

Bei der Darstellung der Scores der Hauptkomponentenanalyse an den Probenahmeorten in Kombination mit einem digitalen Geländehöhenmodell mittels Geographischem Informationssystem kann das Kartenbild im Hinblick auf regionale Verteilungen ausgewertet werden. So zeigen z.B. die Scores der 2. Hauptkomponente eine Gliederung in einen nördlichen, zentralen und südlichen Bereich (Abb. 177) mit dem Auftreten von negativen Scores (geringere Gehalte an Mg) im zentralen Bereich; im Gegensatz dazu stehen die Bereiche mit positiven Werten nördlich und südlich davon. Der Unterschied zwischen den zentralen, höher gelegenen Bereichen in der Kartendarstellung zu den nördlichen (stärkere Verwitterung) und südlichen (stärkere Transportprozesse) Bereichen kann mit unterschiedlichen Gehalten an Biotit und/oder Feldspäten

in den Bachsedimenten, die durch unterschiedliche Verwitterungs-, Transport- und Sedimentationsprozesse in diesen Gebieten verursacht werden, in Zusammenhang gesetzt werden.

Zusammenfassend wurde mit der Auswertung der Bachsedimente im Gebiet des Weinsberger Granits gezeigt, dass mit Hilfe der statistischen Methoden für Kompositionsdaten an Hand der Verhältnisse der Haupt- und Spurenelemente Hinweise für die Genese der Bachsedimente im Hinblick auf An- und Abreicherungsprozesse erkennbar werden. Assoziierte und voneinander unabhängige Elementpaare können in der Variationsmatrix identifiziert werden, die Ergebnisse der multivariaten Auswertungen können im Biplot und im Kartenbild dargestellt und interpretiert werden.

7.3 Erarbeitung von Stoffflussmodellen mit Hilfe geochemischer Daten unterschiedlicher Medien

(HERBERT PIRKL & PIOTR LIPIARSKI)

Geochemische Daten werden in der Regel von Einzelprobenahmen abgeleitet. Wenn man von Mehrfachbeprobungen im Zuge hydrogeologisch-hydrochemischer Untersuchungen absieht, sind kaum systematisch Wiederholungsbeprobungen oder -analysen vorhanden, mit Hilfe derer auf Prozesse oder Veränderungen im Naturraum geschlossen werden könnte. Geochemische Daten besitzen somit eher eine „statische“ Aussagequalität und werden deshalb überwiegend zu Ist-Zustandsbeschreibungen oder zur Ab-

leitung geogener Grundgehalte herangezogen. Aber schon eine sachliche und räumliche Kombination geochemischer Analysen verschiedener Medien – auch unter der Randbedingung, dass nur Einzelbeprobungen vorliegen – ermöglicht doch prinzipielle Aussagen zu Stoffflüssen und Prozessen im Naturraum (Abb. 178). In den letzten Jahren wurden aus geowissenschaftlicher Sicht Studien ausgeführt, die geochemische Methoden auch zur gezielten Stoffflussanalyse einsetzen.

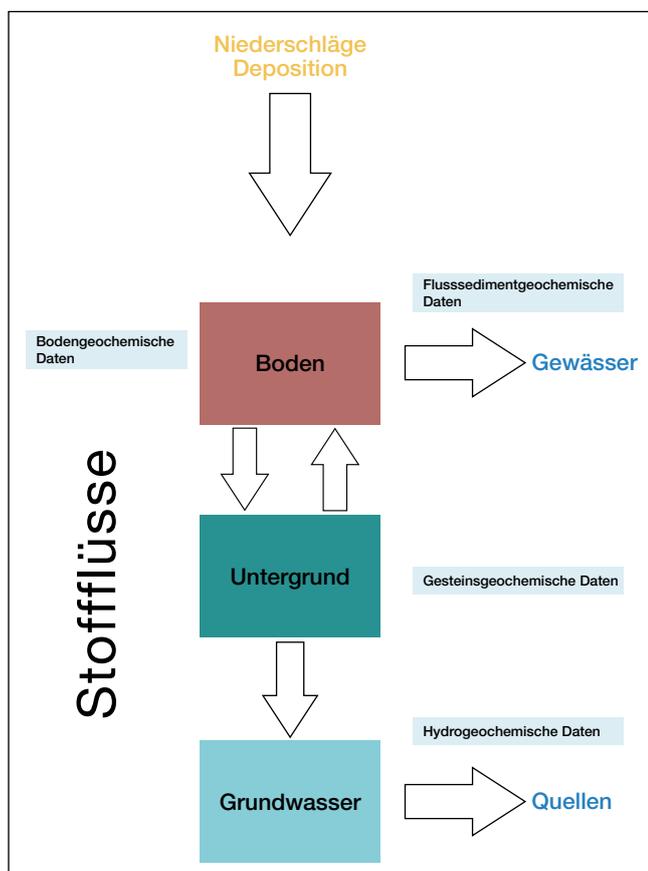


Abb. 178. Zusammenhang zwischen den Hauptstoffflüssen im Geosystem und den Probenmedien als Indikatoren.

In den Jahren 1980 bis 1990 dominierte die „Forschungsinitiative gegen das Waldsterben“ einen größeren Teil der naturwissenschaftlichen Forschung in Österreich. Inhaltlich und methodisch baute dieses Programm auf den umfangreichen Erfahrungen ökosystemarer Forschung in Deutschland auf (z.B. „Sollingprojekt“; ELLENBERG et al., 1986). Einen inhaltlichen Schwerpunkt bildeten darin Stoffflussanalysen in Waldökosystemen auf ausgewählten Depositionsmessflächen. Diese Messflächen waren mit komplexen Messsystemen zur Erfassung des atmosphärischen Niederschlags (Deposition), des Wasserhaushalts innerhalb Vegetation und Boden sowie der entsprechenden qualitativen und quantitativen Stoffflüsse ausgestattet (GLATZEL et al., 1987, 1988). Bei aller Komplexheit reichte das Messdesign in den meisten Fällen jedoch nur bis zur Erfassung des Bodenwassers. Der weitere Austrag von beispielsweise Stickstoffformen oder Schwermetallen in Richtung Untergrund/Grundwasser oder Oberflächengewässer wurde weder qualitativ, noch quantitativ untersucht. Im Rahmen eines Forschungsprojekts „Vorsorgende Bodenschutzplanung Günser Gebirge“ wurde in den 1990er Jahren versucht, diese Lücke etwas zu schließen. Neben der Einrichtung komplex ausgestatteter Depositionsmessflächen wurden in diesem Projekt auch an zahlreichen Messstellen an Quellen, Kleingerinnen und Bächen versucht, den eventuellen Austrag in Grund- und Oberflächenwässern zu erfassen (BLUM et al., 1994; PIRKL, 1995). Da begrenzte Projektmittel leider keine systematische Durchführung hydrochemischer Analysen erlaubten, waren nur indirekte Aussagen zu Austrag in Grund- und Oberflächenwässern mit Hilfe der hydrophysikalischen Messparameter und der Abflussmessungen möglich. Die Ergebnisse solcher Messprogramme können jedoch (auch ohne

dem Vorliegen hydrochemischer Analysen) zur Beschreibung von Zwischenabflussprozessen als Teil der Hochwasserentstehung herangezogen werden.

Ein weiterer Versuch zur Überbrückung obiger Forschungslücke wurde im Rahmen von Wasserhöffigkeitsprojekten gestartet. Das Untersuchungsgebiet betraf

dabei die Kalkalpen im Bereich des Mittellaufes der Ybbs (in Niederösterreich) bis zur Enns (in Oberösterreich). Neben hydrogeologisch-hydrochemischen Kartierungen wurden Mehrfachbeprobungen an ausgewählten Quellen sowie gesteins- und bodengeochemische Untersuchungen ausgeführt (HEINRICH et al., 1995; PFLEIDERER et al., 1999).

Abb. 179. Qualitatives Stoffflussschema in einem Abschnitt der Nördlichen Kalkalpen, abgeleitet aus der Interpretation gesteins-, boden- und hydrochemischer Analysen.

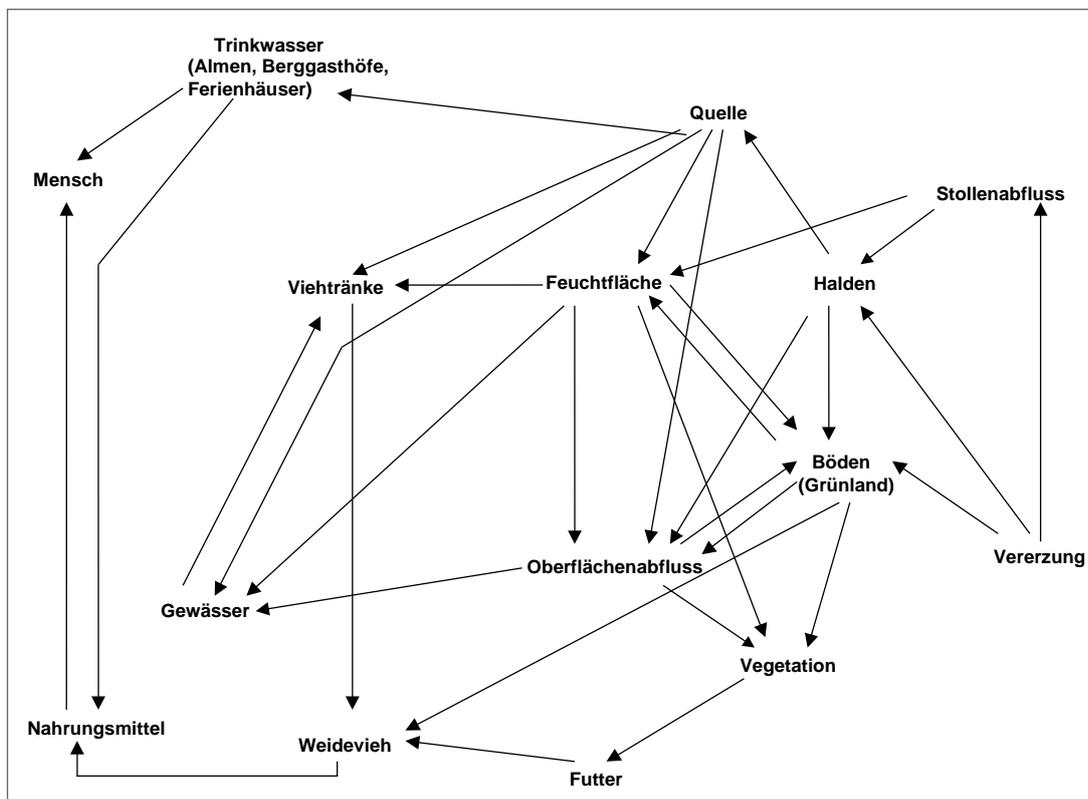
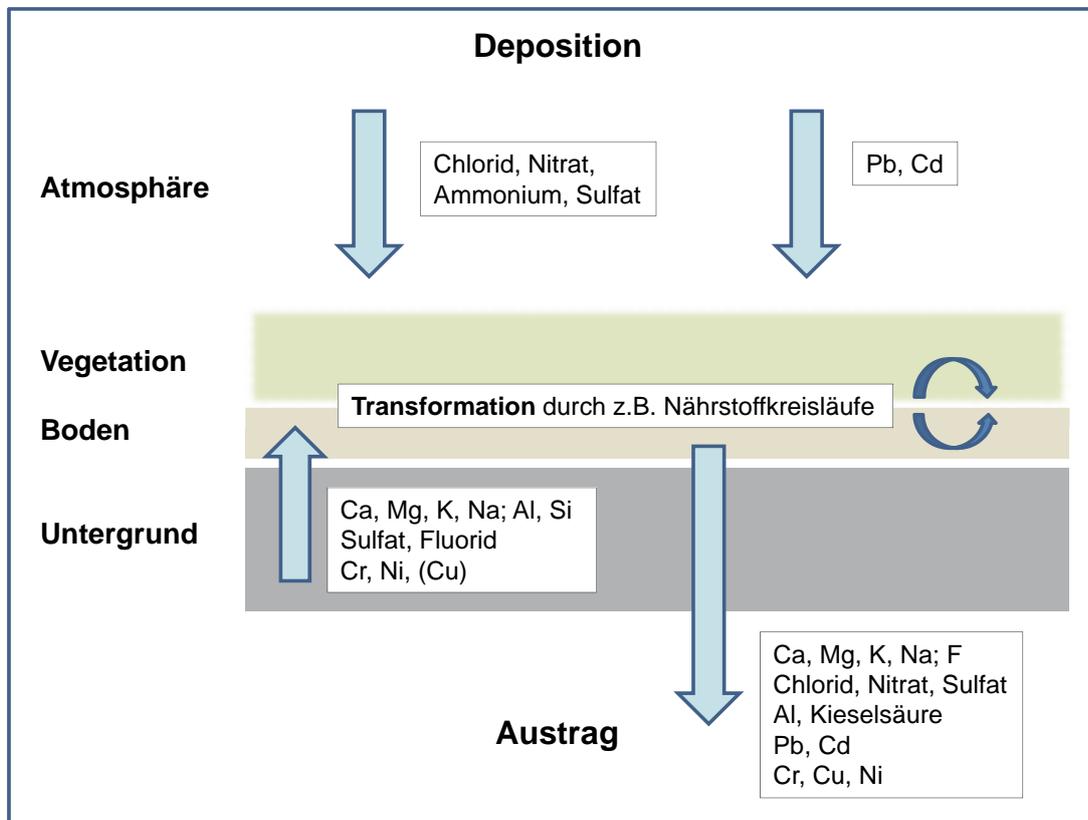


Abb. 180. Altbergbau Brunnalm (Kitzbüheler Alpen); prinzipielles Stoffflussschema für Schwermetalle.

Bodenproben, die teilweise im Jahresabstand zwei- bis dreimal vom selben Standort gewonnen wurden, wurden auch einer fraktionierten Analytik unterzogen (Kornfraktion < 2 mm; Gesamtgehalte/RFA sowie Analytik an Auszügen in Königswasser, EDTA und BaCl₂). Durch Einbeziehung mehrerer Faktoren wie Kleinzugsgebiete, ökologische Standortcharakteristik, Zusammenhänge Böden ↔ Untergrund und von Zeitreihen in die Interpretation aller Analysendaten konnte ein qualitatives Modell der Hauptstoffflüsse abgeleitet werden (Abb. 179).

Dieses Stoffflussschema bestätigt einerseits die Ergebnisse von Monitoringprogrammen, wie z.B. der Waldboden-Zustandsinventur (FORSTLICHE BUNDESVERSUCHSANSTALT WIEN, 1992a, b), ergänzt aber auch den fehlenden Systemteil – nämlich die Charakterisierung des Austrages in Untergrund, Grundwässer und Oberflächengewässer. Da im obigen Projekt Mehrfachbeobachtungen an Quellen vorliegen, ist es darüber hinaus möglich, für einzelne Parameter auch Austragsfrachten aus Teileinzugsgebieten mit Hilfe dieser Daten anzuschätzen! Der Austrag einzelner Parameter (z.B. Schwermetalle) ist dabei stark vom Standortfaktor Untergrundlithologie abhängig.

Ein neuer Ansatz zur Bearbeitung von Stofffluss-Situationen ergab sich aus der Charakterisierung und Bewertung von Bergbaufolgelandschaften. Im Rahmen des Forschungsschwerpunkts „Kulturlandschaft“ wurden dabei mehrere Altbergbauareale in den Kitzbüheler Alpen umfassend mit einem interdisziplinären Forschungsteam untersucht (NEINAVAIÉ et al., 2001). Mit Hilfe einer komplexen Probenahme und Analytik (Gesteine, Haldenmaterial, Böden, Wässer) wurden die verschiedenen Quellen und Transferpfade von Schwermetallen im Detail erfasst und charakterisiert. Ein Arbeitsschwerpunkt lag dabei auf dem ehemaligen Bergbaugbiet Brunnalm südlich Kirchberg in Tirol. Das Bergbauareal wird aktuell als Almweide genutzt, wobei alle Haldenkörper für das Weidevieh frei zugänglich sind. Die komplexe Situation im Umfeld des Bergbaus Brunnalm wurde in einem Schema zusammengefasst (Abb. 180), das gleichzeitig die Basis für die Beprobungsplanung darstellte. Aus einer Reihe verfallener Stollenmundlöcher treten Bergwässer aus, die sowohl für die Viehtränke als auch als Trinkwasser genutzt werden. Darüber hinaus ist das Gebiet ein beliebtes Sommer-Ausflugsgbiet. Die intensive landwirtschaftliche Nutzung machte es notwendig, auch Transferpfade in Richtung Lebensmittel (Grünfutter, Milch, Käse) auf ihren Schwermetallgehalt zu prüfen (SCHAFER et al., 2001).

Die geochemisch-mineralogischen Detailuntersuchungen für das Gebiet des ehemaligen Bergbaus Brunnalm erbrachten mehrere wichtige Aussagen (Tab. 19):

- Das Schwermetallangebot umfasst hauptsächlich die Elemente Silber, Arsen, Kupfer, Quecksilber, Nickel, Antimon und Zink.
- Die Elemente Arsen und Kupfer werden im Verwitterungskreislauf weitgehend fixiert.
- Die Elemente Quecksilber, Nickel, Antimon und Zink gehen in Lösung und finden sich im Austrag.
- Als stark belastet wurden Böden und Quellwässer angetroffen.
- Lokale landwirtschaftliche Produkte wie Milch und Käse sind nicht belastet (Fleisch oder Pilze wurden nicht untersucht).
- Durch (ungeregelten) Abbau von Haldenmaterial für den Wegebau wird der Einflussbereich des Altbergbaus flächenmäßig unnötig erweitert.

Die EU-Bergbauabfallrichtlinie (2006/21/EG) sieht eine Halden-Bestandsaufnahme und Bewertung potenzieller gesundheitlicher Risiken vor, die von Halden in Altbergbauarealen ausgehen. In Vorbereitung einer nationalen Umsetzung dieser Richtlinie in Österreich hat die Geologische Bundesanstalt in zahlreichen ehemaligen Bergbaugbieten systematische Untersuchungen an Haldenmaterial, Haldenaustragswässern und Stollenwässern begonnen (SCHEDL et al., 2010c, 2011, 2012). Schon jetzt liegen größere Datensätze vor, die eine erste Abschätzung von Risiken und Gefährdungssituationen ermöglichen. Schon die Übersicht über die Konzentrationsverteilungen von Schwermetallen in manchen Umweltmedien zeigt deren enorme Spannweite und zum Teil extremen Gehalte. So finden sich zum Beispiel bei den Elementen Arsen, Blei und Zink in Böden auf Halden oder im Nahbereich von Mineralisationen Konzentrationen bis in den Prozentbereich (Abb. 181).

Vergleichbare Aussagen sind auch an Hand hydrochemischer Analysen aus ehemaligen Bergbaugbieten möglich. Auch hier liegt ein größerer Datensatz aus Untersuchungsprogrammen der Geologischen Bundesanstalt vor, der durch Daten aus Regionalprojekten des Bundeslandes Tirol, die zur Bewertung von Arsen- und/oder Antimonkonzentrationen in Trinkwässern dienen (WIMMER et al.,

Schwermetallquellen	Elemente	bei Verwitterung in Lösung	bei Verwitterung fixiert
Fahlerz	Sb, Cu, As, Hg, Ag, Zn		As-Anreicherung in (Fe-)Hydroxiden Cu-Bindung in Malachit und Azurit
		Sb, Hg, Zn	
Arsenopyrit			As
Gersdorffit	Ni, As	Ni	As
Cinnabarit	Hg	-	-

Tab. 19. Altbergbauareal Brunnalm; Quellen und möglicher Stofffluss von Metallen und Halbmetallen.

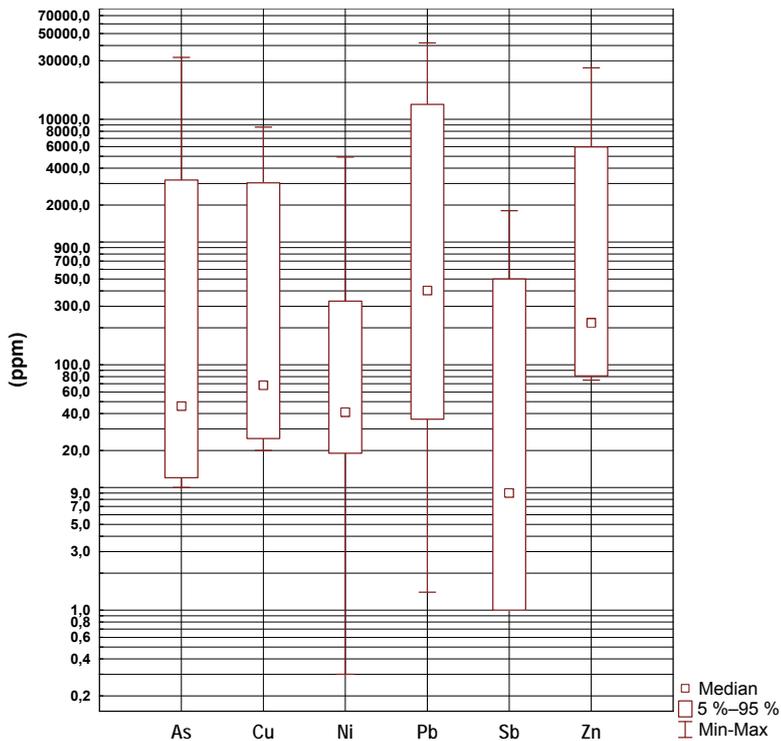


Abb. 181. Böden auf Bergbauhalden oder im Nahbereich von Vererzungen; Konzentrationsverteilungen von Metallen und Halbmetallen.

2001a, b), ergänzt wird. Auch andere Autoren verwiesen zum Beispiel auf lokal oder kleinregional sehr hohe Antimonkonzentrationen an Quellen im Gebiet Schwaz-Brixlegg hin (WOLKERSDORFER, 2008; WOLKERSDORFER & WACKWITZ, 2004).

In Abbildung 182 sind die Konzentrationen für Antimon an Quellen, Kleingerinnen und Stollenwässern im Bereich ehemaliger Bergbaue grafisch aufbereitet. Bei circa 40 % der Analysen liegen die Antimonkonzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze (< 0,1 µg/l). Demgegenüber liegt aber bei fast 40 % der analysierten Proben die Antimon-

konzentration über dem Trinkwassergrenzwert von 5 µg/l, davon etwa in 10 % der Daten bei > 500 µg/l!! Sowohl diese weite Verbreitung von Antimonausstrag, als auch die analysierten Extremwerte waren bis vor kurzer Zeit aus Österreich nicht bekannt.

Vergleichbares gilt auch für die Situation des Bleiausstrages über Quellen und Stollenwässer in Altbergbauarealen (Abb. 183). Bei der Datenauswertung für dieses Element fallen zwei Aspekte besonders auf:

- a. Auch bei Mineralisationen, in denen Bleiminerale nur untergeordnet vorkommen, können Bleiausträge in re-

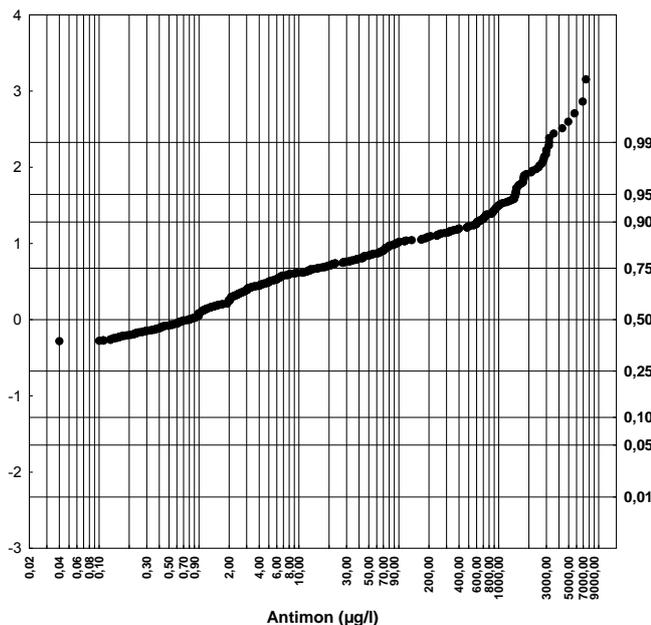


Abb. 182. Quell- und Stollenwässer im Bereich von Altbergbauen; Verteilung der Antimonkonzentrationen.

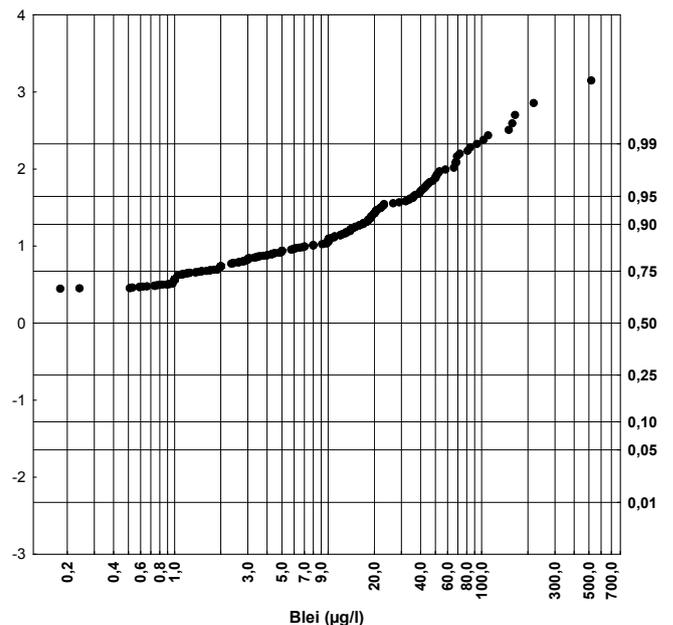


Abb. 183. Quell- und Stollenwässer im Bereich von Altbergbauen; Verteilung der Bleikonzentrationen.

Element	Hinweiskriterium Konzentration in Wasser	Altbergbauareale mit Austragsrisiko (aktueller Nachweis über hydrochemische Analysen an Stollenwässern, Quellen oder Kleingerinnen)
As	> bis >> 10 µg/l	Schlaining, Gasen, Nassfeld/Sportgastein, Siglitz, Brennthal, Grüntal/Wieseneegg, Falkenstein, Lienzer Schlossberg, Tessenberg.
Cd	> bis >> 5 µg/l	Schlaining, Rabenstein, Walchen, Kupferplatte, St. Christof, Brennthal, Fragant, Tessenberg, Sillian/Panzendorf, Bleiberg.
Ni	> bis >> 20 µg/l	Schlaining, Walchen, Untersulzbachtal, Kupferplatte, Brunnalm, Schattberg, Silberberg, Hüttenberg, Fragant, Tessenberg.
Pb	> bis >> 9 µg/l	Schlaining, Rabenstein, Walchen, Eschach-Duisitz, Rettenbach/Mittersill, Achsel-/Flecktrogal, Gamskogel/Habach, Rohr, Schweinest, St. Christof, Bleiberg.
Sb	> bis >> 5 µg/l	Schlaining, Gasen, Duisitz, Röhrerbühel, Gratspitz, Silberberg, Großkogel, Kleinkogel, Ringenwechsel, Falkenstein, Alte Zeche, Rotenstein/Serfaus, Nörsach.
Zn	> bis >> 55 µg/l	Schlaining, Walchen, Rabenstein, Großstübing, Rettenbach/Mittersill, Achsel-/Flecktrogal, Gamskogel/Habach, Grüntal/Wieseneegg, Kupferplatte, Brunnalm, Schweinest, Röhrerbühel, Siberberg, Alte Zeche, Zapfenschuh, Dirstentritt, Feigenstein, St. Christof, Bleiberg, Fragant, Tessenberg.

Tab. 20.
Schwermetall-Austragsrisiken in Wässern ausgewählter Altbergbaugebiete.

lativ hohen Konzentrationen (> 9 µg/l) beobachtet werden – z.B. in den Altbergbauarealen Tessenberg, Rettenbach/Mittersill, Brenntal, Kupferplatte u.a.

- b. Auch – und besonders – bei Blei-Zink-Mineralisationen in karbonatischem Umfeld ist Bleiaustrag in Quellen und Bächen in hohen Konzentrationen (bis zu >> 100 µg/l) verbreitet nachzuweisen, trotz der neutralen oder leicht basischen pH-Werte dieser Wässer (z.B. im Bereich der Villacher Alpe/Drauzug).

Gerade die räumliche Verteilung und die unterschiedlichen Quellen für die nachgewiesenen und potenziellen Austräge von Blei weisen darauf hin, dass hier noch ein entsprechender Forschungsbedarf besteht.

Wenn aus diesem Gesichtspunkt heraus der Gesamtdatensatz vorhandener hydrochemischer Analysen aus Altbergbauarealen hinsichtlich der Spurenelementkonzentrationen ausgewertet und diskutiert wird, ist festzustellen, dass in einer ganzen Reihe von ehemaligen Bergbauen Spurenelementausträge mit zum Teil sehr hohen Konzentrationen erwartet werden müssen. Auch diese Tatsache ist nach ihrer weiten räumlichen Verbreitung eine relativ neue Erkenntnis. In Tabelle 20 sind diese spezifischen Austragsrisiken nach Bergbauen aufgelistet. Die jeweiligen Hinweiskriterien lehnen sich dabei an die Trinkwasser- und/oder die Grundwasserschwelienwertverordnung an.

An Hand der Tabelle 20 sind auch weitere Erkenntnisse ableitbar, dass einerseits in manchen Bergbautypen sehr

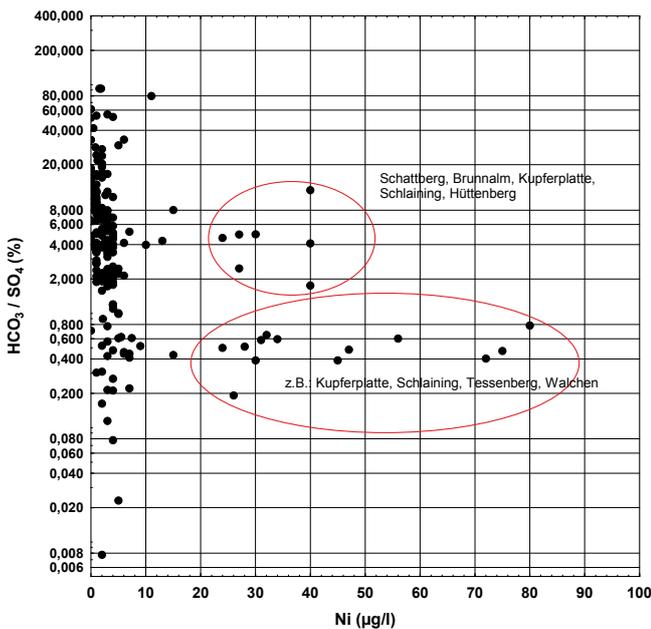


Abb. 184.
Hydrochemische Analysen aus Altbergbauarealen; Zusammenhang zwischen Nickelkonzentrationen und dem Verhältnis $\text{HCO}_3^- / \text{SO}_4^{2-}$ %.

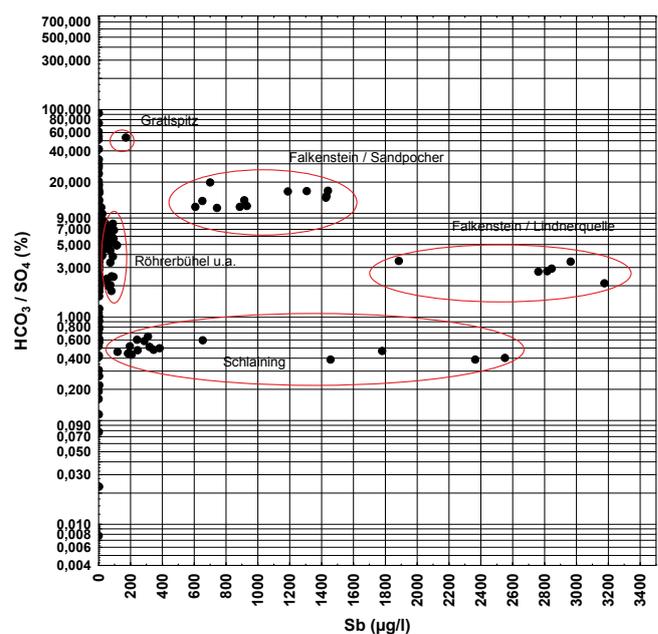


Abb. 185.
Hydrochemische Analysen aus Altbergbauarealen; Zusammenhang zwischen Antimonkonzentrationen und dem Verhältnis $\text{HCO}_3^- / \text{SO}_4^{2-}$ %.

komplexe Austragsituationen zu erwarten sind, und andererseits im selben Revier unterschiedliche Prozesse zum Austrag beitragen können.

Letztere Erkenntnis lässt sich sehr deutlich an den Zusammenhängen zwischen Spurenelementkonzentrationen auf der einen Seite und dem Verhältnis von HCO_3^- -Ionenäquivalent % zu SO_4^{2-} -Ionenäquivalent % auf der anderen Seite darstellen (Abb. 184, 185). In diesen Grafiken lassen sich ganz klare Datengruppen abgrenzen, die mit Bergbauarealen korreliert sind. Im Falle des Verhältnisses $\text{HCO}_3^- / \text{SO}_4^{2-} < 1$ bildet die Sulfidverwitterung die hauptsächliche Quelle des Metallaustrages. Bei Verhältnissen $\text{HCO}_3^- / \text{SO}_4^{2-} > 1$ dominiert HCO_3^- den Wassertyp; in diesem Fall führt der Lösungsweg wahrscheinlich über sekundäre Mineralbildungen. Wie die beiden Grafiken zeigen, können auch beide Austragsprozesse innerhalb eines Bergbauareals gleichzeitig angetroffen werden.

Diese neuen Erkenntnisse sollten sowohl fachliche, als auch verwaltungstechnische Konsequenzen haben. Wie der Datensatz des Bergbau-/Haldenkatasters an der Geo-

logischen Bundesanstalt belegt, ist Altbergbau in Österreich kein lokales, vernachlässigbares Phänomen, sondern flächenmäßig weit verbreitet. Bei den zahlreichen Begehungen ehemaliger Bergbaugebiete mussten eine Reihe offener Probleme festgestellt werden, die rasches Handeln erfordern:

Viele Stollenwässer oder Halden-Sickerwässer werden für Einzel- oder Gruppenwasserversorgungen genutzt. Und dies, ohne sich der Problematik (potenziell) hoher Metallkonzentrationen in diesen Wässern bewusst zu sein.

Altbergbau-Haldenflächen wurden/werden als Baugrund gewidmet und auch als solche genutzt. Spielflächen für Kinder oder private Gemüsegärten sind so auf Haldenflächen situiert, ohne sich der Problematik hoher Metallkonzentrationen in Böden bewusst zu sein.

Haldenmaterial wird für Sportflächen- und/oder Wegebau abgebaut und im weiteren Umfeld von ehemaligen Bergbauen ausgebracht, ohne das Material auf den Metallgehalt zu untersuchen. Damit werden potenzielle Risikoflächen unnötig vergrößert.

Bergbauareal	Spurenelement-Potenzial nach RFA-Analytik Haldenmaterial oder Böden (*)	Mobilisierbarkeit hoch nach EDTA-Auszug für: (keine Aussagen zu Sb)	Spurenelement-Austrag Wässer (Quellen, Brunnen, Bäche)	Spurenelement-Austrag Bachsedimente < 2 mm
Walchen	Ag, As, Cu, Hg, Pb, Sb, Zn	As, Cu, Pb, Zn	Cd, Cu, Pb, Zn	(As), Cu, Pb, Zn
Schlaining	As, (Hg), Sb	As, (Co, Cu, Ni)	As, Ni, Sb, (U), (Zn)	
Gasen	As, (Pb), Sb	As, (Cr), Cu, (Ni), Pb	As, Sb	
Rabenstein	Cd, Hg, Pb, Zn	(As), Cd, (Co, Ni), Pb, Zn	Cd, Pb, Zn	
Friesach/Gaisberg	(Cd), Pb, Zn		As, (Sb), (Zn)	
Hüttenberg	(As), Cr, Ni, (Zn)		Ni	
Röhrerbühel	As, Co, Cr, Cu, (Ni), Sb		Ba, Cu, Sb, (U)	
Tessenberg	As, Cu, Pb, Zn		(Cd), (Cu), Ni, Zn	
Seekar	(Ag), As, Cu, Hg, Sb		(Ni, Mo, U, Zn)	
Eschach-Duisitz	Ag, As, Cu, Hg, Pb, Sb, (V), (Zn)		Ni, Pb, (Sb), (V)	
Schwaz	Ag, As, (Cd), Cu, Hg, Sb, (Zn)		As, Cu, Sb, U, (Zn)	
Bleiberg	(As), Ba, Cd, Hg, Mo, Pb, Zn	(Ba), Cd, Pb, Zn	Cd, Mo, Pb, Zn; Fluorid	Weissenbach: Ba, Cd, Pb, Zn Nötschbach: Ag, As, Cu, Sb
Mitterberg	-		(Al), Ni, (U), (Zn)	
Siglit/Nassfeld	Ag, As, (Cu), Hg, Pb, (Zn)		As, (Ni), Pb, (U)	
St. Christof	Ag, Cd, (Cu), Hg, Pb, Sb, Zn		(Al), (Ni), (Co), Pb, Zn	
Nassereith			(Cu), Zn, Mo, U	
Dirstentritt	Ag, As, Cd, Mo, Pb, (Sb), Zn		(Mo), Pb, Zn, (U)	
Biberwier			(Mo), Pb, U	
Zillingdorf	As		(Co), (Ni), U	
Amstall			Al, (Ni), (U), V	
Tebrin	(Pb)		Ba, (Al, As, Cu, Ni, Pb)	
Magnesit Eichberg			U	
Nöckelberg	As, Co, Cu, Ni, (Pb), Sb, Zn		(As), (Cu), Ni	
Schwarzleo	As, Co, Cu, Hg, Ni, (Pb), Zn		(Cu), (Ni), Zn	

Tab. 21.

Aktueller Wissensstand über Elementangebote, Mobilisierbarkeit, Lösungsverhalten und Austragspotenzial an untersuchten Altbergbauarealen.

(*) schwarz: Analytik mittels Labor-RFA; blau: Analytik mittels Gelände-RFA; rot: Analytik aus Vorprojekten; Elemente in Klammer sind mit geringeren Konzentrationen indiziert.

Für zahlreiche problematische Situationen liegt noch kein ausreichendes Datenmaterial für eine Risiko-Abschätzung vor.

Tabelle 21 fasst den aktuellen Wissensstand über Angebot, Mobilisierbarkeit, Löslichkeitsverhalten und spezifischen Austragsituationen bei untersuchten Altbergbauarealen zusammen.

In einem weiteren Beispiel erlaubten regionale Stoffflussüberlegungen an Hand geochemischer Daten die Auswirkungen einer Industrieanlage auf Transferpfade in mehreren Umweltmedien nachzuweisen. Gleichzeitig war es auch möglich, Verteilungen geogener Grundgehalte von den technogen bedingten zu unterscheiden. Ausgangspunkt der entsprechenden Studien war das Problem hoher Chromkonzentrationen in einem ausgedehnten Grundwasserkörper im Krappfeld/Kärnten. Auf Grund mehrfacher Trinkwassergrenzwertüberschreitungen konnte eine Brunnenanlage für die regionale Wasserversorgung nicht in Produktion gehen. Ein umfangreiches Bodengeochemieprogramm sollte die Abklärung der Belastungsquelle unterstützen. Gleichzeitig wurde damit auch ein Teil der Bodenzustandsinventur des Bundeslandes Kärnten abgearbeitet und ein Methodenvergleich zwischen pedologischen und geochemischen Arbeitsweisen angestrebt. Um den tatsächlichen Nachweis der Chromquelle sowie des jeweiligen Transfers führen zu können, reichten die bodengeochemischen Untersuchungen alleine nicht aus. Probenahmen und Analytik wurden deshalb auch auf

Flusssedimente und Quellwässer ausgeweitet sowie eine mikrochemisch-mineralogische Phasenanalytik an Boden-, Flusssediment- und Staubproben durchgeführt. Mit dieser Methodenkombination (Abb. 186) gelang es, den entsprechenden Nachweis zu führen (PIRKL, 1993).

Abbildung 187 visualisiert die aus den Datenauswertungen und der Datenverknüpfung abgeleiteten Chrom-Emissionen und -Transferpfade in synoptischer Form:

- Die technogene Hauptquelle von Chrom stellt das Betriebsgelände des Sondermetall- und Metallrecycling-Betriebes in Treibach dar. Von dort erfolgt Austrag in den Hauptvorfluter Gurk und der weitere Transfer mit der fließenden Welle und dem Sediment der Gurk – mit Auswirkungen bis zur Einmündung in die Drau (dunkelblaue Pfeile).
- Staubemissionen von diesem Betriebsstandort aus erfolgen praktisch in alle Himmelsrichtungen (orange Pfeile). In der lokalen Hauptwindrichtung (etwa Nord-Süd) sind Flugstäube aus diesem Betriebsstandort bis zum Längsee nachzuweisen.
- Auf Grund der Kommunikation zwischen Oberflächengewässer (Gurk) und dem Grundwasserkörper in pleistozänen Terrassensedimenten östlich Mölbling erfolgt Chrom-Transfer hier auch in und mit dem Grundwasserstrom (hellblauer Pfeil). In diesem Grundwasserkörper liegt die Brunnenanlage mit dem Chrom-Problem.

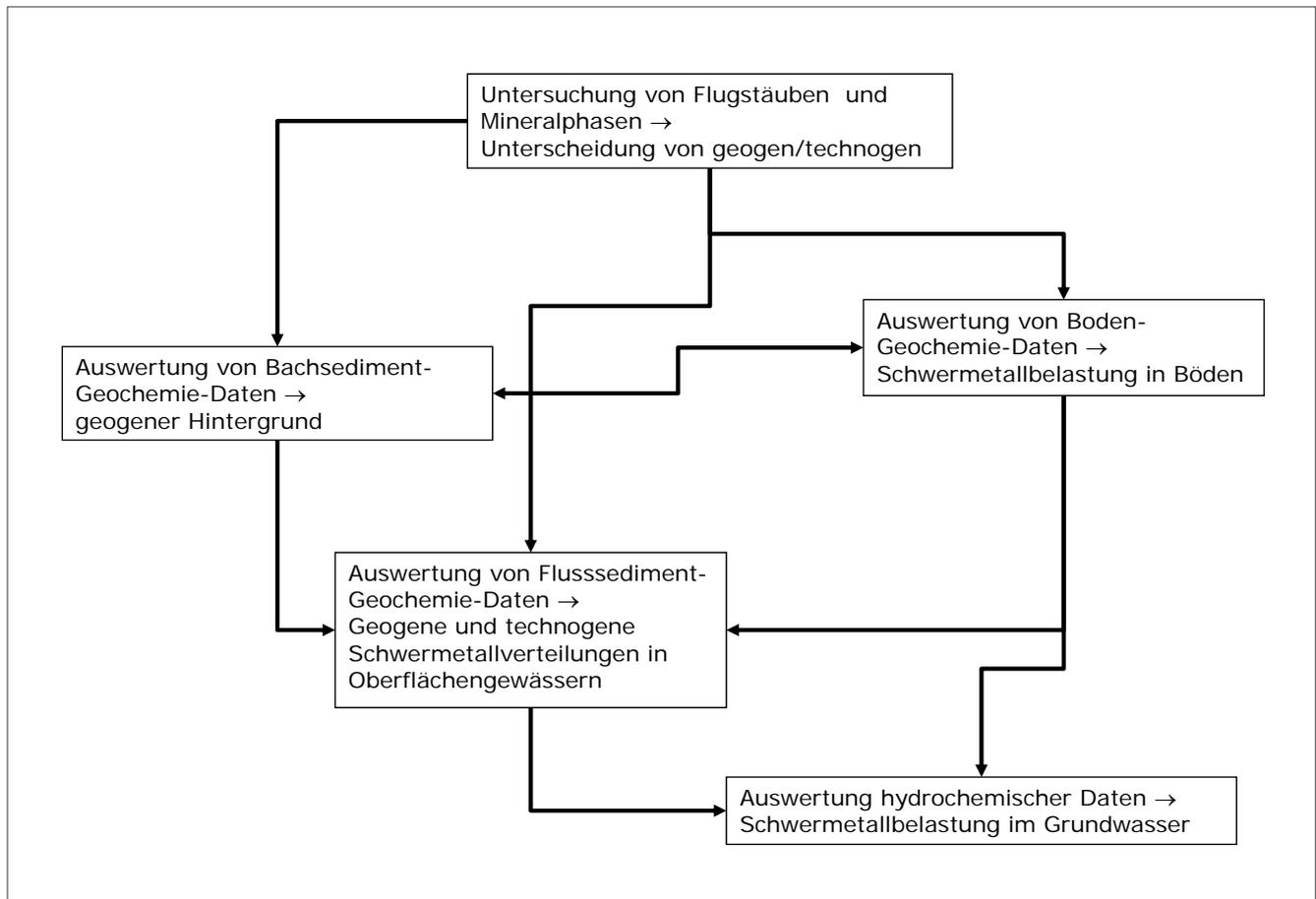


Abb. 186. Methodenkombination und -verknüpfung zur Abklärung von Belastungssituationen im Krappfeld/Kärnten.

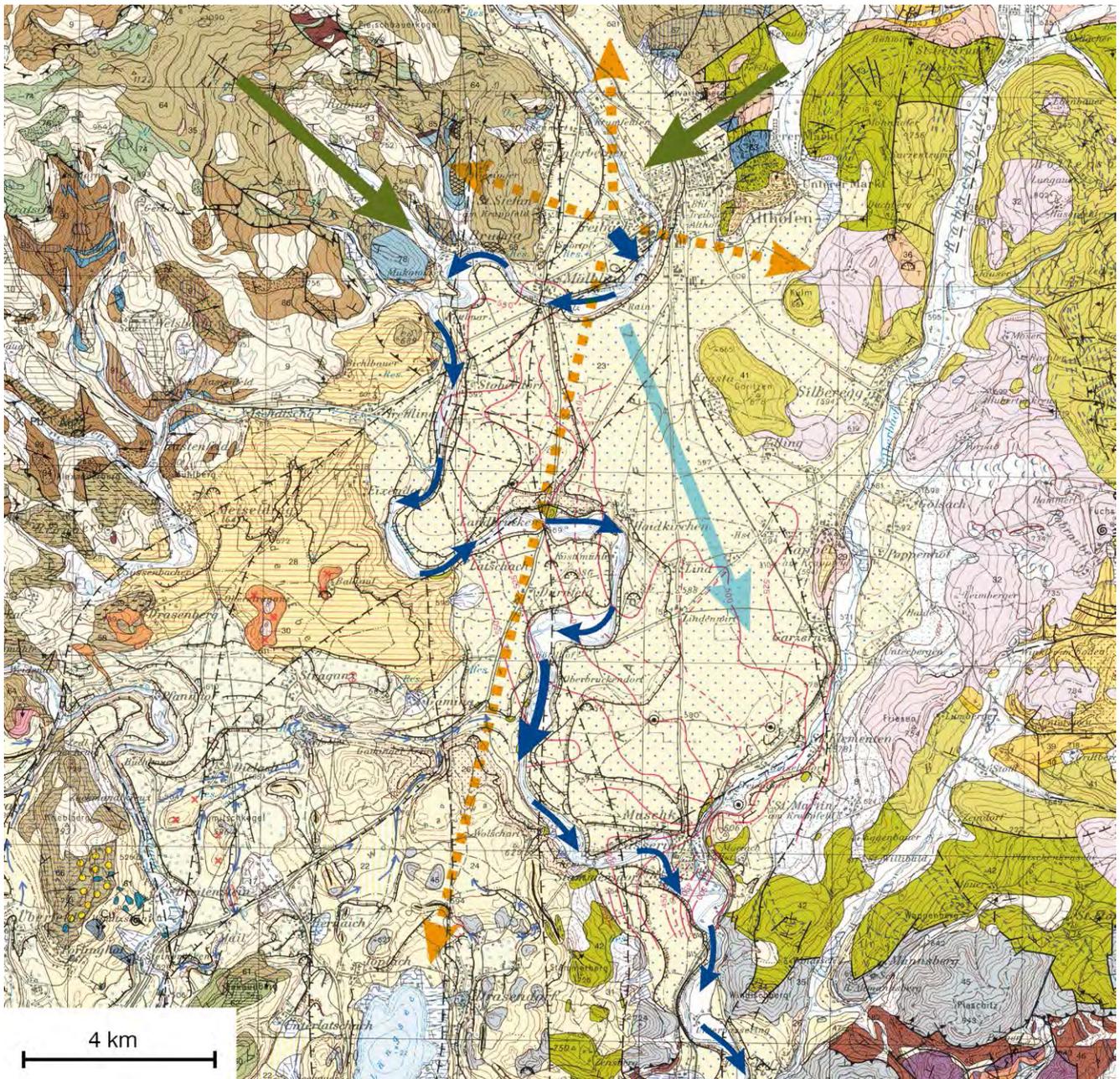


Abb. 187. Emissions- und Transferpfade von Chrom im Bereich Treibach-Althofen/Krappfeld (Basiskarte: GK50 Blatt 186 St. Veit an der Glan – THIEDIG et al., 1999).

- In den Hangbereichen westlich und nordöstlich Treibach-Althofen überlagern die Chrom-Immissionen aus dem Betriebsstandort Treibach auch gegen bedingte, höhere Chromkonzentrationen in den entsprechenden Böden. Aus diesen erfolgt über Erosionsabtrag und Hangwässer ebenfalls Chromtransfer in Richtung Gurk-Vorflut (oliv-braune Pfeile).

Die oben zitierte Studie gibt die Umweltsituation von 1993 wider. In der Zwischenzeit ist die Problemsituation weitgehend saniert.