ergänzung der lithologischen Daten zusätzliche Attribute zu geogen Gehalten/Variationen und zu potenziell umweltgefährdenen Mineralien angehängt werden. Ebenso ist eine Lösung für lokale, punktbezogene Informationen zu entwickeln/integrieren, dies vordringlich im Hinblick auf die unter 3.3 bis 3.6 erwähnten Themen.
- Im Hinblick auf die grösstmögliche Nutzung der Daten für Bundesstellen und Öffentlichkeit und die Akzeptanz in der Industrie hat dies in enger Zusammenarbeit mit der Landesgeologie/swisstopo und unter Nutzung etablierter Fachstellen (z.B. Fachgruppe Georessourcen Schweiz FGS zu erfolgen.
- Für die Definition von Ausnahmeregelungen (siehe Regionalisierung) wäre ein Expertengremium zu bestimmen (z.B. Bafu, PBUK, FGS, NEROS). Wegen dem Interpretationsspielraum und der daraus zu erwartenden Diskussionen (z.B. warum gilt andernorst ein höherer/tieferer Grenzwert) müsste ein Argumentarium geschaffen werden, basierend auf lithologisch/geologischen Kriterien.
- Eine vielversprechende Darstellungsform von Elementgehalten/Vorkommen wurde von Mark. Simoni in seiner Masterarbeit 2012 entwickelt. Es ist eine geschickte Kombination von geotechnischen Gesteinseinheiten klassiert gemäss Elemente und Minerale in Verbindung mit Punktinformationen (Mineralfundstellen) Mittels geostatistischen und stochastischen Modellen wurden daraus wahrscheinliche Anomalien (Hochzonen) berechnet und dargestellt. Bei den Seltenen Erdmetallen (Kernthema der damaligen Masterarbeit) hat diese Methode zu einer hohen Aussagekraft beigetragen und die geografische Treffsicherheit deutlich verbessert.
- Mit Bezug auf aktuelle Vorschriften, Gesetze und Regelwerke mit Angabe von Grenzwerten bezüglich umweltkritischer Elemente und Minerale (VVEA, ChemRRV, VBBO etc.). sollten kritische Überlegungen zu einzelnen Elementen und Mineralen werden angestellt werden – nicht nur im Fall von bekannten Grenzwert-Überschreitungen in Gesteinen, sondern auch im Fall von vorläufig noch mässig kritischen Gesteinseinheiten.

3.1.5 Betroffene Behörden, Organisationen und Stakeholder, Nutzniesser

Eigentlich alle, inklusive Wissenschaft und Öffentlichkeit

3.1.6 Betroffene Industrien aus dem Steine und Erden Bereich

Primäre Rohstoffgewinnung i.w.S.
(Abbau, Bearbeitung, Verwendung)

Sekundäre Rohstoffgewinnung und -behandlung (Aufbereitung, Verwertung von Nebenprodukten), Deponierung, Recycling

3.2 Asbest- und asbestartige Minerale in Gesteinen

3.2.1 Grundlagen

Allgemein

Asbest ist ein Sammelbegriff für natürliche Mineralfasern, die eine gute thermische Isolierfähigkeit haben und feuer-, hitze- sowie säurebeständig sind. In der Industrie wurden diese besonderen Eigenschaften genutzt. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts stieg die Nachfrage nach langfaserigem Asbest stark an. Asbest wurde beispielsweise für die Herstellung von Asbestpapier, Asbestpappe, Asbest-Schutzkleidung, Schlammpresstücher und Asbestfilz als Wärmeschutz für Leitungen sowie zur Isolation von Schalttafeln verwendet.

Geologie

Die meisten Asbestmineralien werden bei der Metamorphose von mafischen und ultramafischen Gesteinen gebildet. Gelegentlich können Asbestmineralien auch in Kalksteinen und Dolomiten vorkommen (Abb. 6). Es fällt auf, dass Asbestminerale nicht in der ganzen Schweiz vorkommen, sonden auf die Landesteile südlich der Voralpen und hauptsächlich auf den alpinem Bereich der Zentralalpen beschränkt sind.

Gesteine, die Asbestmineralien führen können

Die «klassischen» Gesteine, die Asbestmineralien führen können (nicht müssen) sind in der nachfolgenden Liste zusammengestellt:

Serpentinite
Chrysotil, Tremolit, Anthophyllit
Prasinite (=Grünschiefer)
(Chrysotil), Aktinolith, Anthophyllit
Metabasalte
Tremolit, Aktinolith
Chloritschiefer
Tremolit, Aktinolith, Chrysotil
Ophicalcite
Chrysotil, Tremolit
Metakarbonate
Tremolit-Aktinolith
Banded Iron Formation
nicht in der Schweiz (Riebeckit, Grünerit

Es gibt allerdings weitere faserige Mineralien, welche die Kriterien der Asbestfasern ebenfalls erfüllen. wie z.B. Enstatit, Nephrit-Jade und fibröser Zeolith sowie weniger bekannte Mineralien, wie Erionit und Mordenit. Auch sie können einen asbestartigen Habitus (asbestiform) ausbilden. Diese nicht industriell genutzten Mineralien gehören jedoch (noch) nicht zu den Asbestmineralien (Coray, 2017).

Definition

Eine klare und einheitliche Definition von Asbest gibt es nicht. Im Normalfall werden unter dem Begriff Asbest sechs Arten von industriell verwendeten Asbestmineralien verstanden, die in zwei Silikat-Mineralgruppen eingeteilt werden (Abb. 7). Meistens werden nur asbestartige Mineralien betrachtet, welche in hohen Konzentrationen in der Natur vorkommen, gewinnbringend abgebaut und in der Industrie verwendet werden.

Zu den von der WHO anerkannten Asbestmineralien gehören das Serpentinmineral **Chrysotil** und die Amphibole **Tremolit**, **Aktinolith**, **Anthophyllit**, **Riebeckit** und **Grünerit**. (Abb. 7; siehe auch ChemRRV Anhang 1.6). Allen gemeinsam ist ihre faserige Beschaffenheit.

Chrysotilasbest ist in der Schweiz die häufigste Art, dies ausschliesslich in ophiolitischen, serpentinisierten Gesteinen. Amphibolasbest kann in Meta-Ultrabasika, Metabasalten und Metakarbonaten vorkommen.

Nachweis

Der Nachweis von Asbestfasern wurde für sechs vorgehend erwähnten Asbestminerale für die Industrie festgelegt. Er ist nicht à priori auf andere asbestartige Mineralien im Gestein anwendbar. In der Regel basiert der Nachweis auf dem Länge/Dicke-Verhältnis und der Ausbildung der Fasern respektive Faserenden*.

Gemäss United States Environmental Protection Agency (EPA) weisen Asbestminerale folgend Fasereigenschaften auf:

- Grosses Längen-Durchmesser-Verhältniss (L:D grösser 20:1)
- Fibrillen, meistens D kleiner 0.5 µm
- Parallele Faserbündel
- Gespleisste Faserenden
- Gebogene Fasern
- SUVA: Länge zu Durchmesser verhältnis von 3:1, Länge grösser als 5 µm, Durchmesser kleiner 3 µm (WHO Faser)

Grosse Unterschiede bestehen in der von Ingenieuren dominierten Praxis bei der Messung von Asbestmineralen (= Fasern) in technischen Produkten oder Anwendungen von Gesteinsmaterialien gegenüber den von der Mineralogie bezüglich natürlichen Gesteinen vorgegebenen Analysen und Gefährdungspotenzialen (pers. Mitteilung Dr Eric Reusser, ETH Zürich)

Asbestfasern können im Gestein durch optische Analysen mit dem Rasterelektronenmikroskop (REM) in Kombination mit der Energiedispersiven Röntgenspektroskopie (EDS) und/oder chemischen Analysen erkannt werden. Eine einfache Felddiagnose gib es leider noch nicht, da sich insbesondere bei den Serpentinmineralen Chrysotil schwer erkennen lässt und oft in kleinsten Äderchen vorhanden ist. Ein paar Faustregeln und makroskopische Anhaltspunkte sind jedoch bekannt (Coray, 2018 und lokale, in der Branche bekannte Gutachten).

Grenzwert SUVA: 0.01 Asbestfasern/ml (=10'000 Asbestfasern/m^3)

*In den VDI-Richtlinien (2013), welche für das Messen von anorganischen faserförmigen Partikeln in der Luft angewendet werden, wird die Faser als ein langgestrecktes Partikel unterschiedlicher Herkunft mit einer Länge L grösser als 5 µm, einer Dicke D kleiner als 3 µm und einem Länge- Dicke-Verhältnis L:D grösser als 3:1 definiert.
Die Definition der SILAG entspricht derjenigen in den VDI-Richtlinien. Zusätzlich wird hier erwähnt, dass die Faser parallele Längenseiten aufweisen muss.
Mit der Asbestfaserdefinition der EPA 600/1993 lässt sich natürlicher Asbest von mecha- nisch gebildeten Mineralsplittern anderer Mineralien unterscheiden (Perkins und Harvey, 1993)
VDI = Verein Deutscher Ingenieure. SILAG = Zürcherische Arbeitsgemeinschaft zur Erforschung und Bekämpfung der Staublungen in der Schweiz, EPA = Environmental Protection Agency, USA)

Gefährdung
Asbest wird als krebserzeugend eingestuft und sollte in der Natur möglichst gemieden und in der Technik möglichst vermieden werden. Da das Einatmen von Asbestfasern zu schweren Gesundheitsschäden** führen kann, gilt in der Schweiz seit 1990 ein ein vom Bund verordnetes generelles Asbestverbot. Die Verwendung von Asbest und der Handel von Erzeugnissen sowie Gegenständen aus Asbest sind nicht gestattet. Die 1990 in Kraft gesetzte Verordnung des Bundes zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit bestimmten besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen verbietet auch das Inverkehrbringen von asbesthaltigen Erzeugnissen und Gegenständen (Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung, ChemRVV, 2018) Bei der Bearbeitung von asbesthaltigem Gestein und Produkten können Fasern freigesetzt werden. Mittels Schutzmassnahmen kann der Einfluss bei Sanierungen (Gebäude) oder Restaurierungen (Bau- und Bildwerke, z.B. Fassaden) minimiert (und kontrolliert) werden.

Die natürliche Verwitterung von asbesthaltigen Gesteinen und Materialien kann ebenfalls Fasern freisetzen. Da die einzelnen Asbestmineralfasern sehr klein und dünn sind, können sie mit blossem Auge nicht erkannt werden. Um festzustellen, ob und wie viele Asbestfasern sich in der Umgebungsluft befinden, gibt es ausgeklügelte Messmethoden mittels Luftfiltern (z.B. SUVA, Simmons, 2016) Es ist jedoch unmöglich Asbest ganz aus der Umwelt zu verbannen. Geologisch bedingt gibt es sehr grosse regionale Unterschiede, je nach dominierender Gesteinsart.

3.2.2 Situation Schweiz

Asbestverarbeitende Betriebe in der Schweiz waren bis bis Anfangs des 20. Jahrhunderts auf Rohasbest und Asbestfabrikate aus dem Ausland angewiesen (Importverbot von Rohasbeast ab 1917). Von 1907 bis 1911 förderte die Firma S.A. Amiantes de Poschiavo etwa 250 Tonnen Rohasbest aus den Abbaustellen bei Selva im Puschlav. Asbestfasern wurden unter anderem zu Asbestfäden und Asbestgewebe verarbeitet. In den Mangelzeiten und Kriegsjahren 1918 bis 1921 sowie 1939 bis 1945 fanden nochmals kleine Sprengungen und Schürfarbeiten auf Asbest statt. Nach 1945 sind keine Asbestabbau-Arbeiten dokumentiert. Die Firma wurde 1952 liquidiert. Der benachbarte Serpentinitsteinbruch Selva blieb noch bis 2013 in Betrieb.

Die Schweizerischen Eternitwerke AG, Niederurnen, suchten ebenfalls nach Asbestvorkommen in der Schweiz. Unter der Leitung von H. Eggenberger (Leiter Abteilung Asbestgruben) fanden im Alpenraum zwischen 1917 und 1919 Schürfarbeiten statt. Die Untersuchungen wurden später aufgrund der ernüchternden Resultate gestoppt.

Während des Zweiten Weltkrieges wurden Asbestvorkommen insbesondere im Wallis durch Heinrich Jäckli (1942) erneut geprüft. Die Akten (Büro für Bergbau) befinden sich bei der geologischen Informationsstelle (swisstopo).

Eine Liste der bekannten Asbestvorkommen in der Schweiz ist in Tabelle 2 gegeben. Die Karte (Abb. 6) zeigt die Ultrabasischen Gesteinskörper in der Schweiz in Bezug auf ihre metamorphe Überprägung. Das Auftreten von Asbestmineralen und asbest-ähnlichen Mineralen kann damit in erster Näherung vorausgesagt werden.

3.2.3 Vorschläge zur Verbesserung der Grundlagen

- Aufgrund der Ergebnisse aus der Masterarbeit Coray (2018) wird eine Anpassung /Erweiterung) der Definitionen von Asbestfasern in Gesteinen empfohlen.
- Eine allgemein gültige Beschreibung und Darstellung von Asbest und asbestartigen Mineralen in natürlichen Gesteinen fehlt: In welchen Gebieten in der Schweiz kommen Asbest und asbestartige Mineralien vor? Welche Mineralien sind bei welchem Metamorphosegrad zu erwarten?
- Eine in der Praxis einfach zu verwendende kartografische Darstellung der unterschiedlichen Gefährdungs- oder eben Nichtgefährdungspotenziale in der Schweiz fehlt. Im Malenco (Italien) sind diesbezüglich Studien vorhanden, in der Schweiz gibt es lokal ein paar vereinzelte Studien.
- Das über verschiedene Gruppierungen (z.B. NVS, mattec/Philipp Rück, Hans Rudolf Pfeifer, Markus Schafer, SUVA, Rainer Kündig/Schweizerische Geotechnische Kommission (heute Fachgruppe Georessourcen Schweiz)) vorhandene Wissen sollte in einer Wissensbasis für zukünftige Projekte/Herausforderungen allen zur Verfügung stehen.
- Ein Leitfaden für den weiteren Gebrauch von Serpentin als Naturstein existiert in der Natursteinbranche, allerdings sollte die Gesteinsgruppe ausgeweitet werden (siehe Punkt 1)
- Interessant, insbesondere im Zusammenhang mit Sanierungen, könnten verschiedene Zusammenstellungen sein: Welche gesteinsabbauenden Industrien in der Schweiz mussten aufgrund von Asbest in der Vergangenheit ihren Betrieb einstellen? Welche Betriebe verarbeiten heute noch asbesthaltigen Naturstein? (Abb. 8)
- Gibt es aktuell Bauvorhaben, die mit Asbestvorkommen im Naturstein konfrontiert werden wo eine Lösung gefunden werden muss?

** Durch Asbest verursachte Berufskrankheiten: Pleuraplaque, Asbestose, Lungenkrebs, Malignes Mesotheliom.

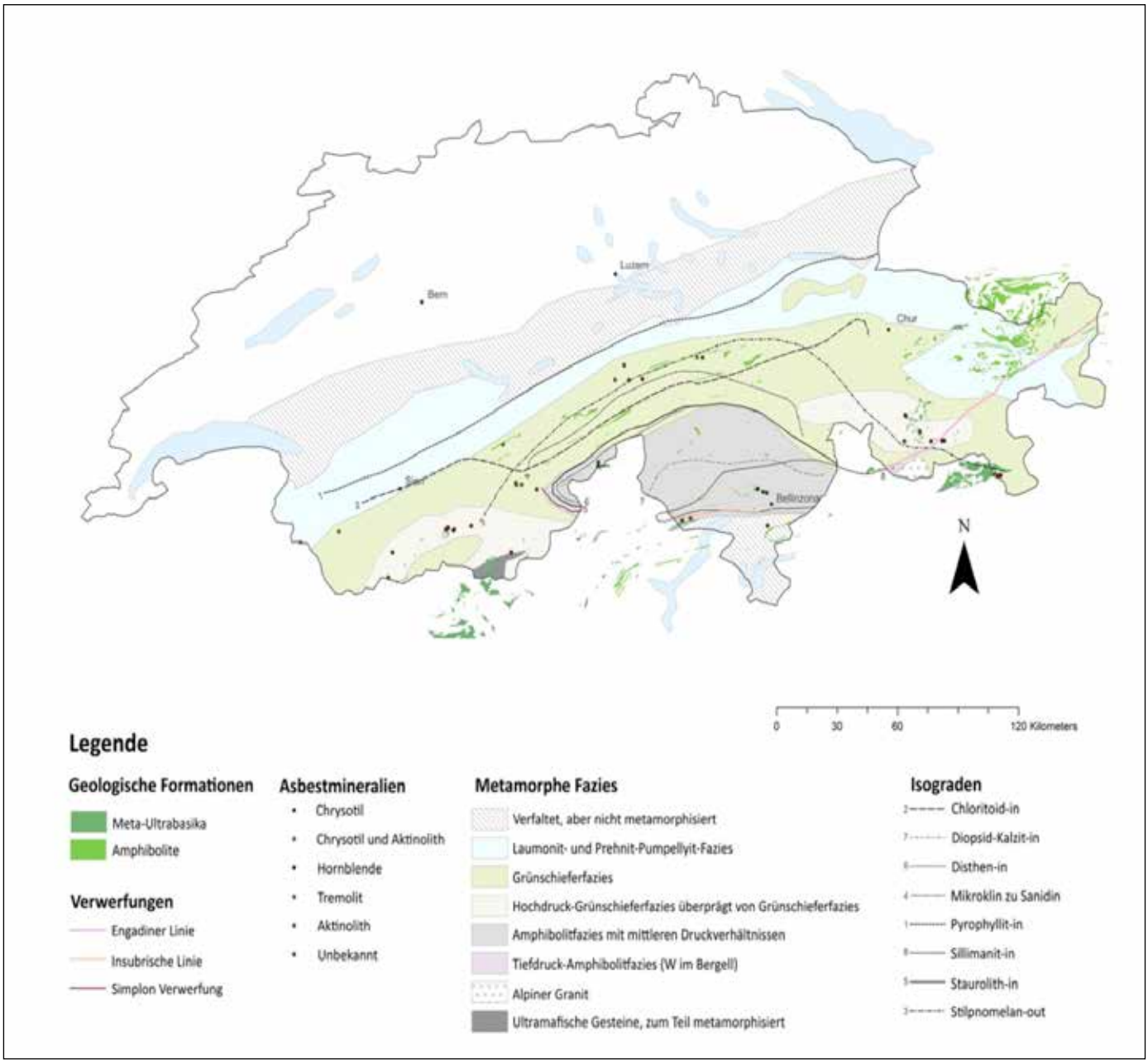
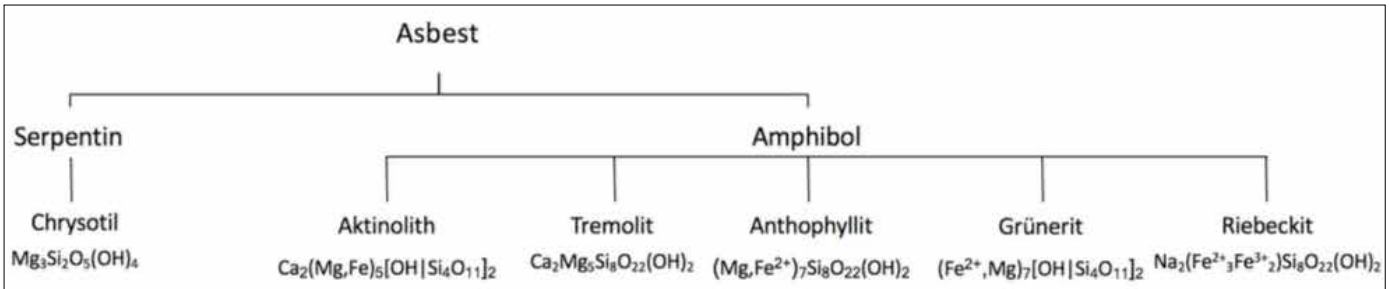


Abb. 6: Asbestmineralien versus Metamorphosegrad (Die Abbildung stammt aus der Masterarbeit von Lea Coray (ETHZ, 2018).

Die markierten Amphibolit- und Meta-Ultrabasika-Komplexe stammen aus der Geologischen Karte der Schweiz 1:500.000 (swisstopo, 2008).Die meisten Asbestmineralien werden bei der Metamorphose von mafischen und ultramafischen Gesteinen gebildet. Gelegentlich können Asbestmineralien auch in Kalksteinen und Dolomiten vorkommen. Daher wurden in der abgebildeten Karte (Coray, 2018)und in den Beschreibungen der verschiedenen Fazies nur die Metabasika, Meta-Ultrabasika und Metakarbonate genauer definiert. Da in der Granulit-, Blauschiefer- sowie in der Eklogitfazies im Allgemeinen keine Asbestmineralien vorkommen, sind diese nicht aufgeführt.

In der Arbeit von Lea Coray (2018) sind ausführliche geologisch-mineralogische Charakterisierungen der Lokalitäten zu finden. Zusätzlich sind weitere Fundorte, gemäss dem Rohstoffinformationssystem der Schweizerischen Geotechnischen Kommission (heute Fachgruppe Georessourcen Schweiz) eingetragen.Als Kartnbasis wurden die Metamorphosekarte der Alpen von Bocquet et al. (1974) verwendet ergänzt mit den Metamorphose-Isograden aus der Arbeit von Frey und Mählmann (1999).



Serpentingruppe

Chrysotil (Mg3Si2O5(OH)4)
Chrysotil wird auch Weissasbest genannt und ist neben Antigorit (Blätterserpentin) und Lizardit eines der drei Hauptmineralien der Serpentingruppe. Unter den Serpentinmineralien tritt Chrysotil am wenigsten häufig auf.

Amphibolgruppe

Aktinolith - Ca2(Mg,Fe)5[OH|Si4O11]2 ist mittels Mikroskop kaum vom Tremolit zu unterscheiden, da beide einen nadelförmigen bis faserigen Habitus haben. Jedoch differenzieren sich Aktinolith und Tremolit bei den chemischen Kriterien. Aktinolith kommt vor allem in Grünschiefern, Talkschiefern und Serpentiniten vor, kann aber auch in niedriggradigen Metamorphiten gefunden werden.

Tremolit - Ca2Mg5[(OH,F)|Si4O11]2
Das Mineral kann vor allem in Metakarbonaten der Grünschiefer- und Amphibolitfazies sowie in Meta-Ultrabasika der Amphibolitfazies gefunden werden. Im Vergleich zur Asbestfaser des Chrysotils ist die des Tremolits nicht elastisch biegsam und zeigt kein Aufspleissen der Enden. Jedoch weist die Asbestfaser des Tremolits parallele Seitenkanten auf.

Anthophyllit - (Mg,Fe2+)7[OH|Si4O11]2
Das häufig vorkommende Mineral Anthophyllit hat eine faserige, radialstrahlige Ausbildung und die Farben variieren zwischen braun, gelb, grau, weiss und grün. Anthophyllit verwittert zu feinkörnigen Serpentinmineralien, Talk und Phyllosilikaten und kommt in mittel- bis hochgradigen mafischen metamorphen Gesteinen vor, wie Amphiboliten, Talkschiefern und Hornfelsen.

Grünerit - (Fe2+,Mg)7[OH|Si4O11]2
Grünerit ist auch bekannt als Amosit oder Braunasbest und kommt eher selten vor.
Das Mineral zeigt eine nadelige bis faserige, radialstrahlige Ausbildung und ist braungrünlich bis braun. Grünerit wird häufig von Hornblenden überwachsen und kann zu Chlorit und Talk verwittern. Das Vorkommen von Grünerit beschränkt sich auf präkambrische metamorphe gebänderte Eisensteine.
In der Schweiz nicht relevant.

Riebeckit - Na (Fe2+ Fe3+)Si8O22 (OH) 2
Riebeckit, auch bekannt als Blauasbest oder Krokydolith, kommt sehr selten vor und hat einen faserigen bis nadeligen Habitus. Die Farbe ist gewöhnlich schwarz bis dunkelblau und die Kristallflächen weisen einen Glas- oder Seidenglanz auf. Riebeckit kommt vor allem in sauren Plutoniten und Alkalirhyolithen, zusammen mit zum Beispiel Ägirin, Biotit, Kalifeldspat, Plagioklas, Nephelin und Quarz, vor.

Abb. 2: Asbestminerale. Darstellung aller in der Industrie verwendeten Asbest-Minerale (aus Coray, 2018, überarbeitet nach Champness et al. 1976)

Abb. 3: Fundorte von Asbestmineralien gemäss Mineralienlexikon der Schweiz und Coray (2018)

Das Mineralienlexikon der Schweiz (Stalder und Offermann, 1998) listet alle in der Schweiz vorkommenden Mineralien auf. Der folgende Auszug legt den Fokus auf die Asbestmineralien Chrysotil, Aktinolith, Tremolit Anthophyllit, Grünerit und Riebeckit

Totalp (GR), Oberhalbstein (GR), Zermatt-Saas-Fee (VS); weit verbreitetes, gesteinsbildendes Mineral in schwach metamorphen Gesteinen.
Weitere Vorkommen: Les Haudères (VS), Val d'Hérens (VS), Cuolms bei Bivio (GR). Griesserental (UR), Binntal (VS), Geisspfad (VS).
In Guttannen (BE), Goppenstein (VS), Maderanertal (UR) und Etzlital (UR) wurden 1918/19 nach Aktinolith-Asbest geschürft, jedoch erfolglos.
In Zeneggen (VS) wurde in den Jahren 1917/19 Hornblendeasbest abgebaut.
Campolungo, Leventina (TI)
Lepontin (TI), Sustenpass (UR, BE), am Ostrand der Bergeller-Intrusion in Ultramafika
Bergwerk Grand-Praz bei Ayer (Val d'Anniviers, VS)
In eisenreichen mesozoischen Sedimenten, Grünschieferfazies, so z.B. bei Ängisort (UR), Urnerboden beim Klausenpass (UR), Kistenpass (GR, [5]), und Glärnisch (GL).
Am Kontakt zu Serpentinit gibt es weitere Beispiele bei Grevasalvas, Plaun Grand und Piz Lunghin (GR).

In der Arbeit Coray (2018) werden zu rund 45 Vorkommen von Asbetmineralen genauere Angaben zu Fundort, Lithologie und Abbau gegeben

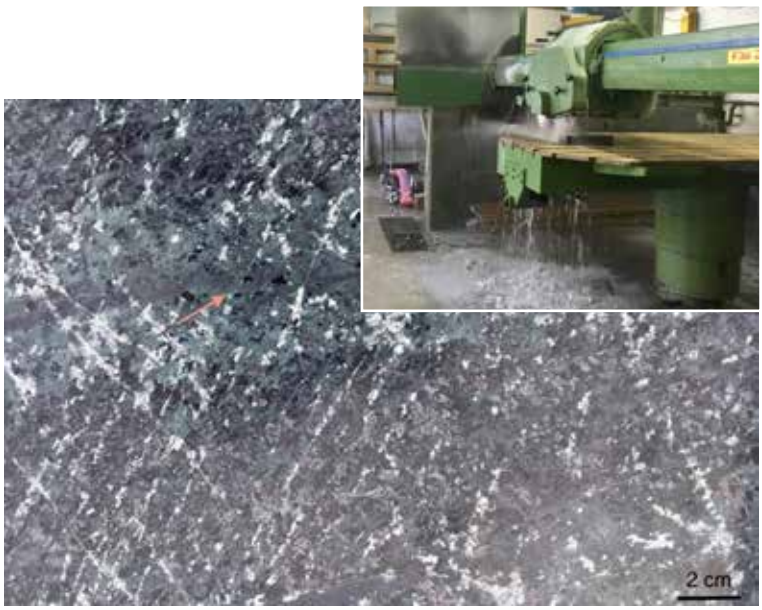


Abb. 4: Eine wesentliche Erkenntnis aus der Arbeit Coray (2018): Asbestfasern (z.B. Chrysotil) sind sehr heterogen im Gesten (z.B. Serpentinit) verteilt. Es braucht gute Analytik und viel Erfahrung, um zu erkennen, dass beispielsweise in kleinsten Äderchen der Chrysotilanteil am grössten sein kann. Es spielt nicht nur das Gestein selbst, sondern auch dessen tektonische Überprägung eine Rolle. Wenn man die Eigenheiten der Serpentinite versteht, kann man auch beim Abbau und bei der Verarbeitung besser auf mögliche Gefährdungen reagieren. Unter Einhaltung der SUVA Vorschriften, entsprechenden Kontrollen und mittels entsprechender Ausrüstung sollte eine verantwortungsvolle Verwendung möglich sein.

Bilder: Serpentinitblock bei der Nassbearbeitung. Der Pfeil zeigt auf die schmale Chrysotilader auf der Schnittfläche (Fotografie: Lea Coray)

NEROS kann bei allen Vorschlägen Projekt-leitend und/oder aktiv mitwirken und dank dem riesigen Netzwerk die relevanten Fachleute zusammenbringen. Am meisten Erfolg und überregionale (nationale?) Akzeptanz würde ein grossangelegtes Gemeinschaftsprojekt bringen. Dies würde zwar einen grossen Einsatz von Ressourcen (Finanzen und Personen) bedingen, aber dafür endlich einmal mit Halbwissen und Teillösungen aufräumen.

3.2.4 Betroffene Industrien aus dem Steine und Erden Bereich

- Natursteinbrüche im Alpenraum
- Natursteinverarbeitende Betriebe
- Kunsthandwerk (Bildhauer, Steinmetze)
- Maurer, Gipser, Dachdecker
- Elektriker
- Gebäudeunterhalt: Fassaden, Innenbereiche (Böden, Wände, Küche/Bad etc.)
- Renovation (Fassaden, Bauten, Baudenkmäler)

3.2.5 Betroffene Behörden, Organisationen und Stakeholder

- Bundesamt für Umwelt
- Bundesamt für Gesundheit
- Bundesamt für Bauten
- swisstopo/Landesgeologie
- SUVA
- andere Versicherungen (z.B. Gebäudeversicherung)
- Natursteinverbände
- Plattenlegerverband
- Baumeisterverband
- Liste nicht abschliessend

Bemerkung

Die Suva hat diverse Massnahmen formuliert, welche die Arbeiter vor der Exposition von Asbestfasern schützen sollen. Diesbezügliche Informationen und Merkblätter können auf der Suva-Webseite (www.suva.ch -→ Asbest) abgerufen werden. Ebenso sind dort Vorschriften bezüglich Sanierungen vorhanden. sowohl für Arbeitnehmer und Arbeitgeber.

3.3 Natürliche Radioaktivität

3.3.1 Grundlagen

In der revidierten Strahlenschutzverordnung (StSV) vom 26. April 2017 (siehe 3.4.2.1) wurden die Belastungsgrenzen und Grenzwerte neu festgelegt. Einzelne Lithologien sowie daraus gewonnene Rohstoffe und/oder Abraum, Abfallstoffe respektive Deponieprodukte sind so in einen Grenzbereich geraten, wo gemäss StSV spezielle Behandlungen oder Entsorgung nötig sind. Bei Festgesteinen betrifft dies beispielsweise Gesteinsserien aus dem Aiguilles Rouges Massiv, die beim Bau des Pumpspeicherkraftwerkes Nant de Drance (Trienttal, VS) besondere Massnahmen bei der Entsorgung und Wiederverwendung bedingten und wo sogar einige Tonnen des Materials nach Tschechien in eine Uranaufbereitungsanlage gebracht wurden (unter Aufsicht und Kontrolle von SUVA, BAG und BfE). Auch Lockergesteine können betroffen sein, wenn sie durch sedimentäre oder akkumulative Prozesse überdurchschnittlich viel Schwermineralien enthalten, wie dies beispielsweise in Schwersandlagen (Channels) in Tonvorkommen und in Kieskörpern aus der Region Düdingen FR bekannt ist.

In der Schweiz – wie auch in vielen anderen Ländern – wurde seit den 1950er Jahren die Suche nach Atombrennstoffen intensiviert. 1962 wurde von der Schweizerischen Geotechnischen Kommission und vom «Arbeitsausschuss für die Untersuchung schweizerischer Mineralien und Gesteine auf Atombrennstoffe und seltene Elemente» eine Übersichtskarte der Uran- und Thorium-Mineralisationen der Westalpen herausgegeben (bearbeitet durch die Geologen Th. Hügi, F. de Quervain und F. Hofmänner).

1988 wurde, quasi als Abschluss der Tätigkeit des Arbeitsausschusses ebenfalls von der Geotechnischen Kommission eine Zusammenfassung aller Resultate inklusive einer Übersichtskarte 1:500'000 publiziert (F. Gilliéron, T. Labhart; Zur Geologie der Uranmineralisation in den Schweizer Alpen, mit Karte (Abb. 9) der Radioaktivitätsmessungen, radiometrischen Anomalien und Uranvorkommen in den Schweizer Alpen). Durch die Uranprospektionsarbeiten in den Schweizer Alpen wurden zahlreiche interessante Uranmineralisationen gefunden. Sie liegen vorwiegend in einer relativ schmalen Zone, die sich aus dem Unterwallis (Gegend von Martigny) längs des Rhonetals und des Vorderrheintals bis gegen Ilanz und von dort nordwärts bis ins obere Weisstannental und Murgtal erstreckt. Ein Teil dieser Uranmineralisationen wurde durch Schürfarbeiten auf ihren wirtschaftlichen Wert hin untersucht.

Akten, Untersuchungsberichte und Karten des Arbeitsausschusses sind heute via Informationsstelle der Landesgeologie einsehbar.

Mit der Publikation einer wissenschaftlichen Arbeit von Nicolas Meisser zur Uran-Mineralisation im Aiguilles Rouges Massiv (ebenfalls in der geotechnischen Serie der Beiträge zur Geologie der Schweiz erschienen), wurde diese Thematik 2012 von der Geotechnischen Kommission abgeschlossen. Es wurden in dieser Arbeit im östlichen Bereich des Aiguilles-Rouges-Massivs in den Westalpen zahlreiche, teils ergiebige Uran-Vererzungen untersucht. Diese Mineralisationen liegen nahe der Ortschaften Lavey-les-Bains (VD), Collonges, Dorénaz, Marécottes, Finhaut (VS) und Vallorcine (Hoch-Savoyen). Zwischen 1973–1981 und 2008 wurden in La Creusaz (nahe Marécottes) Prospektionsarbeiten durch- geführt, welche Sondierungen und den Ausbruch von fast 942 m Galerien umfassten.

Handlungspotenzial

- Eine Übertragung der Resultate auf die heute gebräuchliche lithologische Karte der Schweiz (siehe 3.2.1) hat nie stattgefunden. Im Zusammenhang mit den Eingangs erwähnten Beispielen und in Kombination mit den nachfolgend erwähnten Beispielen wäre dies dringend zu empfehlen.

3.3.2 Aktuelle Beispiele (Auswahl)

Geogen bedingte Anomalien bezüglich natürlicher Radioaktivität sind nicht nur aus den vorgehend erwähnten Publikationen und Untersuchungen bekannt. Die wohl beste und aktuellste Zusammenstellung neuerer Untersuchungen wird von Heinz Surbeck und Mitarbeitern in Form einer sogenannten Hot Spot Karte (Abb. 11) à jour gehalten. Die nachfolgende Auflistung zeigt exemplarisch einige Beispiele, wo ein Zusammenhang mit Gesteinen/Vererzungen, Sedimentations- und Akkumulationsprozessen oder mit geochemischen Veränderungen durch Wasserzirkulation hergeleitet werden konnte.

- Davos: (Hyperakkumulation von Uran, Sertigtal
- Düdingen: Akkumulation von schweren Elementen in Feinsedimenten in Tongrube.
- Mont Vully: Zusammenhang mit Oxidation/Reduktionsprozessen beim Durchfluss von Wasser durch an Knochenmaterial angereicherten Gesteinspartien (Bone Beds). Beeinflussung von Grund und Quellwasser.
- Aeugst ZH, Menzingen ZG, Blapach BE: Erhöhte Gehalte von Uran und Thorium in Molassekohlen. Belastungen an ehemaligen Verbrauchsorten dieser Kohle und erhöhte Gehalte an diesen Elemente in den Abraumhalden.
  (Liste ist nicht abschliessend (siehe Abbildung 11)

3.3.3 Strahlenschutzverordnung

Am 1. Januar 2018 ist die neue Strahlenschutzverordnung (StSV) in Kraft gesetzt worden. Sie baut, wie die bisherige, auf dem Strahlenschutzgesetz von 1991 auf, ist in ihren Forderungen jedoch wesentlich strenger und detaillierter.

Im Zusammenhang mit geogenen Gehalten an radioaktiven Elementen haben für die Steine und Erden Industrie die sogenannten NORM Materialgruppen Bedeutung. Unter NORM (Naturally occurring radioactive material; natürlich vorkommende radioaktive Materialien) versteht man Materialien mit natürlich

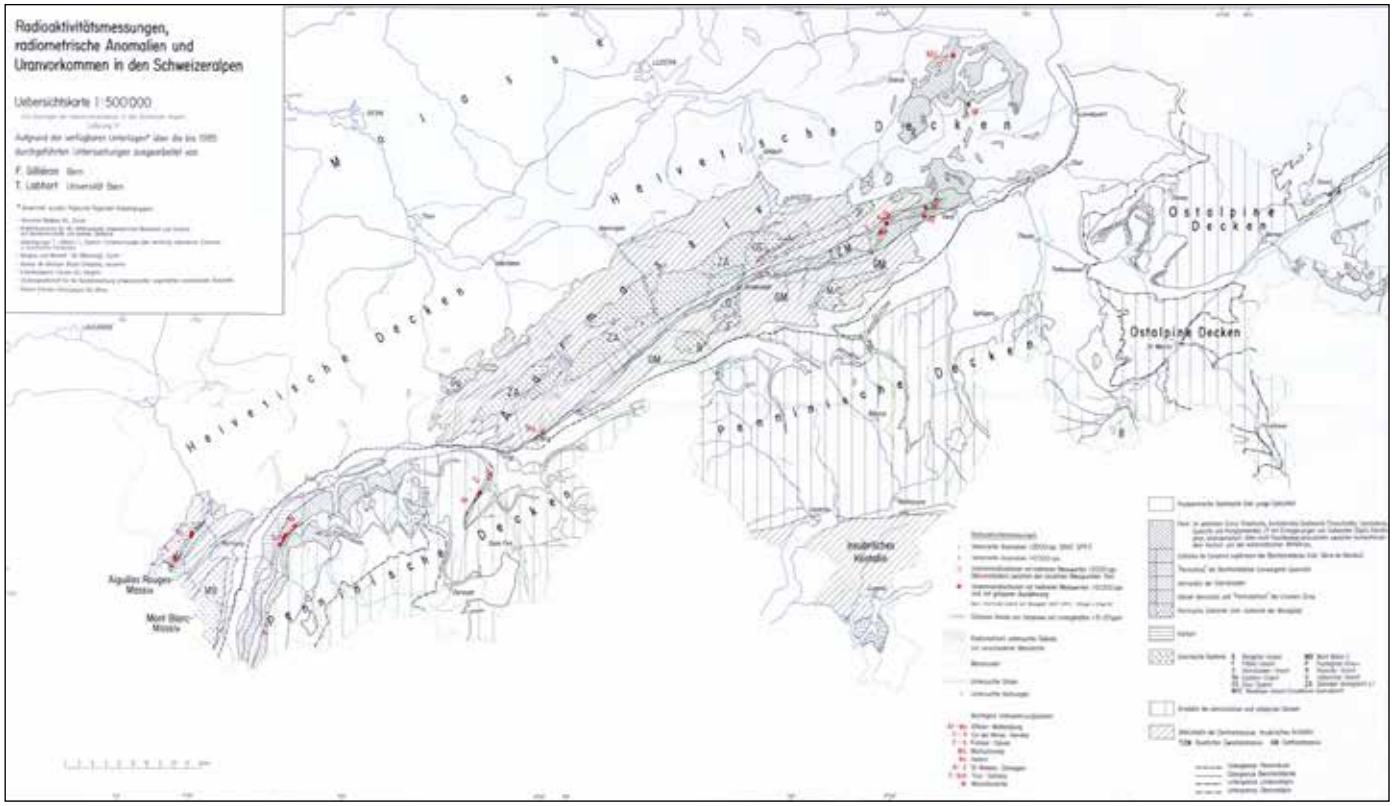
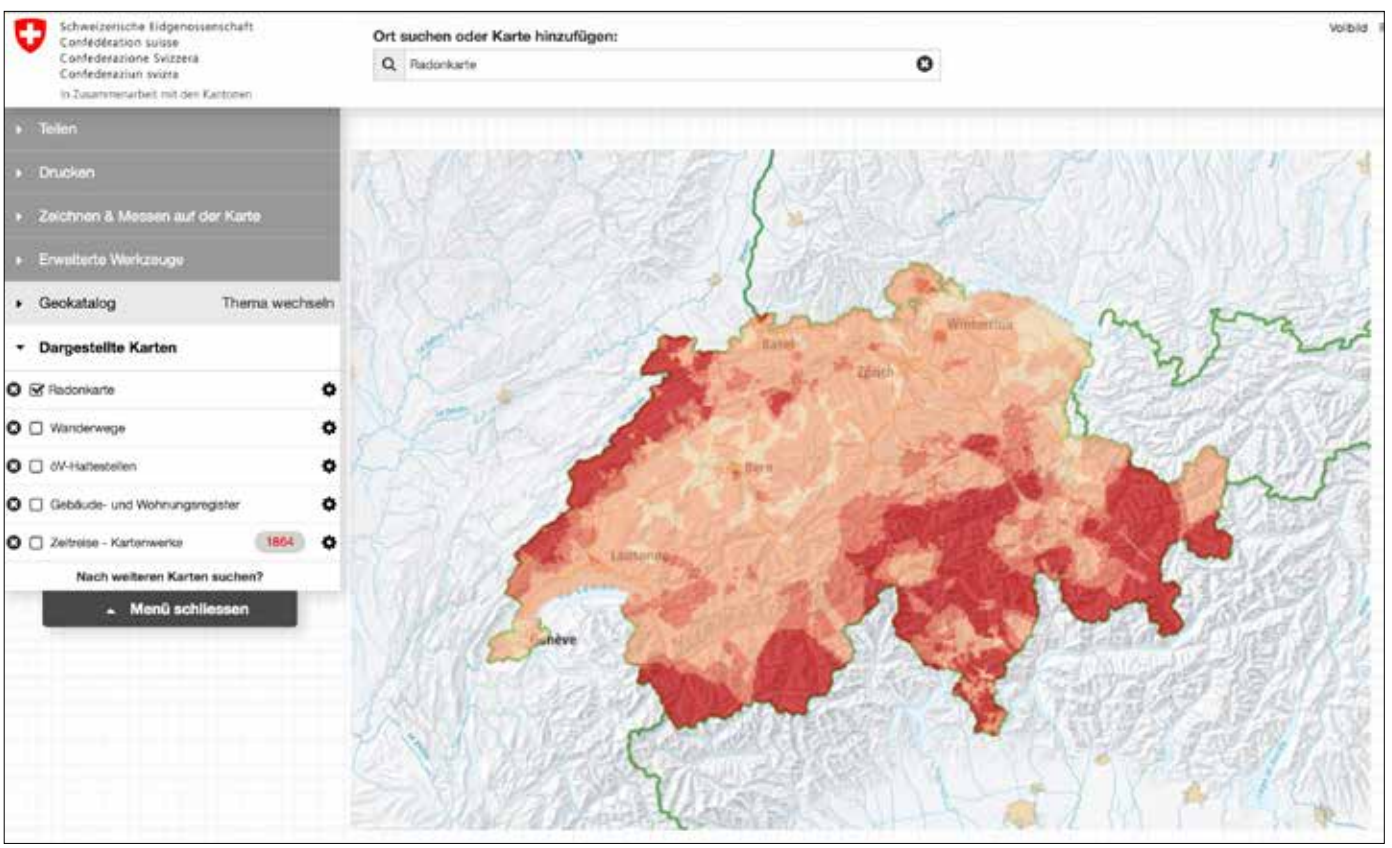


Abb. 9: Karte 1:500'000 der Radioaktivitätsmessungen, radiometrischen Anomalien und Uranvorkommen in den Schweizer Alpen (F. Gilliéron & T. P. Labhart). Aus: Gilliéron, F. (1988). Zur Geologie der Uranmineralisation in den Schweizer Alpen. Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, Lieferung 77. Molassebecken und Jura wurden nicht untersucht, daher die Diskrepanz zur unten abgebildeten Radonkarte,

Abb. 10: Radonkarte aus map.geo.admin.ch. Die Zonen mit starker Belastung stimmen in etwa mit der oben abgebildeten Karte überein (Jura und Mittelland wurden dort allerdings nicht untersucht).Im Vergleich mit der Hot Spot Karte (Abb. 11) fällt auf, dass die Radonkarte keine lokalen Anomalien abbilden kann.



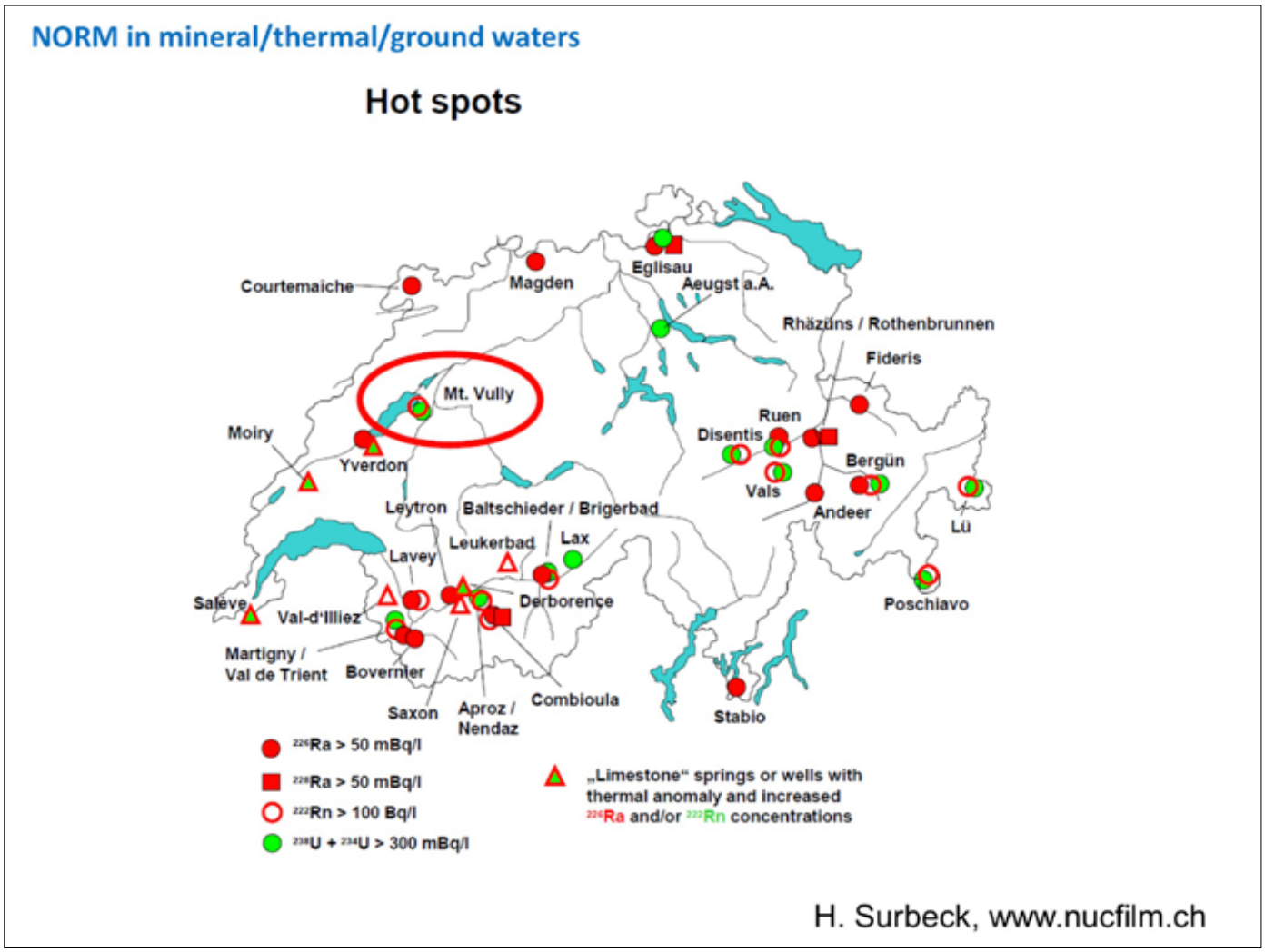


Abb. 11: Die wohl beste und aktuellste Zusammenstellung neuerer Untersuchungen wird von Heinz Surbeck und Mitarbeitern in Form einer sogenannten Hot Spot Karte à jour gehalten. Sie wird unter anderem auch vom BAG verwendet.

vorkommenden Radionukliden, die keine künstlichen radioaktiven Stoffe enthalten. Materialien, in denen die Aktivitätskonzentrationen der natürlich vorkommenden Radionuklide durch bestimmte Prozesse unbeabsichtigt verändert wurden, sind ebenfalls NORM (das kann auch durch geologische Prozesse sein).

Werden natürlich vorkommende Radionuklide gezielt angereichert, insbesondere zur Nutzung ihrer Radioaktivität, so gelten sie nicht mehr als NORM (nur teilweise geklärt ist, ob darunter auch Ausbruch- oder Aushubmaterialien fallen).Eine vom Bund (StSV) festgelegte NORM-Befreiungsgrenze legt fest, unter welchen Bedingungen NORM-Materialien uneingeschränkt an die Umwelt abgegeben werden können.

Betroffen von NORM Materialien ist nicht nur die Steine und Erdenindustrie mit dem Abbau und der Verwendung von gewissen Gesteinsgruppen. Auch die Wasserversorgung (Mineralwasser, Grundwasser) und Industrien in welchen durch Aufbereitungsprozesse Schlämme oder Schlacken anfallen sind angesprochen.

3.3.4 Handlungspotenzial

- Neutrale Information und Aufklärung auf allen Stufen (Behörden, Industrie, Allgemeinheit). Netzwerke etablieren, bestehende Expertengruppen integrieren. Bei betroffenen Industrien Verständnis fördern (in Zusammenarbeit mit BAG und SUVA). NEROS und Partner können vermittelnd wirken: Gesetz ist Gesetz, Physik ist Physik, Geologie ist Geologie (Lithologien sind durch geologische Gesetzmässigkeiten und Gegebenheiten definiert).
- Erstellen einer Hot-Spot Karte (Radon/Radioaktivität) basierend auf der Karte von Heinz Surbeck (auch vom BAG verwendet). Das heisst, die bisherige Karte muss von den will-

kürlich gewählten und gemessenen Stellen auf die Gesamtschweiz ausgedehnt und auf die Lithologien angepasst werden.

- Eine Kombination mit der Karte 1:500'000 der Radioaktivitätsmessungen, radiometrischen Anomalien und Uranvorkommen der Schweizer Alpen ist dringend nötig (SGTK, Geotechnische Serie Nr. 77, 1988, F. Gilliéron und T. Labhart: Zur Geologie der Uranmineralisation in den Schweizer Alpen).
- Die aus verschiedenen Quellen zur Verfügung stehenden Daten müssen integriert werden (Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, Rohstoffinformationssystem RIS (SGTK/FGS, swisstopo, map.geo.admin.ch, Daten aus Bergbauforschung (SGHB, FBG und von Privaten).
- Die bisher zur Verfügung stehenden Daten betreffend Ausbruchmaterialien (z.B. Nant de Drance) und anderer Bauvorhaben sollten landesweit zusammengestellt werden. Eine Recherche betreffend mineralischen Baumaterialien. wäre angebracht
- Erstellung von «Prognosekarten», also eine Darstellung, wo mit hoher Relevanz der Aussage eine Erstinformation zu Uran, Thorium und Radon gegeben werden kann (ähnlich zur Radonkarte (Abb. 10) auf map.geo.admin.ch) Basis wäre die unter 3.1.2 beschriebene Lithologische Karte.
- Analyse relevanter Gesetze, Verordnungen, Vollzugshilfen (bestehend und in Erarbeitung) punkto natürlicher Radioaktivität in mineralischen Rohstoffen, sekundären Produkten und mineralischen Baustoffen.

3.3.5 Betroffene Industrien aus dem Steine und Erdenbereich

Zementindustrie
(Kalkstein, Mergel und/oder Tone)

Die Gewinnung der primären Rohstoffe findet im Jura, Mittelland und im Churer Rheintal statt. Es werden keine wesentlichen Beeinträchtigungen durch radioaktive Elemente erwartet. Sollte sich die Rohstoffgewinnung Richtung Voralpen und Alpen und insbesonder ins Unterwallis verlagern, ist mit potenziellen Beeinträchtugungen zu rechen.

Ziegeleiindustrie
(Tone, Mergel)

Bei den meisten primären Rohstoffvorkommen gilt: je homogener die Tonlager sind, desto unwahrscheinlicher sind Beeinträchtigungen der Rohstoffe durch radioaktive Elemente. Im Grenzbereich zu benachbarten Lithologien können Anomalien auftreten (Beispiel Düdingen, wo zweitweise mit dem Ton unterliegende Gesteinsschichten mit sedimentären Schwersandablagerungen touchiert wurden).

Kiesindustrie
(Kies, Sand)

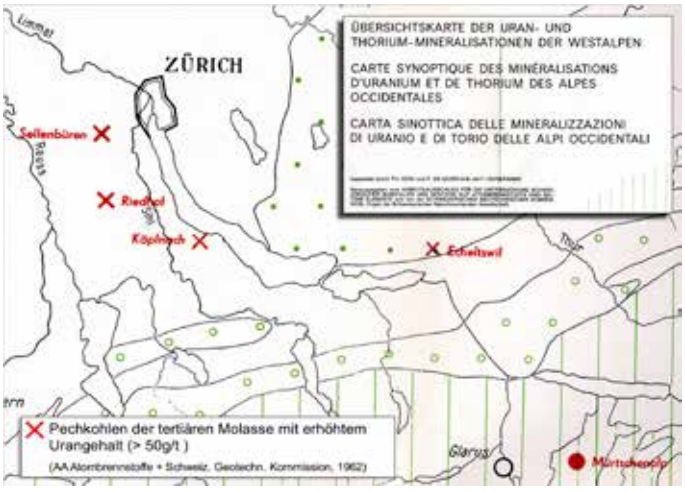
Die Sedimentationsbedingungen können unter Umständen zu Heterogenitäten und Anomalien führen. Rinnen mit Schwersandakkumulationen sind zu beachten. Über den Waschprozess können in Kieswaschschlämmen unter Umständen auch radioaktive Elemente in in der Mineralfraktion angereichert werden. Sind in der Nähe von Abbaustellen sogenannte Bone-Beds vorhanden (Akkumulation von Knochenmaterial) und besteht eine hydraulische Verbindung zu genutzen Gesteinseinheiten (Lockergestein, Festgestein) oder eine Nutzung von Grundwasser, so ist ein allfällige Kontamination mit radioaktiven Elementen nicht auszuschliessen.

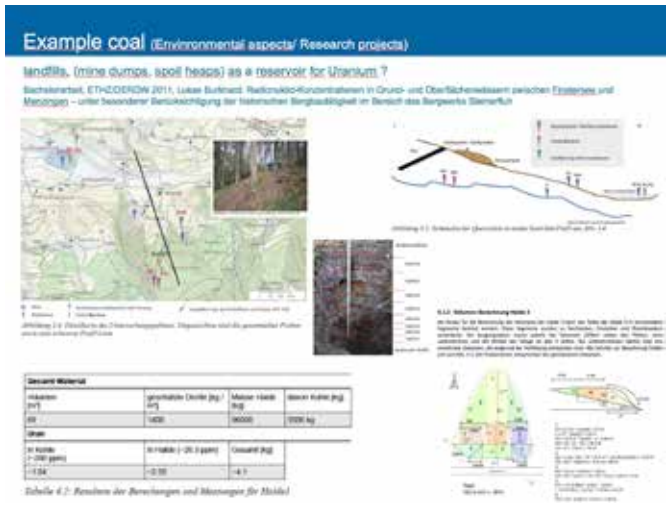
- Aus den bisher bekannten Fällen könnten Prognosen für andere Gebiete abgeleitet werden.

Natursteinindustrie
(diverse Gesteinsarten)

Der Beitrag der meisten handelsüblichen Gesteine an die vom BAG vorgegebene Dosisleistung (1 Millisievert/Jahr mSv/J) beträgt nur wenige Prozent bei kristallinem Material und weniger als ein Prozent bei vielen Sedimentgesteinen. Zwei in der Schweiz nicht vorkommende, aber gehandelte Gesteine (Basalt «Basaltina» und Balmoral Granit) sind mit über 20 Prozent bezüglich der Dosisleistung bedeutend. Kummulative Situationen sind zu vermei-

Abb. 12: Insbesondere Kohlenflöze aus der Süsswassermolasse zeichnen sich durch erhöhte Uran- und Thoriumgehalte aus. Dies wurde schon 1962 konstatiert und in einer Übersichtskarte vom damaligen «Arbeitsauschuss fpr Atombrennstoffe» dargestellt. Neuere Untersuchung bestätigten die Resultate. Im unmittelbaren Bereich der Abbaustellen zeigten sich erhöhte Gehalte an diesen Elementen auch in den alten Abraumhalden (Infos aus der Vorlesung «Angewandte Mineralogie», ETHZ, R. Kündig 2018).





den; das gilt sowohl für den Beitrag aus dem Untergrund wie für Materiallager.

Zur Zeit sind 75 Natursteinbrüche in Betrieb (eine Übersicht der aktuellen Steinbrüche ist unter nvs.ch → Steinbruchkommission ersichtlich; die alten Steinbrüche sind via Rohstoffinformationssystem map.georessourcen.ethz.ch ersichtlich). Bei den allermeisten genutzten Natursteine handelt es sich um unkritischen Gesteinsgruppen punkto natürlicher Radioaktivität (auch bei massenhafter Verwendung). Allenfalls gilt es im Hinblick auf Verwendung im Innenbereich gewisse konstruktive oder präventive Massnahmen zu beachten.

Die Natursteinbranche hat via den Natursteinverband Schweiz NVS in internen Richtlinien auf eine mögliche Gefährdung durch radioaktive Mineralien/Elemente in Natursteinen reagiert. Es wurde eine Liste der gebräuchlichen Gesteine zusammengestellt. Die meisten Gesteine erwiesen sich als harmlos, lediglich zwei Gesteine sollten sparsam und mit Vorsicht verwendet werden (z.B. keine Innenanwendung).

Zu beachten ist, dass via Natursteinbranche ein Teil an schweizerischem Gesteinsmaterial (ca. 600'000 Tonnen) in Umlauf kommt, aber auch eine grosse Menge Natursteine aus aller Welt umgesetzt werden

- Eine Übersicht der Natursteinlager und von Gebäuden, welche aus Gesteinen mit einem erhöhten Gehalt an radioaktiven Mineralen bestehen, wäre sinnvoll.

Deponiebetreiber, Recycling (primäre und sekundäre min. Rohstoffe)

Deponiebetreiber sind punkto Annahme von Aushub- und Gesteinsmaterial sensibilisiert. Im eigenen Interesse führen sie zur Vermeidung von Strafen strikte Eingangskontrollen ach bezüglich Strahlengefährdung durch. Über verschiedene Verbände (Baustoffrecycling Schweiz, arv), Informationskanäle, Reglemente (öffentlich und intern) ist ein verantwortungsvoller und reglementskonformer Umgang gewährleistet. Die Verbände informieren regelmässig via Wegleitungen, Informationsveranstaltungen und Schulungen.

Bei rezyklierten Baustoffen muss darauf geachtet werden, dass sich die in den primären Baustoffen unbedenklichem Mengen vorhandenen umweltkritischen Elemente in sekundären Recyclingbaustoffen nicht aufsummieren. Gemäss mündlichen Informationen von verschiedenen Fachleute ist diese Thematik unter den Betreibern in Absprache und unter Kontrolle mit Umweltschutzämtern (Bafu, kantonale Stellen) und mit Arbeitsschutz und Produkteüberwachung (SUVA) zweckmässig gelöst.

(Ehemalige) Kohlenindustrie

Es ist bekannt, dass in Kohlen, insbesondere in den Molassekohlen der Süswassermolasse, erhöhte Gehalte an Uran und Thorium auftreten können. Bekannt sind insbesondere die Kohlenvorkommen bei Blapbach (BE) im Emmental, die Kohlen bei Menzingen (ZG), sowie bei Aeugst und Horgen (ZH). Untersuchungen (Studer 2008) zeigten, dass die Anreicherung zur Molassezeit durch wässrige Lösungen passierte. Als Quelle der chemischen Lösung dienten Gesteine und Minerale im Bereich der sich bildendenden Alpen, die Ausfällung oder Sedimentation passierte weit weg in den Mooren des Mittellandes, welche später unter speziellen geologischen Bedingungen zu Kohlenflözen transformiert wurden.

Handlungspotenzial

- Eine aktuelle Zusammenstellung der Kohlenvorkommen in der Schweiz und insbesondere der Kohlen mit nachweislich erhöhtem Gehalt an radioaktiven Elementen wäre sinnvoll. Ebenso wäre eine Übersicht der Abraumhalden mit einer Abschätzung des Anteils an Kohle darin wäre zu erstellen und in Relation zu möglichen Umweltauswirkungen zu setzen (Abb. 12. Eine Bachelorarbeit (Burkhard 2011) hat diesbezüglich erstaunliche Resultate geliefert. Mit diesen Angaben liesse sich die erwähnte Hot-Spot Karte (Abb. 11) wesentlich ergänzen.

Moorgebiete

Moore können über verschiedene Prozesse (Akkumulation von akzessorischen Mineralkörnern oder chemische Ausfällung/Bindung von wässrigen radioaktiver Komplexen als Senken f ür Schwermetalle wirken. Es gibt zwar alte, aber sehr gute kartografische Verzeichnisse und Berichte zu den schweizerischen Mooren. Aus der geotechnische Serie der Schweizerischen Geotechnischen Kommission insbesondere die Monographie «Die Moore der Schweiz» sowie einen zweiten, leider unveröffentlichten Bericht über die Torfabbaustellen in der Schweiz. Über verschiedene Fachstellen (z.B. Agroscope) und über eine grosses Netzwerk von Moorfachschutz-Experten ist eine Flut an Literatur und Datren vorhanden. Bisher wurde die Moor-Thematik aber noch nicht hinsichtlich natürlicher Radioaktivität genauer untersucht.

Handlungspotenzial

- Eine Aufarbeitung der oben erwähnten Grundlagen würde eine wesentliche Ergänzung der vorgeschlagenen Hot Spot Karte (Abb. 11) bewirken. Die Darstellung der Moore mit deren approximativem Potenzial hinsichtlich geogen bedingter natürlicher Radioaktivität wäre zukunftsweisend.

Salzindustrie, Gipsindustrie (Evaporite)

Gemäss vorläufigen Erkundigungen und gemäss Standardliteratur stellen Salzformationen selbst (Evaporite, Trias) kein Problem bezüglich natürlicher Radioaktivität dar. Mit der heute vorwiegenden Nutzung der Salzlager durch Laugung, könnten sich aber im nachgeschalteten Eindampfungsprozess unerwünschte Elemente ansammeln. Deren Entsorgung und oder Behandlung ist mit technischen Massnahmen und gemäss Vorschriften des Bundes zu gewährleisten. Kein geogenes Problem.

Bei den in der Schweiz genutzten Gipsvorkommen ist ebenfalls keine Beeinträchtigung mit natürlich radioaktiven Elementen/Mineralen zu erwarten (Quelle: Die mineralischen Rohstoffe der Schweiz, persönliche Mitteilung Klaus Stucky,

ehem. Geologe bei Gipsunion).
Bei Gips aus Rauchgasentschwefelungsanlagen (sog. REA Gips könnte allenfalls eine Kontamination stattfinden - dies sollte aber nach den gängigen Bewilligungsverfahren und mit entsprechenden Kontrollen ausgeschlossen werden. Gips, wie er bei der Produktion von Phosphor aus Fluorapatit entsteht (sog. Phoshorgips) ist in der Schweiz nicht relevant, da wir weder diesen Rohstoff noch die entsprechende Industrie haben.

Düngemittelindustrie

Es ist bekannt, dass im Zusammenhang mit der Düngerproduktion (insbes. Phosphordünger) Abfall und Nebenprodukte mit erhöhten Gehalten an radioaktiven Elementen entstehen können. Da keine Produktion mehr in der Schweiz stattfindet existiert diese (anthropogene) Belastung nur in Form von Altlasten und wird gemäss den entsprechenden Vorschriften untersucht/behandelt. Kein geogenes Potenzial.
Bei Klärschlamm und bei der Produktion von Phsphor aus Klärschlammasche (Projekt Phos4Life und dessen industrielle Umsetzung ab 2018) sind strenge Vorschriften einzuhalten (Berichte AWEL, Bafu), dies ist aber ebenfalls kein geogenes Problem).

Wasseraufbereitung, Mineralwasser

Aus ereinzelten Mineralwässern in der Schweiz sind erhöhte Konzentrationen an radioaktiven Elementen (U, Th, K) aus der Interaktion mit bestimmten Gesteinseinheiten bekannt. Mittels geeigneter Filter können diese Belastungen minimiert werden. Die fachgerechte Handhabung und Entsorgung der Filter stellt ein lösbares technisches Problem mit geringem Bezug auf die geogene Herkuft der .Elemente (grosses Volumen, lange Zirkulationswege, nicht beeinflussbar oder änderbar)

Bauwirtschaft
(Abbau, Tiefbau, Stollenbau)

Es sind diverse Beispiele bekannt, wo das Aushub oder Abbaumaterial gemäss den heutigen Richtlinien zu hohe Werte an radioaktiven Mineralen enthielt. Beispiele wurden einleitend zu diesem Kapitel erwähnt (Nant de Drance, Dixence, Marécottes etc.). Die Problematik wird sich verschärfen. Die bisher vorgeschlagenen Optionen und Handlungsfelder führen alle dazu, dass die Baubranche verlässlichere Grundlagen zur Verfügung hat und mittels den ebenfalls vorgeschlagenen «Prognosekarten» im Vorfeld von Abbau- und Bauvorhaben fundierte Abklärungen machen kann.

3.3.6 Betroffene Behörden, Organisatinen und Stakeholder

Bundesamt für Gesundheit BAG. Unterstützend und invormativ, insbesondere bei Hot Spot Karten und allgemeinen (geologischen) Darstellung von gesteinsspezifischen Parametern bezüglich natürlicher Radioaktivität. Beratung der Industrie bezüglich NORM Materialien. (Ansprechperson: Dr. Philipp Steinmann)

Bundesamt für Energie BFE. Informativ, oder unterstützend, wenn es um die Darstellung der seinerzeitigne Kohlennutzung, der Halden und der Handelswege der Kohlennutzung geht.

Bundesamt für Umwelt, wenn es um die Darstellung der Abbaustellen, Halden, Moore, Hotspots etc. geht.

Suva, wenn es um Gefährdungspotenziale und um den Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz (Abbau, Bau, Verarbeitung) geht.

Verschiedene Verbände und Interessengruppen wurden in den vorgängigen Textabschnitten direkt erwähnt.
Zusätzlich wäre die Altlastenbranche zu erwähnen.

- Eine Netzwerkorganisation wie NEROS könnte auf fachlich-neutraler Ebene dieses heikle Thema transformieren und vermittlnd zu Organisationen und Stellen iim Bereich Verwaltung, Industrie und Wissenschaft wirken.

3.4 Mineralische Stäube, insbesondere Quarzfeinstaub

3.4.1 Vorbemerkung

Feinstaub ist eine Sammelbezeichnung für Stäube, deren Partikel so klein sind, dass sie beim Einatmen über die Atemwege aufgenommen werden und bis in die Alveolen und Bronchiolen der Lunge vordringen können. Als mineralische Feinstäube werden Staubarten mit vorwiegend mineralischen Komponenten bezeichnet.

3.4.2 Definition, Messung

Gemäss SUVA «Grenzwerte am Arbeitsplatz» (Februar 2019), werden zwei Fraktionen von einatembarem Staub unterschieden:
e-Staub: e = einatembare Fraktion = Gesamtheit der Partikel in der Atemluft, welche durch Mund und Nase eingeatmet werden können (früher = Gesamtstaub G).
a-Staub: a = alveolengängige Fraktion = Gesamtheit der Partikel in der Atemluft, welche bis in die Lungenalveolen gelangen können (früher = Feinstaub F)

Als Grenzwerte, respektive MAK-Werte (maximale Arbeitsplatzkonzentration) gelten in der Schweiz 3 mg/m^3 für alveolengängigen Staub und 10 mg/m^3 für einatembaren Staub.

Auch wenn die Limiten in den MAK Werte vorgeschrieben sind, gilt zur Vermeidung von Krebserkrankungen ein Minimierungsgebot. Durch die Minimierung von Grad und Dauer der Exposition soll mit «verhältnismässigem» Aufwand eine möglichst geringe Beeinträchtigung erreicht werden (ALARA-Prinzip: as low as reasonably achievable). Der schweizerische Naturstein Verband NVS ist punkto Quarz (und Asbest) betreffend der Verhältnismässigkeit mit der SUVA im Gespräch (interne Mitteilungen 2017).

3.4.3 Quarzfeinstaub

Quarz ist ein chemisch inertes und unlösliches Material (Mineral). Es wird bei Raumpemperatur nur von Flusssäure (HF) oder in einem sehr langsamen Prozess von konzentrierter Natron- oder Kalilauge angegriffen. Also praktisch keine Lösung in Lungen Alveolen. Quarzfeinstaub (engl. RCS, respirable crystalline silica; einatembares kristallines Siliziumdioxid) ist die Bezeichnung für mineralische Stäube mit einem hohen Quarzanteil*. Er gilt als Haupterursacher von Silikose, die in der Schweiz relativ spät (1938, seit 1932 auf freiwilliger Basis anerkannt) von der SUVA als Berufskrankheit anerkannt wurde. Quarzfeinstaub ist in der Liste «Grenzwerte am Arbeitsplatz» (SUVA, Februar 2019) der Kategorie C1A zugeordnet, d.h. den Stoffen, die auf den Menschen krebserzeugend wirken können, ähnlich wie Asbest- und Keramikfasern und gewisse Nanopartikel.

Quarzfeinstaub stellt insbesondere für diejenigen ein Risiko dar, die bei der industriellen Gewinnung und Verarbeitung direkt exponiert sind. Der sehr feine Staub tritt konzentriert im unmittelbaren Umfeld des Abbaus und der Verarbeitung auf, unter freiem Himmel verteilt er sich schnell in der Luft, (Quelle: Euroquarz.de)

Es ist zu beachten, dass die Grenzwerte für eine berufsbedingte Exposition gegenüber Quarzfeinstaub auf die alveolengängige Staubfraktion anzuwenden sind. Diese Fraktion repräsentiert in der Regel 10-20% der einatembaren Staubfraktion, wobei der Anteil stark variieren kann. In der EU und Schweiz gelten als Limiten 0.15mg/m^3 für Quarzfeinstaub und allgemein 6 mg/m^3 für inerte Stäube

Die Konzentration von Quarzfeinstaub in der Luft am Arbeitsplatz kann nur mittels Luftproben mit einer Analyse des gesammelten Staubs durchgeführt werden**. Nur wenige Labors sind dazu in der Lage. Die SUVA hat diesbezüglich sicher das bestausgerüstete Labor (einzige?). In der Regel werden personenbezogene Messungen und stationäre Messungen (Betrieb, Maschinen) durchgeführt.

3.4.4 Inerte Stäube

Der Begriff «inerte Stäube» bezeichnet Stäube, die weder resorbiert werden noch die Lunge zur vermehrten Bildung von Bindegewebe anregen und keine spezifischen Krankheitserscheinungen hervorrufen. Im Bereich der Steine und Erdenindustrie CH sind dies Kalziumkarbonat (Kreide; wichtig in Papierindustrie, Füllstoffe allgemein). Kalziumsulfat (Gips; wichtig in Bauwesen, Mörtel, Putze etc.). Siliziumkarbid und Korund (Schmirgelpapier, Schleifmittel), Titandioxyd ? (Msc Ettwein ist da anderer Meinung) und Magnesit (unter anderem auch Sportanwendungen).

Hinweis

Nanopartikel und Nanofasern können auch ein röhrenförmige Form haben (Carbon Nanotubes CNT). Laut SUVA haben Kohlenstoffnanoröhrchen strukturelle Ähnlichkeiten mit faserförmigen Stäuben wie beispielsweise Asbest. Als generell gefährlich werden Fasern betrachtet, wenn sie über 20 µm lang und weniger als 3 µm dick sind (siehe auch Asbest). Die SUVA erwähnt Studien, wonach CNT krebserzeugend sein können.
Künstliche Mineralfasern (KMF), beispielsweise Steinwolle oder Glasfaseern, werden in der Regel so hergestellt, dass entweder ein grosser Durchmesser oder eine grosse Länge erreicht und damit die Kanzerogenität gemindert wird. Zudem

*Definitionen (gemäss Euroquarz.de)
Wenn für einen Quarzrohstoff der **SiO_2-Gehal**t angegeben wird, so ist damit die Summe aus Quarz (freies SiO_2) und rechnerischem SiO_2-Gehalt der Nebenbestandteile des Rohstoffs (gebundenes SiO_2) gemeint.
Davon zu unterscheiden ist der **Quarz-Gehalt**, der maximal gleich dem SiO_2-Gehalt sein kann, in der Regel aber kleiner ist. Es ist nicht möglich, aus dem Quarzgehalt eines Quarzrohstoffes den SiO_2-Gehalt abzuleiten, oder umgekehrt.

**Standardmethoden zur Bestimmung des SiO_2-Gehaltes sind die Röntgenfluoreszenzanalyse oder die nasschemische Analyse durch Aufschluss mit Flusssäure (HF).
Der Quarzgehalt kann durch Röntgenstrukturanalyse (Röntgenbeugung) oder petrographisch durch Auszählen der nicht mit anderen Mineralien verwachsenen Quarzkörner (Klaubemethode) bestimmt werden.

brechen KMF im Unterschied zu Asbestfasern meistens quer und nicht längs zur Faserrichtung.

3.4.5 Industrie Steine und Erden: Relevanz der Quarzfeinstaubproblematik

Im Bereich der Steine und Erdenindustrie (Kies-/Schotterwerke, Steinbrüche, Mischgut, Recycling) fallen an vielen Orten und bei vielen Tätigkeiten Staubbelastungen an (Tabelle: Wo Staub entsteht). In Natursteinbrüchen gelten strikte Vorschriften, deren Einhaltung regelmässig kontrolliert wird. In der Natursteinbearbeitung ist insbesondere wegen des Quarzstaubes eine arbeitsmedizinische Vorsorge erforderlich. Die Branche hat mit verschiedenen Anleitungen, Broschüren, Arbeitskontrollen darauf reagiert und von der Versicherungsseite her gibt es gute Grundlagen und Vorschriften. Von der SUVA und von anderen Stellen existieren sehr gute Grundlagen bezüglich Detektion, Messung, Handhabung (inkl. Entsorgung von Stäuben), teilweise bis auf Stufe Maschinenhandhabung und -konstruktion.

3.4.6 Regelungen, Netzwerke, Kontrolle

Bei chemisch veränderten Stoffen sind EU-weit gute Regelungen da, Unsicherheiten (Lücken) bestehen bei Mineralprodukten, wo derzeit noch viel auf die Eigenverantwortung der betroffenen Industrien (Abbau, Herstellung, Verbrauch) gesetzt wird. Gemeinsam wurde ein europäisches Netzwerk für Quarz gegründet (NEPSI: European Network Silica), um den Austausch über Schutzmassnahmen zu fördern, die sich in der Praxis bewährt haben, entsprechende Leitlinien festzulegen und die ständige Verbesserung der Sicherheits- und Gesundheitsstandards voranzutreiben. Die NEPSI-Massnahmen werden bereits in der Mineralindustrie angewendet und haben sich als sehr effektiv erwiesen (Quelle: Euroquarz.de)
In Deutschland wurde ein über verschiedene Organisationen und Ministerien getragenes Aktionsprogramm «Staubminderung am Bau ins Leben gerufen. Dessen vier Handlungsfelder betreffen

- 1. Transfer und Kommunikation,
- 2. Technik
- 3. Gefährdungsbeurteilung
- 4. Qualifizierung/Sachkunde

Handlungsfelder CH

- Punkt 2 ist hauptsächlich an die Industrie gerichtet, Punkt 3 an die Kontroll und Versicherungsbehörden. Bei den Punkten 1 und 4 kann eine Netzwerkorganisation wie NEROS mit dem vorhandenen Fachwissen und mit den entsprechenden kommunikativen Möglichkeiten wertvolle Dienste leisten. Ein Mehrwert gegenüber dem bisherigen «Trittbrettfahren» würde generiert.

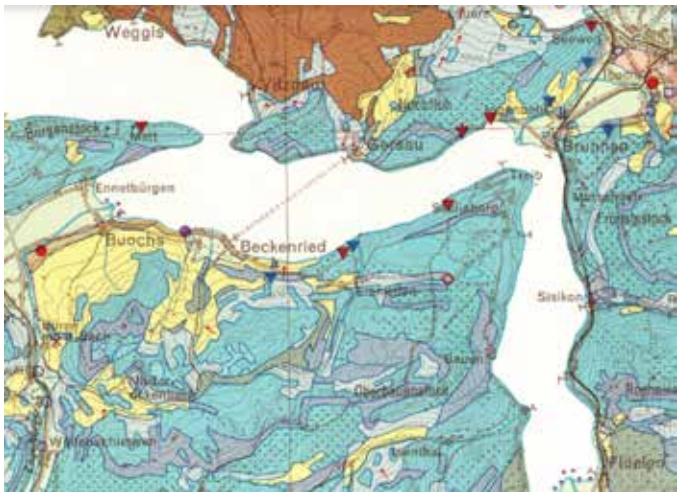
Allgemein wird zum Schutz der Beschäftigten das sogenannte STOP-Prinzip angewendet (Substitution, Technische Massnahmen, Organisatorische Massnahmen, Persönliche Schutzausrüstung. Eine Pauschalaussage, ob und welche Produkte der Steine und Erdenindustrie betroffen sind und ob sie allenfalls einer Kennzeichnungspflicht unterliegen kann nicht getroffen werden (gemäss www.euroquarz.de). Massgeblich ist immer der Quarzanteil, welcher zu Feinstaub in der alveolengängigen Fraktion führen kann (RCS, unter 10 µm). Allgemein gilt bei feinen Gesteinskörnungen mit hohem Feinanteil sowie bei Gesteinsmehlen und Füllern eine eine Betroffenheit. Je höher der Quarzanteil im Gestein und je feiner die Kornfraktion des Produktes, desto eher sind genauere Kennzeichnungen notwendig.

3.4.7 Fragen, Chancen, Handlungsfelder

- Gibt es eine einfache Methode, um aus dem mineralogisch feststellbaren Quarzanteil in einem Gestein auf den zu erwartenden alveolengängigen Anteil zu schliessen?
- Gelten die strikten Vorschriften und-Einschränkungen eigentlich nur für Quarz oder auch für silikatische Minerale wie beispielsweise Feldspäte? Die hätten doch, sind sie einmal in einer Alveole, ähnliche Störeigenschaften? Eine Abschätzung der Relevanz könnte z.B aus den in der Branche bekannten Fällen erfolgen.
- Eine auf der Petrographie/Mineralogie basierte Methode müsste beigezogen werden zur Klärung der Frage, wie sich die Stäube beim Bearbeiten von bekannten Gesteinarten in der Feinfraktion zusammensetzen und verhalten. Gibt es Minerale, die überdurchschnittlich viel dazu beisteuern? Und, im gegenteiligen Sinn, gibt es Minerale, die im Feinstaub stark untervertreten sind? Oder gibt es sogar Minerale, die im Kontakt mit alveolengängigen Quarzstaub bindende Eigenschaften zeigen und die schädliche Wirkung mindern können?
- Die aktuelle Literatur und Forschungsarbeiten sollten bessser recherchiert werden. Seit 2010 erscheinen in zunehmender Anzahl Beiträge und Publikationen. Es geht hauptsächlich darum, Methoden zu entwickeln um die relevante Menge von Feinstaubpartikeln in Massenrohstoffen zu erfassen/messen und zu zu klassifizieren.

3.4.8 Vorschläge zur Verbesserung der Grundlagen auf übergeordneter Ebene

Zu Arbeitnehmerschutz, Arbeitsmedizin und Spezialanalytik können Bundeämter wie swisstopo oder Bafu und Netzwerkorganisationen wie NEROS nicht viel beitragen. Diese Bereiche sind via SUVA, Industrie und Markt gut abgedeckt.Auch punkto Vorschriften/Reglementen (EU und CH) ist wenig Handlungsbedarf da. Hingegen können bei den geologischen



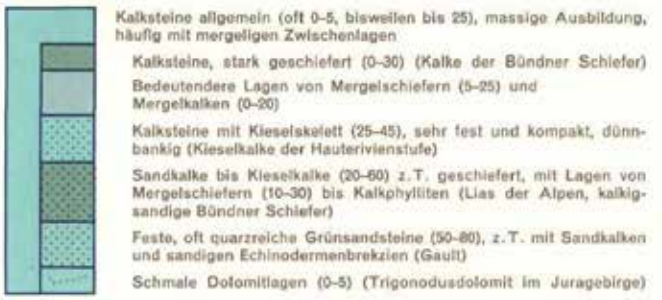


Abb. 13: Beispiel aus der Geotechnischen Karte 1:200'000 (2. Aufl., 1963). Kartenausschnitt Vierwaldstättersee, verschiedene Kalkserien.
Die Zahlen in () geben die Hauptvariation des Quarzgehaltes der einzelnen Gesteine in Prozent an. Bei Oberflächenbildungen kann der Quarzgehalt stark schwanken.

und naturwissenschaftlichen Grundlagen Beiträge geleistet werden. So könnten auf naturwissenschaftlicher Basis Grundlagen vorgeschlagen und geschaffen werden, um einerseits die geogen bedingten Aspekte punkto mineralischen Feinstäuben (insbesondere Quarzstaub) darzustellen und in für Paraxis, Behörden und Allgemeinheit verständliche Grundlagen umzusetzen (Karten, Studien, Berichte). darauf aufbauend sollen sowohl geologisch-gesteinsspezifische und geografisch-regionale Prognostizierbarkeiten abgeleitet werden können. Daraus liessen sich bereits in erster Annäherung fundierte Informationen weitergeben. .

Fragen, Chancen, Handlungsfelder

- Öffentliche/interne Aufklärungsarbeit für Branchen und branchenverbindend: Was sind mineralische Stäube? Unterschiede der verschiedenen mineralischen Feinstaubkategorien (e-Staub, a-Staub, $SWeRF_{cs}$ (size weighted relevant fine fraction) zeigen.
- Verhindern, dass Quarzfeinstaub (RCS) das neue «Asbest» wird: keine Angstmacherei, Klassierung der Materialien (in unserem Fall Gesteine). Stellungnahmen zu Fragestellungen wie:
  Asbest = Asbest = Serpentin?
  Quarz = Quarzstaub =gefährlich?
- aktuelle rechtliche Situation betreffend CLP (Classification. Labelling and Packaging; gültig in EU grossenteils übernommen durch CH) und betreffend natürlichen Mineralprodukten abklären (z.B. was, passiert, wenn die EU beschliesst, dass auch natürliche Materialien (Gesteine) deklariert werden müssen?
- proaktiver Kontakt mit Behörden, (SECO, BAG, Bafu, SUVA), Produzenten, Anwendern, Öffentlichkeit
- neutrale Unterstützung (SUVA, Behörden, Verbände, Industrie zur Argumentation auf wissenschaftlicher Basis
- auf Gesteinsarten und auf die schweizerische Geologie angepasste Projekte, Untersuchungen.

3.4.9 Vorschläge zur Verbesserung der wissenschaftlichen Grundlagen im Hinblick auf Industriebedürfnisse

Bislang galt das Interesse mehrheitlich dem Arbeiterschutz und die Stäube wurden primär gebunden und deponiert oder entsorgt, meistens vor Ort. Der stofflichen Verwertung wurde bisher noch wenig Beachtung geschenkt. (Hauptsächlich, weil die jeweils anfallende Menge zu gering ist für potentielle Abnehmer). Erfolgversprechend könnten Studien und Versuche in Richtung «Binden von Quarzstaub» sein. Wenn das Problem nicht isoliert, sondern in Zusammenhang mit anderen Nutzungen von primären und sekundären Rohstoffen und Abfallstoffen sowie Materialien gestellt wird, könnten sich Chancen ergeben (Stichworte: Erdbeton, Flüssigboden, Kieswaschschlämme, Auffüllen von Salzkavernen im Untergrund). Projekte, die solche Kombination initiieren sollten gefördert werden. Teilweise und meistens unvollständig oder nur zu Teilaspekten gibt es zu den oben genannten Punkten Einzelstudien. Ein aktuelles Paper (Additives for reducing the toxicity of respirable crystalline silica; Referenz xxx), wo Additive zur Bindung des Quarzfeinstaubes untersucht wurden könnte in Analogie beigezogen werden um allenfalls Resultate für Bindung mit mineralischen Additiven zu erhalten. NEROS könnte helfen, eine grosse Studie (wissenschaftliche Basis und angewandte Mineralogie Studie) zu lancieren (ETH,

*SWeRF: Potenzial eines Materials einatembaren Staub zu produzieren
SWeRFCS: Potenzial eines Materials einatembaren Quarzstaub zu produzieren
**STOT RE 1 (speciftc target organ toxicity)

Fachhochschulen, Industrie, Behörden, SUVA). Die Unterteilung der Litohologien für die geotechnischen Karte der Schweiz (1934-37 und 1964-67) beruhte unter anderen Parametern auch auf dem approximativen Quarzgehalt, dies wegen der von der SUVA seit 1938 definitiv als Berufskrankheit anerkannten Silikose..

Verbesserungsvorschläge, Chancen, Handlungsfelder

- Mittels einer z.B. PhD Arbeit (NEROS, ETH, HSR, arv/Kibag/Eberhard) könnten anfallende Staubkategorien, deren Zusammensetzung, deren Mengenanteile, deren Möglichkeiten zur Bindung, deren kombinierte Bindung mit anderen mineralischen Materialien (z.B. KWS), deren geografische Verteilung, deren Kollektion/Abgabestellen, deren Wertschöpfung und viele andere Parameter studiert werden (detaillierter?)
- Mit den im Kapitel (xxx unter 3.1 vorgeschlagenen Anpassung der Attributierung der Polygone zu den präziseren geologischen Kartengrundlagen 1:25'000 könnte auch hinsichttich Quarzgehalt der Gesteine eine Präzisierung erfolgen mit dem Ziel, eine bessere Prognostizierbarkeit zu erreichen. Eine aus diesen Grundlagen ausgekoppelte «Quarzgehaltskarte» mit einem approximativen Hinweis auf das Potenzial zur Quarzstaubbildung (SWeRF)* wäre für Industrie, Versicherungen und Gesundheitsbereich sinnvoll. Beispiel aus der Praxis: Trockene Kieswaschschlämme können 3% RCS enthalten**, Füller bis 7%
- In England wurden in einer Studie mit einem mobilen «High flow rate sampler» Messungen in der Nähe von Bau- und Rückbauunternehmen und Sandgruben gemacht (Stacey et al; atmospheric Environment 182 (2018) 51-57) Die Erfahrungen sollten übernommen werden und mittels messbaren Resultate auf schweizerische Verhältnisse adaptiert werden. Dazu müssten Betriebe aus dem Steine und erdenbereich gefunden werden, welche bereit sind, solche Messungen zu untrestützen (und die Messungen/Resultate nicht als Strafe, auffassen, sondern als Fortschritt für Industrie, Behörden und Wissenschaft -→ Bärlocher, Staad, St. Margrethen?
- Aus dem Metallrecycling (z.B. Metallum AG) ist ein Separations- und Wiederverwertungskreislauf seit Jahren etabliert. In verschiedenen Kompartimenten werden die von verschiedener Seite (Industrien, Private) angelieferten Metalle sortiert und separiert und entsprechend zwischengelagert (reine Metalle, Legierungen, verschiedene physische Zustände, Mischfraktionen etc.) Auf der Abnehmerseite steht ein Kundennetz zur Verfügung.In Analogie dazu könnte mit einem interdisziplinären Forschungs- und Industrieprojekt versucht werden, die Entsorgung und die Wiederverwertung kombiniert zu lösen. Bei vielen mineralischen Stäuben ist deren Zusammensetzung und die anfallende Menge sehr gut bekannt (z.B. Bohrstaub bei Steinbrüchen mit Loch-an-Loch Abbauverfahren; bis 1 Tonne/Tag). Eine Abnehmerseite ist noch nicht vorhanden.

3.4.10 Betroffene Industrien (Steine & Erden)

Alle Gwinnungs und Industriebereiche, welche mit der Förderung von mineralischen Rohstoffen beschäftigt sind (Bergbau, Steinbrüche, Kiesgruben, Zerkleinern, Mahlen, Renovationen Recycling mineralischer Rohstoffe) sowie Tätigkeiten gemäss den nachstehend erwähnten Branchen

- Zuschlagstoff-Industrie (Kies, Sand, Schotter
- Keramikindustrie (insbes. Grobkeramik; Dachziegel, Backsteine)
- Giessereien
- Glasindustrie
- Zementindustrie (Kalk und Mergel haben i.d.R weniger als 1% Quarzanteil; Feinstaub ja, Quarzfeinstaub eher nein)
- Steinwolle/Mineralwolle (nur Glaswolle betroffen)
- Natursteinindustrie (diverse Gesteinsgruppen)
- Beton-Fertigteil Industrie (Produkte i.d.R. in staubfreiem, ausgehärtetem Zustand. Staub bei der Handhabung der Rohstoffe und bei der mechanischen Bearbeitung nach der Herstellung)

Berufe (Auswahl): Sandstrahler, Giesserei (Gussformen, Giessereisande) Steinhauer, Bergarbeiter (Tunnelbau), Steinbrechanlagen

3.4.11 Betroffene Behörden/Organisationen/Stakeholder

Bafu, swissopo, BAG, ASTRA, SUVA, Versicherungen

3.5 Arsen

3.5.1 Grundlagen

Die Toxizität von Arsen ist unbestritten. In Abhängigkeit der Oxidationsstufe von Arsen kann dieses bereits in einer geringen Dosis für Menschen und Umwelt negative bis verheerende Auswirkungen haben.

In kleinen Spuren ist Arsen ein in der Erdkruste weit verbreitetes Element. Umweltkritisch sind nicht die durchschschnittlichen Gehalt von rund 2 ppm, sondern die Anreicherungen (Anomalien) in Gesteinen, Boden und Wasser. Auch in der Schweiz sind in mehreren Regionen solche Anomalien bekannt (siehe 3.6.2), wo über verschiedene Prozesse Arsen in Gesteinen, Böden oder im Wasser angereichert wurde.

Zu den bekannten Gesteinseinheiten, welche erhöhte Gehalte an Arsen aufweisen können, gehören tonreiche Gesteine (ca. 100 ppm, teilweise höher), sedimentäre Eisenerze (Bolustone mit 20-700 ppm), Kohlen (bis über 1000 ppm), Torf und Moorablagerungen (ca. 100 ppm).

Im Bereich ehemaliger Erz-Abbaustellen wurde Arsen zu einem Problem, da einige der (auch in der Schweiz) weitverbreiteten Erzmineralien Arsen enthalten (Pyrit FeS_2 bis 5% As, Arsenopyrit FeAsS bis 46% As, arsenhaltige Sulfosalze, Hämatit, Eisenhydroxide und viele mehr). Gesteine mit solchen Vererzungen können sehr hohe Werte aufweisen (100 bis x1000 ppm). Durch Verwitterungsprozesse kann Arsen in die Böden und ins Grundwasser gelangen und dort unter ungünstigen Verhältnissen akkumuliert werden. Im Detail sind es komplizierte Lösungs- und Resorptinsvorgänge, die von verschiedenen Faktoren (z.B. pH, eH) abhängen. Dazu existiert eine stattliche Sammlung von Fachliteratur (Pfeifer et al. 2010; darin eine repräsentative Auswahl an Veröffentlichungen erwähnt).

3.5.2 Situation Schweiz

Bekannt für lokal erhöhte Arsenwerte sind in der Schweiz die Regionen Nordschweiz, Juragebirge, Wallis, Tessin und Graubünden (Pfeifer 2002). Einige Fallstudien mit umfangreichen Recherchen wurden bisher durchgeführt, insbesondere durch die Forschungsgruppen um Prof. Hans-Rudolf Pfeifer (Uni Lausanne).

Das komplexe Zusammenspiel zwischen Vererzungen, Verwitterung, Transport, Akkumulation oder die Beeinflussung von Boden und Wasser konnten gezeigt werden. Aus der anfänglichen Untersuchung von Hot Spots (Abb. 14)entstanden erste regionale und lokale Karten, die sowohl Hinweise auf das Mutergestein, auf sekundäre Gesteinsverwitterungsprodukte, auf die Bodenbildung und auf die Grundwasserbeeinflussung geben. In diesen Gebieten erfolgten systematische Studien/Untersuchungen. Lokal ist dadurch eine grosse Detailkenntnis vorhanden.

Ein gut untersuchtes Gebiet mit erhöhten Werten von Arsen liegt beispielsweise im Malcantone (TI). Dort konnte die Belastung eindeutig auf Vererzungen, insbesondere Arsenopyrit, zurückgeführt werden.

In verschiedenen Publikationen oder Merkblättern (z.B. Amt für Umweltschutz und Energie BL) findet man Hinweise, dass erhöhte Schwermetallgehalte (BL: Arsen, Thallium, Cadmium) in der Nähe früherer Erzabbaustellen liegen. Bei Buus tritt eine Schicht von Brauneisenerzen an die Oberfläche. In diesen Erzen kommen natürlicherweise die Schwermetalle Arsen und Thallium vor und haben sich im Verlauf der Zeit im Boden stark angereichert.

Relevant sind Bohnerze und Bolustone auch in den Kantonen Schaffhausen, Jura, Neuenburg. Es sind ähnliche Situationen wie in BL bekannt resp. zu erwarten. Mindestens im Fall BL erweist sich das Rohstoffinventar der SGTK als nicht ausreichend, da die Bohnerze nicht im nötigen Detailierungsgrad verzeichnet sind.

Es ist bekannt (USGS 2xxx, Vorlesung Angewandte Mineralogie; R. Kündig, ETHZ), dass in Kohlen neben den Hauptelementen (H, C, N, O, S) und zahlreichen Neben- und Spurenelementen sein können, darunter auch etwa 15 umweltgefährdende Elemente wie Arsen (zu Uran, Thorium siehe Kapitel 3.4x). Somit sollten Kohlenflöze und Torf- und Moor-Areale in der Schweiz ebenfalls in die Auswahl der «Gesteine» mit erhöhten Arsen-Gehalten aufgenommen werden. Es liegen vereinzelte gute, wenn auch nur teilweise veröffentlichte Studien und Daten vor (z.B. Msc Arbeiten ETH; siehe Abb 12). Inwieweit sich eine Kombination mit den unter Kapitel (x.x; Natürliche Radioaktivität) bewerkstelligen lässt, bleibt abzuklären. Sinnvoll wäre diese Synergie auf jeden Fall.

3.5.3 Vorschläge zur Verbesserung der Datengrundlagen

- Aus dem Rohstoffinventar der Schweiz (SGTK, Landesgeologie) können Gebiete mit ähnlichen Voraussetzungen betreffend arsenhaltigen Vererzungen herausgefiltert und dargestellt werden (Abb. 15).
- Eine gesamtschweizerische Zusammenstellung und Darstellung der Daten, aus dem Rohstoffinventar (SGTK, Landesgeologie) in Kombination mit regionalen Untersuchungen von verschiedenen Forschungsgruppen wird einen Mehrwert bringen. Allein im Rohstoffinventar (www.map.georessourcen.ethz.ch) sind 142 Dateneinträge für «Arsen» unter den Vererzungen aufgeführt.
- Berücksichtigt man, dass insbesondere in der Nordschweiz zahlreiche Rohstoffvorkommen wie Bohnerze oder Bolustone noch nicht in der nötigen Präzisierung aufgenommen sind, bietet dies ein gutes Potenzial für die Verbesserung der Datengrundlage. Ergänzende Daten (Materialien, Karten, Spezialpublikationen etc.) wären vorhanden, müssten aber mittels Kompilationsarbeit und ergänzenden Recherchen eingebunden werden (z.B. die akribisch zusammengestellten nur teilweise veröffentlichten Karten und Studien zu Bohnerzen von F. Hofmann im Archiv

der SGTK sowie interne Berichte der SGTK.

- Nicht nur Bohnerze und Bolustone, wo ein direkter Zusammenhang zu Arsenanomalien nachgewiesen wurde, sondern auch viele andere in Bezug auf Arsen anfällige Lithologien müssten zusammengestellt und in Relation mit den im Kapitel 3.1 vorgeschlagenen Unterteilung der Schweiz in die kleinstmögliche lithologische Einheit gesetzt werden.
- Eine schweizweite Zusammenstellung der Vererzungen (historische Bergwerke und Verarbeitungsstellen/Verhüttung) in Relation zu umweltkritischen Elementen wäre angebracht. Datengrundlagen der SGTK und die Lokalkenntnis via Gesellschaft für historische Bergbauforschung SGHB kann, in Kombination mit den Geodaten des Bundes (map.geo.admin.ch) die Grundlagen wesentlich verbessern.
- Welche Gesteine haben bei der Verwitterung die Tendenz, As-angereicherte Verwitterungsprodukten zu bilden? Und wie kann in Analogie zu bekannten Verwitterungsprodukten (z.B. die Schwemmlehme in BL (Leymental) auf einfache, geostatistische Art eine Abschätzung für allfällig weitere Gebiete erfolgen. Lässt sich dies mit einem vernünftigen Aufwand (vermutlich vorhandene Boden-/Gesteinsdaten, lokale Berichte) darstellen?
- Eine Expertengruppe «Arsen» muss als Begleitgruppe etabliert werden. Ebenso muss das Potenzial an Wissen um Bohnerzvorkommen (Zusammenarbeit mit Experten aus der SGHB) und mit Fachpersonen aus Archäologie und anderen Disziplinen (z.B. Arbeit Petra Dariz) sollte besser genutzt werden.
- Gute Informationsquellen aus den Staatsarchiven sind nicht berücksichtigt. Kombiprojekt FGS, SGHB, NEROS, mineralien-ch.ch, Internetrecherchen etc.

3.5.4 Wasser (Gestein/Wasser)

Bekannt sind zahlreiche Beispiele, wo Wasser (auch Trinkwasser) mit Arsen angereichert ist und wo diese Anreicherungsprozesse eindeutig einen Zusammengang mit dem Wirtgestein, mit Vererzungen und mit diversen Verwitterungs- und Sedimentationsprozessen zeigen (Abb. 16).

Einzelne Kantone und Gemeinden habenwegen hoher Arsenbelastungen im Wasser, Boden oder bei Bodenverschiebungen und Aushubarbeiten lokal Untersuchungen in Auftrag gegeben (z.B. BL). Dazu liegen (auch öffentlich einsehbare) Ergebnisse vor und mittels Vorgehensskizzen wird auf den Umgang mit solchen Situationen hingewiesen.

Im Bereich Trinkwasser stellen sich neue Herausforderungen, indem seit Dezember 2016 die «Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen» (TBDV) punkto Arsen einen wesentlich tieferen Gehalt von 10 Mikrogramm pro Liter (µg/l) vorschreibt. Die Schweiz hatte bisher eine Limite vom 50 µg/l, im Gegensatz zu den von der WHO vorgeschlagenen und von der EU angewandten 10 µg/l. Die Übergangsfrist lief Ende 2018 ab, seit 1.1.2019 gilt der tiefere Grenzwert. Das heisst, dass nicht nur die durch die erwähnten Hot Spot Studien (Pfeifer et al.) detektierten Gebiete, Probleme mit der Einhaltung der Vorschriften haben (siehe auch EAWAG News 53). Einige Regionen sind dadurch in einen kritischen Bereich gekommen. Untersuchungen liegen bisher nur teilweise vor (Studien und Dokumentationen durch H.R. Pfeifer) .

3.5.5 Vorschläge zur Verbesserung der Datengrundlagen

- Mit Bezug auf Wasser/Gestein wäre eine Ergänzung und Erweiterung der Hot Spot Karte (Abb. 1 und 3) zu einer allgemeinen Übersichtskarte anzugehen. Die bisherigen, auf der Basis von 50 µg/l detektierten Gebiete (Gemeinden?) müssen durch Anwendung und Ableitung der Forschungsresultate und unter Berücksichtigung der erwähnten Grundlagendaten (Karten, Inventare) in erster Annäherung evaluiert und ergänzt werden.

3.5.6 Expertensystem

Ein Expertengremium «Arsen» würde eine umfassende und neutrale Beurteilung von geogenen Gehalten umweltrelevanter Elemente in Gesteinseinheiten und deren Wechselwirkung mit Wasser und Boden ermöglichen. Die Zusammensetzung müsste interdisziplinär sein; sicher Bafu, Neros, FGS/swisstopo, IGP etc. Mit einer Ansprechstelle (Multi-Themenbasiert) wird ein Mehrwert gegenüber den lokalisierten Anlaufstellen (Kantone, Bund) geschaffen (Sprungbrettinformation). Damit diese Beratung (Dienst) funktioniert, ist das verbindende Wissen einer Netzwerkorganisation gefragt. Bestehende Geodienste (ma.geo.admin.ch, map.georessourcen.ethz.ch und weitere), lassen sich integrieren und werden mit neuen Funktionen noch mehr aufgewertet. Es entstehen keine isolierten Lösungen, multiple Nutzniessung.

Vorschlag

- Aufbau und Verwaltung/Betrieb/Pflege eines Expertengremiums «Arsen»

3.5.7 Betroffene Industrien (Steine & Erden Bereich)

Tunnelbau, Kalkindustrie, Hartgesteine

Bei aktuellen Tunnelbauten (z.B. Kerenzerberg sind erhöhte Gehalte von Arsen im Aushubmaterial zu einem Problem geworden (mündliche Informationen via AfU St. Gallen und Astra) und auch in den Malmkalken welche die Kalkfabrik Netstal im Glarnerland abbaut, ist Arsen ein ernstzunehmender Aspekt (mündliche Informationen, Geobüros). Mit Bezug auf Bahnschotter (Kieselkalk) erfolgten einzelne Anfragen an NEROS bezüglich erhöhter Arsengehalte. Die Daten zu den damaligen Untersuchungen im Rahmen der Hartgesteinsstudie (Bärtschi (2012), Kieselkalke der Schweiz: Charakterisierung eines Rohstoffs aus geologischer, petrographischer, wirtschaftlicher und umweltrelevanter Sicht) konnten einzel-

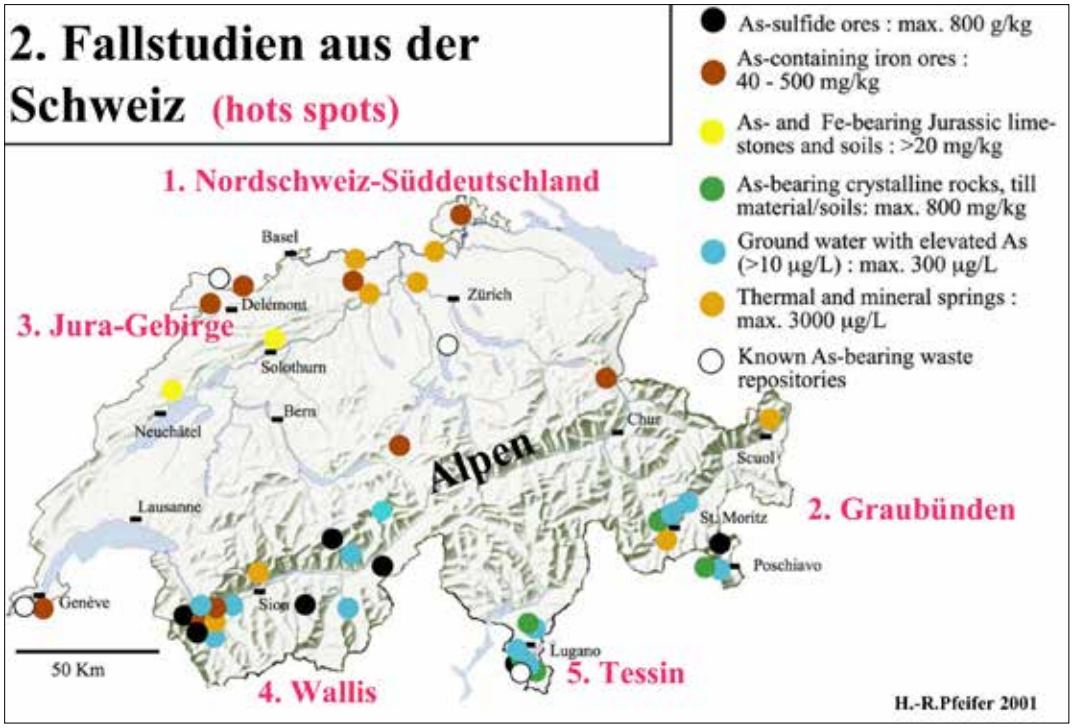


Abb. 14: Hot Spot Karte (Pfeifer 2001) mit bekannten Arsen-Anomalien in Gesteinen und Wasser.

Abb. 15: Arsen in verschiedenen Vererzungen, bisher sind 142 Lokalitäten bekannt;Übersichtskarte und Kartenausschnitt Wallis aus dem Rohstoffinventar (SGTK, Landesgeologie)

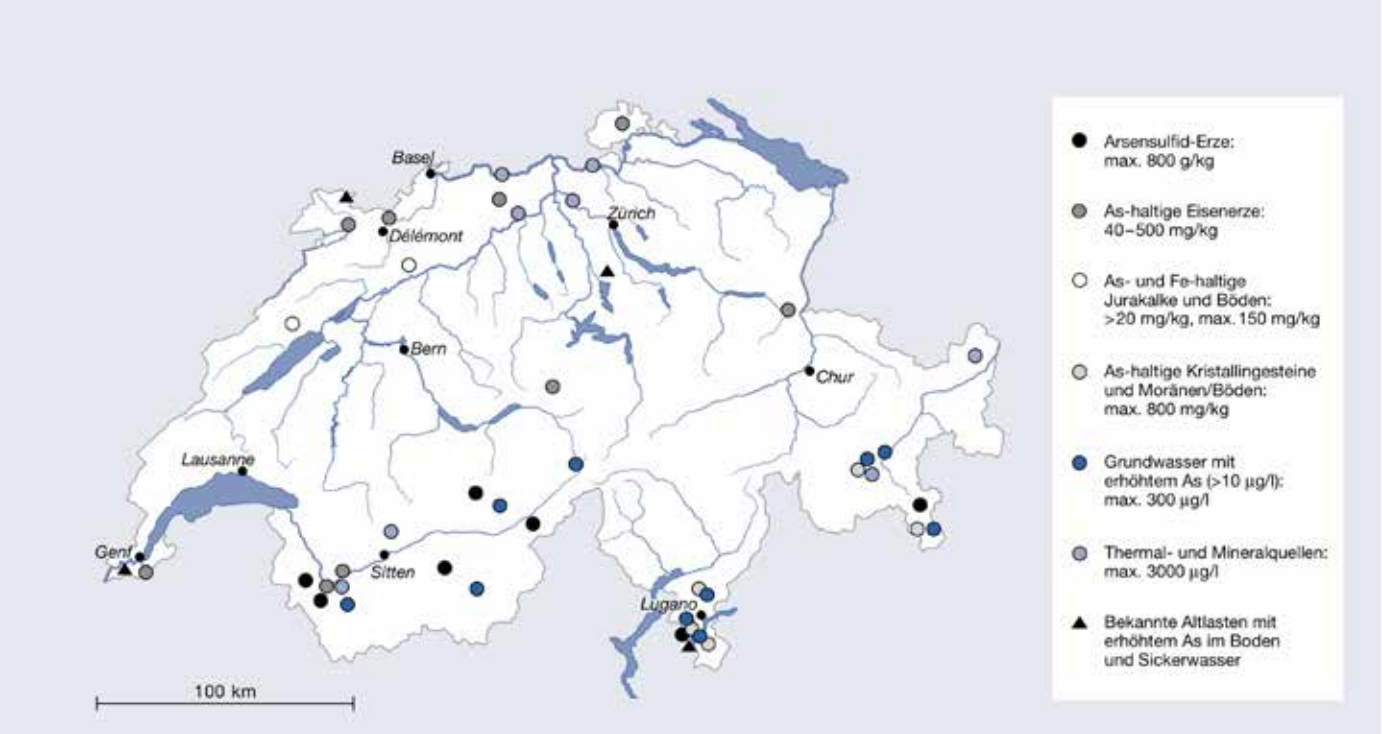


Abb. 16: Gebiete in der Schweiz mit erhöhten Arsengehalten. Erhöhte Werte im Grundwasser finden sich vor allem im Wallis, Tessin und Graubünden. Quelle: EAWAG News 53: Arsen im Trinkwasser - auch ein Schweizer Problem?

ne dieser Werte bestätigen. Eine systematische Erfassung der Arsenwerte in Gesteinsheinheiten erscheint sinnvoll, da in Zukunft zahlreiche weitere Nutzungen und Bauprojekte von dieser Thematik ebenfalls betroffen sein werden.

Zumindest der öffentlich kommunizierbare Teil der Resultate von einigen, z.Z. laufenden Bau- und Abbauprojekten (Begleitung durch private geologische Beratungsbüros und kantonale Stellen), sollte übernomen werden (Aufbau Wissensbasis).

Im Bereich Aushubmaterial ist es die VVEA, welche mit den tiefen Limiten für Arsen von 15 mg/kg verschiedene Lithologien in den Grenzbereich der Verwendung respektive der umweltgerechten Deponierung von Ausbruch und Aushubmaterial rückt.

Sand und Kies

Ebenfalls betroffen von den aktuellen Limiten bezüglich Arsen ist die Kiesindustrie. Geogen bedingte Anreicherungen von Arsen können in Kieswaschschlämmen unter Umständen zu einem Problem werden. Das von NEROS zusammen mit dem FSKB initiierte Inventar der Schweizerischen Kieswaschschlämme zeigte in einzelnen Proben erhöhte Werte von Arsen. Mittels verfeinerter Probennahme basierend auf neuen Ansätzen bezüglich geologischer Charakterisierung von Feinsedimenten in Kieskörpern könnten neue Daten und Interpretationsspielräume gefördert werden.

3.5.8 Betroffene Behörden/Organisationen/Stakeholder

- Bafu, BAG
- Kantonale Umweltschutz Fachstellen
- ASTRA
- EAWAG
- Bodenschutz Fachstellen.
- Agroscope
- Gewässerschutz Fachstellen
- Sand und Kiesindustrie
- Ingenieurgeologie/Tunnelbau

4. Bericht mineralische Rohstoffe

Im Rahmen der Umsetzung von Massnahme 13 des Aktionsplans «Grüne Wirtschaft» wurde unter der Leitung von swisstopo Landesgeologie der Bericht über die Versorgung der Schweiz mit nichtenergetischen mineralischen Rohstoffen (Bericht mineralische Rohstoffe) verfasst. Der Bericht zeigt unter anderem auf, mit welchen Massnahmen der Bund die langfristige Versorgung der Schweiz mit mineralischen Rohstoffen unterstützen kann. Im Dezember 2017 hat der Bundesrat den Bericht zur Kenntnis genommen und swisstopo und das BAFU in Zusammenarbeit mit weiteren Bundesstellen, den Kantonen und der Wirtschaft mit der Umsetzung der vorgeschlagenen Massnahmen beauftragt.

Hinsichtlich geogener Belastungen in Gesteinseinheiten der Schweiz ergeben sich daraus Synergien, wie mit gemeinsamen Projekten und Finanzierungen zusätzliche Daten mit gesteigerter Aussagekraft und mit weiter reichendem Wahrnehmungsbereich generiert werden können. In Kooperation mit swisstopo/Landesgeologie und Bafu wird sich die Netzwerkorganisation NEROS in den vier nachfolgend aufgeführten Themenschwerpunkten einbringen

Erfassung und Charakterisierung geologischer Primärrohstoffvorkommen

Stichworte sind Rohstoffwissen und Rohstoffsensibilisierung. Bei rohstoffbezogenen Attributen müssten zu den bis anhin petrographisch dominierten Werten auch Angaben der potenziellen Belastung/Gefährdung durch geogene Bestandteile/Elemente erfolgen. Dies wird sich bei der direkten Verwertung/Wiederverwertung und bei der stofflichen Verwerung von Bauabfällen, Aushub- und Ausbruchmaterial positiv auswirken und schafft (bei entsprechender Transparenz und eingehaltenen Standards) Anreize und Akzeptanz. Bisher nur unter der Hand kommunizierte Kriterien sollten eingeschlossen werden:

- welche Grössenordnung und welche (kritische) Bedeutung bezüglich Vorschriften.
- welche wirtschaftliche und gesellschaftliche Bedeutung.
- welche alternativen Rohstoffe und gegebenenfalls welche zusätzlichen Problemkreise
- was passiert bei Nicht(mehr)verwendung des Rohstoffs (Import, Transport, Umweltbelastung)
- können wir uns einen Verzicht erlauben, gesellschaftlich, politisch? (Salz zum Beispiel)

Rohstoffkartierung; Lücken von Grundlagendaten und Berechnung von Ressourcen

- Eine Ergänzung/Kombination von bestehenden Daten und geologischen on-site Messungen mit Messungen betreffend Arbeitssicherheit in Steinbrüchen würde Vorteile bringen. Sensibilisierung der Industrie auf der einen Seite und Relativierung gegenüber der Öffentlichkeit auf der anderen Seite.

Erfassung relevanter Kennzahlen zu Primär- und Sekundärrohstoffen

- Durch neutrale Kommunikation und basierend auf geologisch/gesellschaftlich zu akzeptierenden Grundgehalten (Elemente, Minerale)eine Freiwilligkeit gegenüber der Lieferung von «heiklen» Daten bewirken.

Aufbau einer Informations- und Kommunikationsplattform für mineralische Rohstoffe

In Kooperation mit dem Bafu und mit anderen Stellen kann eine optimale Nutzung von Synergien genutzt werden. Die im vorliegenden Bericht im Kapitel 5 charakterisierte Stakeholderanalyse bildet dazu eine gute Grundlage.

- Eine Analyse der aktuellen Netzwerklandschaft (inkl. Kommunikationswege und -strategien), die in Richtung einer allgemeinen Rohstoffsensibilisierung geht, sollte auch Aspekte allfälliger geogener Belastungen von Rohstoffen enthalten.
- Bisherige Analysen sind mehrheitlich auf primäre mineralische (Massen) Rohstoffe der Schweiz ausgerichtet. Sekundäre Rohstoffe, Recycling und Baustoffrecycling aber auch neue Baustoffe sollten zwingend eingeschlossen werden.

In den in den Zielsetzungen des Bericht mineralische Rohstoffe werden detaillierte Rohstoffsicherungsberichte zu den einzelnen mineralischen Rohstoffen bzw. Rohstoffgruppen (z.B. Zementrohstoffe oder Kies/Sand) vorgeschlagen.

Im «Bericht mineralische Rohstoffe» wird im Kapitel 2.5 zu den mineralischen Sekundärrohstoffen festgehalten: *Eine langfristige Rohstoffversorgung der Schweiz erfordert nicht nur eingehende Kenntnisse des sekundären Rohstofflagers (Zusammensetzung, Mengen, Qualität, Rückgewinnbarkeit), sondern muss die realisierbaren Rückgewinnungspotenziale miteinbeziehen und die gesamte Lebens- und Wertschöpfungskette berücksichtigen, um Wertstoffkreisläufe zu schliessen.*

Darin oder in Zusäzen dazu muss zwingend auch ein Kapitel zur geogenen Belastung des Materials an sich und zu den Auswirkungen bei Abbau, Recycling und (Wieder)Verwendung erarbeitet werden. Dasselbe gilt auch für primäre Rohstoffe. Aspekte und Überlegungen und allenfalls Prognosen bezüglich der Vermeidung von kummulativen Situationen sind zu integrieren (anthropogene Belastungen sind jedoch nicht Gegenstand solcher Studien).

Aushub- und Ausbruchmaterial stellt in der Schweiz den grössten Materialstrom dar. Der überwiegende Teil des anfallenden Materials ist unverschmutzt und kann, wenn von den Materialeigenschaften her möglich, in Teilen oder als Ganzes der Verwertung zugeführt werden, sei dies zur Verwertung als Baustoff auf

Baustellen, zur Baustoffherstellung oder zur Wiederauffüllung von Materialentnahmestellen (z.B. Kies- oder Tongruben) und für bewilligte Terrainveränderungen. Wo eine Verschmutzung festgestellt wird, muss fallweise entschieden werden, ob anthropogene Einflüsse (Aufbereitung, Unfälle etc.) vorliegen oder ob es sich um geogen bedingte Anomalien handelt. In letzterem Fall sollte auf einer «Regionalisierung» dieser Belastungen nachgegangen werden -→ vgl. Kapitel 3.2.2.

- Wie hat sich die Vergletscherung auf die Lockergesteine (z.B. Hangschutt) ausgewirkt. Der Ansatz, dass alles «von oben» geliefert wird, ist sicher (bis auf eine gewisse Höhe) falsch Die Frage nach der «Durchmischung» von Lockergesteinsmaterial mit herbeitransportiertem Gletschermaterial sollte geklärt werden, insbesondere, wie sich das auf «transportierte» Anomalien auswirkt. Gibt es da schon konkrete Projekte, Vorstellungen, und eventuell Abschätzungs-Schlüssel? Wenn nicht wäre das mindestens ein Thema für eine Studie (z.B. mit Uni Bern, Anselmetti) und/oder ein NEROS Projekt.

Gemäss Umweltrecht (insbesondere USG und VVEA) sind Bauabfälle als potentielle sekundäre Rohstoffe auf der Baustelle möglichst zu trennen im Hinblick auf eine möglichst grosse stoffliche Verwertung und Rückführung als sekundäre Baustoffe. Im übertragenen Sinn gilt das auch für Gewinnungsstellen von Lockergesteinen (insbes. Kies und Sand) und in Steinbrüchen. Hierzu gibt es diffizile Auslegungen des geltenden Rechts und Meinungsverschiedenheiten, welche «sekundären» Produkte (z.B. Waschschlamm, Bohrstaub) als Rohstoff oder als «Abfall» gelten. Eine entscheidende Rolle spielt dabei die gegenüber gröberen Fraktionen massiv grösseren (reaktiven) Mineral-Oberflächen in Feinfraktionen. Dies hat natürlich auf Herauslösung einzelner Elemente grossen Einfluss.

Im «Bericht mineralische Rohstoffe» wird als wichtigste Aufgabe von Rohstoffdiensten und Rohstoffagenturen (in der Schweiz noch nicht in dieser Art vorhanden) sowie von Rohstoffkompetenzzentren folgnde Aufgaben festgehalten:

- Rohstoffvorkommen erkunden, abgrenzen, bewerten und beschreiben
- Beratung von weiteren Verwaltungseinheiten und von Dritten Dritte (z.B. Industrie) bei Planungsaufgaben
- Beratende Tätigkeit bei der Lösung von Nutzungskonflikten und langfristige Sicherung von Lagerstätten respektive Vorkommen oberflächennaher Rohstoffe.

In diese Beratung gehört zwingend auch die Aufklärung Dritter betreffend geogener Elementgehalte und möglicher Beeinträchtigungen der Umwelt oder «Grenzwertüberschreitungen» bezüglich geltender Gesetze, Verordnungen und Richtlinien.

Bei den Grundsätzen einer langfristigen Sicherung der Versorgung mit mineralischen Rohstoffen stützt sich der «Bericht mineralische Rohstoffe» auf das international anerkannte so genannte Fünf-Kapitale-Modell ab. Von den fünf Domänen Ökonomie, Technologie, Umwelt, Gesellschaft und Gouvernanz sind mindestens drei auch von der besseren Kenntnis der geogenen Gehalte in nutzbaren mineralischen Rohstoffen abhängig:

In der **Technologie-Domäne** sind es neben einer verbesserten Wissensbasis auch Zusammenhänge und Auswirkungen betreffend natürlichen Akkumulationen (Sedimentprozesse, Aufbereitungsprozesse) und Recyclingprozessen (Konzentration, «Abfall»produkte).

In der **Umwelt-Domäne** betrifft es insbesondere den Schutz vor Umweltschäden, allenfalls auch die Verlagerung von Elementen bei Ausgleichsmassnahmen. Stichworte daz sind irreversible oder schädliche Umweltauswirkungen bei der Gewinnung von mineralischen Rohstoffen aus primären Quellen wie auch durch die Aufbereitung (Ausbruch, Aushub, Bauabfälle).

In der **Gesellschafts-Domäne** ist allgemein die Wohlfahrt angesprochen, dabei insbesondere die öffentliche Wahrnehmung von geogen bedingten «Problemen» bei Partikulärinteressen und Gemeinwohl. Das weitverbreitete NIMBY Prinzip (not in my backyard) sollte mittels besserem Wissensstand eher zu einem BIMBY Prinzip (better in my backyard) wechseln. Invormationsvermittlung, Abschätzung von Wechselwirkungen und die Erkenntnis der eigenen Mitverantwortung sind hierzu Stichwort. Mitverantwortung kann hierbei von persönlicher/betrieblicher Suffizienz bis zur bewussten Entscheidung für einen «belasteten» mineralischen Rohstoff gehen.

Die **Domänen Gouvernanz und Ökonomie** sind weniger direkt angesprochen, profitieren aber gleichwohl von verbesserten Wissensgrundlagen. Dies insbesondere betreffend Transparenz, einer angemessenen Gewichtung gesellschaftlicher Interessen gegenüber Einzelinteressen oder der Ortsgebundenheit vieler mineralischer Rohstoffgruppen (z.B. Massenrohstoffe).

- Eine neutrale Anlaufstelle für bisherige Probleme und Lösungen betreffend unterschiedlicher Handhabung von geogen belasteten primären und sekundären mineralischen Rohstoffen fehlt bisher (Wissensbasis verknüpft mit Erfahrungen und isolierten Handhabungen; kommunal, kantonal, regional)

- Einheimische Rohstoffe sind ebenfalls in Vergleich mit ausländischen Vorkommen zu stellen. Die Auswirkungen der Nichtnutzung in der Schweiz ist in Relation zur Nutzung im Ausland zu stellen (Stichwort: Verlagerung der Probleme, Externalisierte Umweltbelastungen, politische Zeitbomben). Vor- und Nachteile einer (temporären) Nutzung mineralischer Rohstoffe sind allen Beteiligten verständlich zu machen

5. Stakeholderanalyse

5.1 Industrie (Steine & Erden)

Als Basis für diese Stakeholderanalyse diente die Zusammenstellung von Andreas Kühni, wie sie 2012 für NEROS zusammengestellt wurde. Sie wurde aktualisiert und ergänzt mit zusätzlichen relevanten Informationen und Recherchen aus dem Umfeld von NEROS.

5.1.1 Verbände (Extraktion, Produktion)

KSE – Konferenz Steine und Erden
www.kse-cpt.ch

Die Konferenz Steine und Erden – KSE ist die Dachorganisation aller Branchen, die sich in der Schweiz mit dem Abbau und der Verarbeitung von Steinen und Erden beschäftigen. Sie vertritt die Interessen der schweizerischen Steine und Erdenindustrie und engagiert sich zu Gunsten einer funktionierenden Versorgung der Schweizer Wirtschaft mit mineralischen Rohstoffen. Dabei orientiert sie sich an den Grundsätzen der Nachhaltigkeit und strebt das Schliessen der Stroffkreisläufe an.

Mitglieder der KSE sind:
- FSKB: Fachverband der Schweizerischen Kies- und Betonindustrie
- NVS: Natursteinverband Schweiz
- SMI: Schweizerische Mischgutindustrie
- Cemsuisse: Verband der Schweizerischen Zementindustrie
- VSH: Verband Schweizerischer Hartsteinbrüche
- VSZ: Fachverband der Schweizerischen Kies- und Betonindustrie

cemsuisse
www.cemsuisse.ch

Die cemsuisse informiert Verwaltung, Parlament sowie eidgenössische und kantonale Behörden über das Engagement der schweizerischen Zementproduzenten zu Gunsten einer nachhaltigen Zementproduktion.

Die Hauptinteressen liegen in der Bereichen Zementrohstoffe aber auch alternative Rohmaterialien und Brennstoffe. Zu hohe Konzentrationen (z.B. Schwefel) in den Ausgangsstoffen können zu Problemen in der chemischen Zusammensetzung der Klinkermineralien aber auch zu unerwünschten Emissionen führen.

FSKB – Fachverband der Schweizerischen Kies- und Betonindustrie
www.fskb.ch

Die Ziele des Fachverbandes der Schweizerischen Kies- und Betonindustrie sind:
- Vertreten der Interessen der schweizerischen Kies- und Betonindustrie.
- Gewährleisten einer schweizerischen Kiesversorgung, welche sich an den Grundsätzen der Nachhaltigkeit ausrichtet.
- Informieren über die Vorteile der Produkte Beton und Kies.
- Durchführen branchenspezifischer Aus- und Weiterbildung.
- Anbieten von massgeschneiderten Dienstleistungen für die schweizerische Kies- und Betonindustrie.

Betreffend geogene Belastungen sind in der Kiesindustrie insbesondere Kieswaschschlämme relevant. Mit der Nutzung von Kiesvorkommen geht auch die Auffüllung der Kiesgruben mit sauberem Aushubmaterial einher. Solches Material wird stichprobenmässig überwacht um sicher zu stellen, dass kein verschmutztes Material eingebracht wird. Die genaue Kenntnis der Herkunft des Materials ist unabdingbar. Ebenfalls von Interesse ist die Feinstaubproblematik in Kieswerken.

VSH
www.vsh-web.ch

Die Ziele des VSH – Verband Schweizerischer Hartsteinbrüche – lassen sich wie folgt zusammenfassen:
- Vertretung der Steinbruchbetriebe bei Behörden und anderen Organisationen
- Beobachtung der Märkte und Aufrechterhaltung geordneter Wettbewerbsverhältnisse
- Vermittlung von Aufträgen und Unterstützung sowie Beratung der Mitglieder beim Absatz ihrer Erzeugnisse
- Erfahrungsaustausch und Beratung in technischen, rechtlichen und ökonomischen Belangen
- Einheitliche Stellungnahme in Fragen der Arbeitsbedingungen und sozialen Belangen

Arv – Verband Baustoffrecycling Schweiz
www.arv.ch

Der Verband arv Baustoffrecycling Schweiz vertritt, fördert und wahrt die Interessen der Bauabfallrecyclingbranche gegenüber dem Bund, den Kantonen, speziellen Fachgremien und der übrigen Öffentlichkeit. Seine Ziele lauten folgendermassen:
- Akzeptanz des Baustoffrecyclings und des sekundären Materials bei Behörden, Bauherren und Unternehmen fördern.
- Gemeinsam mit anderen Gremien und Branchenverbänden innovative und marktgerechte Lösungen erarbeiten.
- Durch Engagement in Fachgremien und Kommissionen Einfluss ausüben, um den Recyclinggedanken weiter zu fördern und die Umsetzung des Baustoffkreislaufdenkens voranzutreiben.
- Förderung der internationalen Koordination und des Erfahrungsaustauschs.

Das riesige Potenzial an wiederverwendbaren Baustoffen soll bestmöglich ausgeschöpft werden. Wertvolle, wiederverwertbare Baustoffe sollen also aus ehemaligen Bauwerken gewonnen und entsprechende Kreisläufe konsequent geschlossen werden.

NVS – Natursteinverband Schweiz
www.nvs.ch

Der NVS vereint die schweizerische Natursteinbranche: nicht nur Naturstein-Werke, sondern auch Betriebe der Naturstein-Gewinnung, des Naturstein-Handels, Verleger-, Versetzer-, Unterhalts- und Instandsetzungsfirmen sowie Naturstein-Experten und Fachplaner. Der NVS steht für Kompetenz in Naturstein-Technik und trägt dieses Wissen in die Aus- und Weiterbildung der Branche.

Die innerhalb des NVS agierende Steinbruch-Kommission SBK setzt sich für die Anliegen der Betriebe der schweizerischen Naturstein-Gewinnung ein. Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP), Renaturierungen, Raumplanung sowie Arbeitssicherheit im Steinbruch sind relevante Themen, welche die SBK behandelt.

5.1.2 Unternehmen, Firmen (Extraktion, Produktion)

Natursteinbruchbetreiber

Die Natursteinbranche ist gekennzeichnet durch eine Vielzahl von kleineren bis mittelgrossen Betrieben (meist Familienbetriebe) verteilt über die ganze Schweiz. Abgebaut werden insgesamt rund 600'000 Tonnen hochwertiges Naturstein-Baumaterial. Kennzeichnend für die Branche ist die Tatsache, dass sich die Anzahl der Steinbrüche in den vergangenen Jahrzehnten sehr stark reduziert hat. Dies obschon die Schweiz reich an einer grossen Vielfalt von verschiedenen Arten von Natursteinen ist. Allein im Bundeshaus sind 80 verschieden Natursteine aus allen Kantonen verbaut.

Grund für die Reduktion der Anzahl Abbaustellen sind neben wirtschaftlichen Rahmenbedingungen auch die Tatsache, dass es immer schwieriger wird Abbaubewilligung zu erhalten, was auch in der schwindenden Akzeptanz der lokalen Bevölkerung für die Bergbauindustrie begründet ist. Waren in der Zeit vor dem zweiten Weltkrieg noch ca 200 Abbaustellen im Jura aktiv, so sind es heute noch lediglich ca. 60 aktive Steinbrüche in der ganzen Schweiz.

Die Interessen der Natursteinbetriebe werden durch den NVS vertreten, NEROS wirkt unterstützend in der Steinbruchkommission des NVS mit.

Kiesabbaustellen

Abbau durch eine Vielzahl von Grossfirmen (Grosse Baustoffunernehmen (siehe Zement) und grosse vertikal integrierte Bauunternehmen (z.B. Marti, Implenia, Frutiger, JPF) bis hinunter zu lokalen Familienbetrieben. Kiesproduktion in der Region für die Region zwecks Minimierung der Transportwege.

Die Interessen der Kies- und Aushubindustrie werden durch den FSKB und teilweise durch den ARV (Aushub, Recyclingmaterial) wahrgenommen.

Steinbrüche für gebrochene Gesteine

Gebrochenes Material wird in der Schweiz in erster Linie in ca. 8 Hartsteinbrüchen zwecks der Produktion von Bahnschotter gewonnen. Bei der Produktion von Gleisschotter entstehen aus dem abgebauten Materials jeweils ein Drittel hochwertiger Schotter, ein Drittel hochwertiger Splitt für die Asphaltindustrie und ein Drittel ungebundene Gemische für den Strassenbau.
In geringerer Menge wird Gestein mit niedrigeren Härtegraden für die Herstellung von Wuhrsteinen (Wasserbausteine), Schotter für die Betonproduktion und insbesondere für ungebundene Gemische für den Strassenbau abgebaut.

Die Interessen der Hartsteinproduzenten werden durch den VSH wahrgenommen.

Zementindustrie, Zementrohstoffe (Kalk, Mergel)

Die Zementproduktion in der Schweiz wird durch 3 Grossfirmen definiert: Holcim (Schweiz) AG (LafargeHolcim LTD) mit den Werken Siggenthal (AG), Untervaz (GR) und Eclépens (VD), Jura Cement AG (CRH LTD) mit den Werken Wildegg (AG) und Cornaux (NE) und Vigier SA mit den Steinbrüchen in Perry-Reuchenette.

Die Interessen der Zement-, bzw. Bindemittelindustrie werden durch die cemsuisse wahrgenommen.

Ton- und Mergelabbaustellen

Ziegelindustrie Schweiz ist der Verband der Schweizer Ziegeleien zur Unterstützung und Förderung der einheimischen Baukultur mit Backsteinen und Dachziegeln. Unsere MItgliederfirmen produzieren an 20 Standorten in der gesamten Schweiz.
Die Swissbrick AG und der Verband Schweizerische Ziegelindustrie (VSZ) schlossen sich zusammen und treten neu als swissbrick.ch auf. Die Aktionäre der Swissbrick AG – Keller Holding AG, AG Ziegelwerke Horw-Gettnau, Ziegelei Rapperswil-Bern Louis Gasser AG und ZZ Wancor AG – übertragen ihre Aktivitäten, insbesondere das technische Know-how und die Marketingkompetenz, dem Verband und liquidieren die Swissbrick AG.

Gipsindustrie

Aus Teilen der Gipsunion und der Fixit Weiach wurde 1998 die heutige Fixit AG gegründet. In über 100 Jahren Geschäftstätigkeit hat die Fixit AG ihre Erfahrung und Kompetenz speziell für gips- und zementhaltige Putze und Mörtelprodukte stetig ausgebaut. Fünf Produktions-Standorte, verteilt auf drei Verkaufsregionen, bieten eine auf die regionalen Kundenbedürfnisse zugeschnittene Beratung und Belieferung. Das Tessin wird von der eigenständigen FIXIT-TI SA bedient.

Die Rigips AG ist der führende Produzent und Anbieter von Gips-Trockenbausystemen in der Schweiz und zuverlässiger Unterstützer in der Planung und Ausführung anspruchsvoller Innenausbau-Lösungen

Salzindustrie

Alle Salzproduktionsstandorte sind heute unter den Schweizer Salinen organisiert. Die Schweizer Salinen sind heute ausschliesslich im Besitz der Kantone und des Fürstentums Liechtenstein. Der Konkordatsvertrag von 1973 regelt den Salzverkauf und garantiert damit die Versorgung aller Regionen mit Salz zu günstigen und einheitlichen Preisen.
Auf internationaler Ebene engagieren sich die Schweizer Salinen in der «Vereinigung der Europäischen Salzproduzenten» (EuSalt, European Salt Producers' Association) und vertreten dort gesamtschweizerische Interessen in den Bereichen Ernährung und Gesundheit, Qualität, Normen, Standards und Umwelt.
Seit mehr als 450 Jahren fördern, lagern und vertreiben die Schweizer Salinen den lebenswichtigen Rohstoff Salz für die Schweizer Bevölkerung. In den drei Salinen in Schweizerhalle, Riburg und Bex werden jährlich bis zu 600'000 Tonnen Salz produziert und den unterschiedlichsten Verwendungszwecken zugeführt.

5.1.3 Netzwerkorganisationen

SASTE
www.saste.ch

Vermittlung von Kenntnissen über industriell verwertete mineralische Rohstoffe und daraus hergestellte Produkte, ebenso über deren Untersuchungsmethoden, soweit diese für die industrielle Verwertung von Interesse sind. Zur Erreichung ihrer Ziele organisiert die SASTE jährlich eine bis zwei Versammlungen mit Vorträgen ihrer Mitglieder oder eingeladener Referenten. Alle fünf Jahre findet eine mehrtägige Studienreise mit Besichtigungen in- und ausländischer Betriebe aus der Steine- und Erdenindustrie statt. Neben speziellem Fachwissen wird der persönliche Kontakt zwischen den einzelnen Mitgliedern gefördert.

World Resources Forum, WRF
www.wrforum.org

WRF ist eine unabhängige, gemeinnützige, internationale Organisation, die als Plattform den Wissensaustausch über Ressourcenmanagement zwischen Unternehmern, Politikern, NGOs, Wissenschaftlern und der Öffentlichkeit verbindet und fördert. Um die nachhaltige Nutzung der Ressourcen weltweit zu verwirklichen, werden hochwertige internationale Konferenzen und Workshops organisiert, um einschlägige Forschungsergebnisse und wissenschaftliche Diskussionen zu verbreiten, Ressourceneffizienzindizes zu entwickeln, Standards für eine nachhaltige Ressourcennutzung zu setzen, Möglichkeiten zur Finanzierung von Ressourceneffizienz-Projekten zu schaffen Angesprochen sind neben Führungskräfte auch die breite Öffentlichkeit. Die Zusammenarbeit beruht auf gegenseitigem Respekt und Engagement aller beteiligten Parteien.

Ressourcenforum Schweiz, rf-CH
www.wrforum.org/rf-ch

Das Ressourcen Forum Schweiz ist eine Organisation innerhalb des WRF (siehe oben), eine Schweizer Plattform für einen nachhaltigen Umgang mit natürlichen Ressourcen. Das Forum vernetzt Entscheidungsträger aus Politik und Wirtschaft, sowie Akteure der Forschungslandschaft Schweiz.

Entwicklungsfond seltener Metalle, ESM

www.esmfoundation.org
Der „Entwicklungsfonds Seltene Metalle" (ESM Foundation) ist eine 1951 gegründete Schweizer Non-Profit-Organisation. Sie widmet sich der Unterstützung von Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Seltenen und Kritischen Elemente, mit einem Fokus auf deren gewerbliche Anwendung. Um dieses Ziel zu erreichen, sponsert und organisiert die Stiftung Konferenzen und Workshops, veröffentlicht Studien und Umfragen, koordiniert Projekte auf dem Gebiet der Seltenen und Kritischen Elemente und gewährt Stipendien und Bildungszuschüsse in Bereichen, die für den Zweck der Stiftung relevant sind. Der ESM ist eine allgemeinnützige Stiftung nach Schweizer Recht und unterliegt der Aufsicht des Eidgenössischen Departements des Inneren. Die Stiftung operiert in einem nationalen und internationalen Netzwerk von Experten, Partnerinstituten und Organisationen.

Akademie a+
www.akademien-schweiz.ch

Die Akademien der Wissenschaften Schweiz (a+) sind ein Verbund der vier schweizerischen Akademien der Wissenschaften: der Akademie der Naturwissenschaften (SCNAT), der Schweizerischen Akademie der Geistes- und Sozialwissenschaften (SAGW), der Schweizerischen Akademie der Medizinischen Wissenschaften (SAMW) und der Schweizerischen Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW). Sie umfassen weiter das Kompetenzzentrum für Technologiefolge-Abschätzungen (TA-SWISS), Science et Cité und weitere wissenschaftliche Netzwerke. In ihrer Gesamtheit verkörpern sie damit das heutige Umfeld für eine nachhaltige technisch-naturwissenschaftliche Betrachtung von Ressourcen auch in gesellschaftlicher und geisteswissenschaftlicher Betrachtung
Die Akademien der Schweiz setzen sich gezielt für einen engagierten Dialog zwischen Wissenschaft und Gesellschaft ein und beraten Politik und Gesellschaft in wissenschaftsbasierten, gesellschaftsrelevanten Fragen. Sie vertreten die Wissenschaften institutionen- und fachübergreifend. In der wissenschaftlichen Gemeinschaft verankert haben sie Zugang zu Expertise und Exzellenz und bringen Fachwissen in zentrale politische Fragestellungen ein.

5.2 Behörden, Organisationen

Bafu

Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) hat den Auftrag, die nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen wie Boden, Wasser, Luft, Ruhe und Wald sicherzustellen. Es ist verantwortlich für den Schutz vor Naturgefahren, bewahrt die Umwelt und die Gesundheit der Menschen vor übermässigen Belastungen, sorgt für die Erhaltung der Biodiversität und der Landschaftsqualität und ist zuständig für die internationale Umweltpolitik.
Es verfolgt entsprechend den politischen Vorgaben insbesondere folgende Ziele:

- langfristige Erhaltung und nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen (Boden, Wasser, Wald, Luft, Klima, biologische und landschaftliche Vielfalt) und Behebung bestehender Beeinträchtigungen;
- Schutz des Menschen vor übermässiger Belastung insbesondere durch Lärm, schädliche Organismen und Stoffe, nichtionisierende Strahlung, Abfälle, Altlasten und Störfälle);
- Schutz des Menschen und erheblicher Sachwerte vor hydrologischen und geologischen Gefahren, namentlich vor Gefahren durch Hochwasser, Erdbeben, Lawinen, Rutschungen, Erosionen und Steinschlag.

swisstopo/Landesgeologie

Die Landesgeologie bei swisstopo ist das Kompetenzzentrum des Bundes für die Erhebung, Analyse, Lagerung und Bereitstellung geologischer Daten. Sie erstellt die Entscheidungsgrundlagen für die Gestaltung unseres Lebensraums und fördert das Verständnis für unsere Landschaft.

Als erdwissenschaftliche Fachstelle des Bundes befasst sich der Bereich Landesgeologie mit der Organisation der geolo-

gischen Landesuntersuchung (Geologie, Geotechnik, Geophysik), der Beschaffung der dafür notwendigen Daten sowie deren Kompilation und Umsetzung in geologische Modelle und Karten. Sie ist auch mit der Herausgabe von Berichten, Empfehlungen und Richtlinien auf dem Gebiet der angewandten Geologie (Ingenieurgeologie, Umweltgeologie) beauftragt.

Die Landesgeologie koordiniert die Schweizer Geologie-Szene mit Kantonen, Behörden und Hochschulen. Sie betreibt das Felslabor Mont Terri und beteiligt sich an der Forschung zur Charakterisierung von Opalinus-Ton als Wirtsgestein für die Lagerung von radioaktiven Abfällen.

Die Landesgeologie pflegt die Zusammenarbeit mit verschiedenen Fachverbänden und Organisationen; z.B. mit der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz SCNAT, der Fachgruppe Georessourcen Schweiz, der Schweizerische Geophysikalische Kommission SGPK, der Eidgenössischen Geologischen Fachkommission EGK und Privaten (CHGEOL, GEOTHERMIE.CH etc).

Fachgruppe Georessourcen Schweiz, FGS
www.georessourcen.ethz.ch

Die im Juni 2018 neu formierte Fachgruppe Georessourcen Schweiz am Departement Erdwissenschaften der ETH Zürich betreibt angewandte Forschung in enger Zusammenarbeit mit der Landesgeologie (Bundesamt für Landestopografie swisstopo) sowie verschiedenen Industriepartnern. Sie ist nach der Auflösung der Schweizerischen Geotechnischen Kommission (SGTK) aus deren Geschäftsstelle an der ETH Zürich hervorgegangen.

Die Fachgruppe führt Studien und Forschungsprojekte zur rohstoff-geologischen Landesuntersuchung durch und erarbeitet dabei Grundlagedaten zur Geologie der Schweiz und zur Nutzung der Georessourcen, sowie des Schweizer Untergrunds im Allgemeinen. Hauptschwerpunkte sind dabei die heutzutage bedeutendsten mineralischen Rohstoffe in der Schweiz (Kies, Sand, Ton, Kalk, Salz, Gips und Naturstein), bei Bedarf aber auch Energierohstoffe aus dem Untergrund (Geothermie und Kohlenwasserstoffe) sowie Sekundärrohstoffe und mit der Rohstoff- und Untergrundnutzung verbundene umweltgeologische Fragen

FSSR – Fachstelle Sekundärrohstoffe
Die neue Fachstelle dient Industrie, Forschung und Behörden als gemeinsame Informationsplattform.
Organisiert Forschungs- und Entwicklungsaufträge.
Ziele:
- schonender Umgang mit Rohstoffen
- Wiederverwendung von Nebenprodukten von industriellen Verfahren wie Schlämme, Gläser, Aschen etc.
- konsequenteres Schliessen von Material-Kreisläufen
- Vermeiden unerwünschter Abfallprodukte

WERZ – Institut für Wissen, Energie und Rohstoffe Zug

WERZ ist das Kompetenzzentrum für Energie und Ressourceneffizienz in Unternehmen. Das Institut agiert als Bindeglied zwischen der angewandten Forschung und Entwicklung der Hochschule und der Wirtschaft.
WERZ fördert durch Wissenstransfer in Bildung, Projekten und in Netzwerken die Nachhaltigkeit von Unternehmen.

ZAR – Zentrum für nachhaltige Abfall- und Ressourcennutzung
Ziel: Nachhaltige Rohstoffpolitik bedingt möglichst geschlossene Stoffkreisläufe. Das bedeutet:
• Maximierung der Materialrückgewinnungsrate für metallische und mineralische Rohstoffe.
• Emissionsfreie Ablagerung verbleibender Reststoffe in separaten Deponie-Kompartimenten zur allfälligen späteren Nutzung.
• Beitrag zur Emissionsminimierung und Klimanutzen über den Kreislaufansatz.
• Einbezug weiterer Stoffflüsse in den thermischen Verwertungsprozess.

Pusch?
nformieren und ausbilden für die Umwelt
Ob in Schulen, an Kursen und Tagungen oder in Form von Publikationen und Kampagnen: Pusch informiert und unterstützt bei der Lösung von Umweltaufgaben.

I

6. Schlussbemerkungen, Ausblick

Der vorliegende Bericht ist thematisch auf die Minerale und Elemete Asbest, Arsen, natürliche Radioaktivität und (Quarz)Feinstäube konzentriert. Weitere Elemente oder Mineralien lassen sich in Analoge ableiten.

Es zeigt sich bei den beschriebenen Mineralgruppen und bei den Elementen, dass eine bessere und detailliertere Daten- und Kartengrundlage von grösster Wichtigkeit ist. Daher sollten den Kapiteln 3.1 bis 3.5, wo die Verbesserung der existierenden Grundlagen angesprochen wird und wo Verbesserungen mit vertretbaren Aufwand vorgeschlagen werden, grösste Priorität geschenkt werden. Die Basisdaten sollten hinsichtlich der kartografischen Gesteinsgrundlagen flexibel erweiterbar sein. Das bedeutet zwar anfänglich einen Mehraufwand – insbesondere bei Informationssystemen und bezüglich dem optimalem Einsatz vorhandener Lösungen (z.B.KOGIS, map.geo.admin.ch). Der Mehrwert aus dieser vertieften Abklärung und die Attributierung mit diversen auf die Gesteine bezogenen umweltrelevanten Elementen und Mineralen wird in zahlreichen Anwendungen nutzbar sein. Verschiedene Stakeholder sind daran interessiert und ergo könnten diese neuen Grundlagendaten auch über verschiedene Mitbeteiligungen/Mitfinanzierungen angegangen werden.

In den drei umwelt- und gesellschaftskritischen Kapiteln Asbest, Arsen und natürliche Radioaktivität sind neben dem Bafu und der Steine und Erdenindustrie insbesondere auch Organisationen betreffend Gesundheit (z.B. BAG) und Organisationen im Bereich Betriebs- und Arbeitssicherheit angesprochen (z.B. SUVA). Hier gilt es, mit koordiniertem Vorgehen Lösungen zu finden udiese unter Beteiligung mehrerer Partner zu finanzieren.

Auf der wissenschaftlich-industriellen Seite wurde mehrfach erkannt, dass mittels Zusammenarbeit von koordinierenden und teilweise ausführenden Netzwerkorganisationen (z.B. NEROS) und Bundesorganisationen (z.B. swisstopo, Bafu) unter Mitwirkung bestehender Forschungsstellen (z.B. FGS) mit deren Infrastruktur und Archiven eine zeitnahes Vorgehen mit optimalen Produkten (Berichte, Karten, Daten, Dienste) realisiert werden kann.

Immer wieder kamen bei der Bearbeitung des Berichtes «schlummernde» Daten, Karten, Materialien, Datenbanken zutage, die heute nur nochg wenigen (älter werdenden) Spezialisten bekannt sind. Ziel des Projektes sollte es auch sein die verschiedenen Fach- und Interessengruppen in den relevanten Themenbereichen zu integrieren und deren kummuliertes Fachwissen für weitere Projektschritte nutzbar zu machen. Nicht von ungefähr kommt die häufige Erwähnung von Begleitgruppen, egal ob sie in ihrer personellen Zusammensetzung mehr industriedominiert, mehr verwaltungsorientiert oder mehr wissenschaftlich ausgerichtet sind. Gerade diese Koordination, die indirekte Wissensvermittlung und den Transfer zu diesen speziellen Fachkreisen ist eine der primären Zielsetzungen der Netzwerkorganisation NEROS.

Literaturauswahl, Referenzen,

Bärtschi, C. (2012). Kieselkalke der Schweiz: Charakterisierung eines Rohstoffs aus geologischer, petrographischer, wirtschaftlicher und umweltrelevanter Sicht. Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, Lieferung 97, 193 S.

Burkhard, L. 2011: Radionuklid-Konzentrationen in Grund-und Oberflächenwässern zwischen Finstersee und Menzingen unter besonderer Berücksichtigung der historischen Bergbautätigkeit d. Bergwerks Steinerfluh. - Bachelorarbeit ETHZ, Departement Erdwissenschaften ETH Zürich

Coray, L. S.; 2018: Asbest in der Schweiz. Petrographische Betrachtung. Verwendung und Gesundheit.- Masterarbeit, ETH Zürich, Departeent Erdwissenschaften, April 2018

Gilliéron, F. (1988). Zur Geologie der Uranmineralisation in den Schweizer Alpen. Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, Lieferung 77, 60 S. Mit Karte 1:500'000 der Radioaktivitätsmessungen, radiometrischen Anomalien und Uranvorkommen in den Schweizer Alpen (F. Gilliéron & T. P. Labhart).

Kündig, R., Mumenthaler, T., Eckardt, P., Keusen, H. R., Schindler, C., Hofmann, F., Vogler, F. & Guntli, P. (1997). Die mineralischen Rohstoffe der Schweiz. Schweizerische Geotechnische Kommission. 552 S.

Meisser, N. (2012). La minéralogie de l'uranium dans le massif des Aiguilles Rouges (Alpes occidentales). Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, Lieferung 96, 183 S.

Niggli, P., De Quervain, F. & Winterhalter, R. U. (1930) Chemismus schweizerischer Gesteine. Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, Lieferung 14, 389 S

Pfeifer, H.-R, Hassouna, M., Plata, N. 2010; Arsenic in the different environmental compartments of Switzerland: an updated inventory Eikmann und Klocke, 1993:

Rösli U., 1990: Vereinfachte Geotechnische Karte der Schweiz. Erfassung auf ARC-INFO. GEOSTAT, Bundesamt für Statistik (Hrsg.), Bern.

SGTK, 1963-67: Geotechnische Karte der Schweiz, 1:200'000. 4 Blätter mit Erläute-
rungen (2. Auflage). Herausgeber: Schweizerische Geotechnische Kommission (SGTK), Zürich.

Steinmann, Ph. 2018: Vorlesungsunterlagen zum Kurs Angewandte Mineralogie, ETHZ: «Natürliche Radioaktivität», unveröffentlicht

Studer, A. (2008): Trace Elements in Miocene Subbituminous Coals from the Swiss Molasse Basin with Special Attention to Uranium and its Mode of Occurrence. - Msc Thesis, Department of Earth Sciences ETHZ. Supervisor: Dr. Rainer Kündig Dr. Franz Schenker Dr. Heinz Surbeck- Swiss Federal Institute of Technology (ETH) Zurich

Tuchschmid, M.P., 1995: Quantifizierung und Regionalisierung von Schwermetallgehalten und Fluorgehalten bodenbildender Gesteine der Schweiz. - Umweltmaterialien Nr. 32, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL).

Anhang: Grenzwerte, Verordnungen

Zusatz/Anhang: Arsen Grenzwerte (Verordnungen Reglemente)

Verordnungen, Reglemente

- VVEA: Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung) vom 4. Dezember 2015, Stand 1. Januar 2019
- VBBO: Verordnung über Belastungen des Bodens vom 1. Juli 1998, Stand 12. April 2016
- ChemRRV: Verordnung zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit bestimmten, besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen
- TBDV: Verordnung des EDI über Trinkwasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen vom 16. Dezember 2016
- STSV: Strahlenschutzverordnung vom 26. April 2017,

Grenzwerte (Arsen)

- Trinkwasser (TBDV): 10µg/l (10 ppb)
- Boden(VBBO): keine Angaben für As in VBBO
  Das schweizerische Zentrum für angewandte Humantoxikologie (SCAHT) geht davon aus, dass eine gesundheitliche Gefährdung für spielende Kleinkinder ab einem Gehalt von 50 mg/kg Boden wahrscheinlich ist.
  Die Gefährdungsabschätzung mit Hilfe des Expertensystems des Bafu sieht für Kinder, welche sich auf Böden mit Arsengehalten aufhalten, ebenfalls eine Gefährdung ab 50 mg/kg, eine grosse gesundheitliche Gefährdung ab 80 mg/kg. Andere Länder gehen von 50 mg/kg Boden aus
  Eine endgültige Aussage des Bundes ist ausstehend

- Kantonale Vorgaben
  Einzelne Kantone (Bsp. BL) orientieren sich an der deutschen Bodenschutzverordnung (BBodSchV) und internationaler Fachliteratur (Eikmann und Klocke, 1993) und setzen die Prüf und Massnahmewerte bei 50 mg/kg an.
- Gesteine (VVEA)
  unverschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial): 15 mg/Kg Trockensubstanz (15 ppm)

Grenzwerte VVEA

a) unverschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial 99% (mg/kg Trockensubstanz)
b) unverschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial 95% (mg/kg Trockensubstanz)

	a	b
Sb	3	15
As	15	15
Pb	50	250
Cd	1	5
Cr	50	250
Cu	40	250
Ni	50	250
Hg	0.5	1
Zn	150	500

Grenzwerte ChemRRV

(Anhang 2.6, Dünger)

As	?
Pb	120
Cd	1
Cu	100
Ni	30
Hg	1
Zn	400

Grenzwerte VBBo

a) Totalgehalt
mg/kg TS für Böden bis 15% Humus
mg/dm^3 TS für Böden über 15% Humus
b) löslicher Gehalt

	a	b
Cr	50	-
Ni	50	0.2
Cu	40	0.7
Zn	150	0.5
Mo	5	-
Cd	0.8	0.02
Hg	0.5	-
Pb	50	-
F	700	20