

Geochemische Charakteristik der Gesteine auf GK25 Blatt Radenthein-Ost und Umgebung

SEBASTIAN PFLEIDERER*, HEINZ REITNER* & CHRISTOPH IGLSEDER*

* Geologische Bundesanstalt, Neulinggasse 38, 1030 Wien. sebastian.pfleiderer@geologie.ac.at; heinz.reitner@geologie.ac.at; christoph.iglseder@geologie.ac.at

Einleitung

Die chemische Zusammensetzung von Gesteinen ist von Relevanz bei der Rohstoffsuche, der Beurteilung von Bodenaushub- oder Tunnelausbruchmaterial nach der Deponieverordnung (DVO, 2016), bei geogenen Hintergrundwerten in Böden (APPLETON et al., 2008), aber auch bei der Klärung der Ursachen von chemischen Belastungen im Grundwasser (BRIELMANN et al., 2018).

Da chemische Analysen der auf GK25 Blatt Radenthein-Ost vorkommenden Gesteine nur in geringer Anzahl zur Verfügung stehen, wurde zur Charakterisierung die Analytik von Bachsedimentproben der Fraktion < 180 µm herangezogen. Die Chemie von aktiven Bachsedimenten kann für Rückschlüsse auf die chemische Zusammensetzung der im Liefergebiet vorkommenden Locker- und Festgesteine genutzt werden. Dabei müssen allerdings Einflüsse von Verwitterungs-, Transport- und Ablagerungsprozessen sowie das Auftreten von Vererzungen und anthropogenen Belastungen berücksichtigt werden (BØLVIKEN et al., 1996; PFLEIDERER, 2015). Zur Prüfung, inwieweit die chemische Analytik der Bachsedimente als Proxy (indirekter Anzeiger) der Gesteinschemie betrachtet werden kann, können die Daten mit chemischen Analysen von Gesteinsproben verglichen werden (REITNER et al., 2015). In der vorliegenden Arbeit wird dieser Vergleich für das Blatt Radenthein-Ost und Umgebung durchgeführt.

Datenlage im Untersuchungsgebiet

Auf GK25 Blatt Radenthein-Ost treten laut geologischer Übersichtskarte 1:250.000 (IGLSEDER, 2019) Glimmerschiefer, Paragneise, Amphibolite, Orthogneise mit granitischer Zusammensetzung (Granitgneise), Marmore, Grünschiefer, (Quarz-)Phyllite, schwach metamorphe Konglomerate, Sandsteine, Tonschiefer bis Phyllite, Metakonglomerate und Metasandsteine sowie Metavulkanite, Metapyroklastika und Metaignimbrite mit rhyolitischer, intermediärer und basaltischer Zusammensetzung in verschiedenen tektonischen Einheiten auf. Zur chemischen Charakterisierung dieser Gesteine liegen innerhalb des Blattes 320 Datensätze zur chemischen Analytik von Bachsedimentproben vor. Um eine höhere Anzahl von Datensätzen zu erhalten, wurden zusätzliche Proben in der näheren Umgebung mitberücksichtigt (1.716 Datensätze).

Die überwiegende Zahl der Proben stammt aus dem Datensatz „Geochemischer Atlas der Republik Österreich – Zentralalpen und Böhmisches Masse“ (THALMANN et al., 1989), zusätzliche Proben sind in den Datensätzen der Umwelt-geochemischen Flusssedimentbeprobungen in Salzburg (WIMMER et al., 2002), Kärnten (SCHEDL et al., 2008) und in der Steiermark (SCHEDL et al., 2010) enthalten. Die untersuchten Elemente und deren Gehalte, Probenahme- und Analysemethoden sowie Nachweisgrenzen finden sich in den jeweiligen Projektberichten.

Um die direkte Beziehung zwischen den punktuellen Informationen der Bachsedimentgeochemie-Daten mit den in ihren Liefergebieten vorkommenden Gesteinen herzustellen, wurden zu allen Proben die morphologischen Einzugsgebiete berechnet und von diesen die geologisch homogenen Gebiete selektiert (670 Datensätze) (Abb. 1).

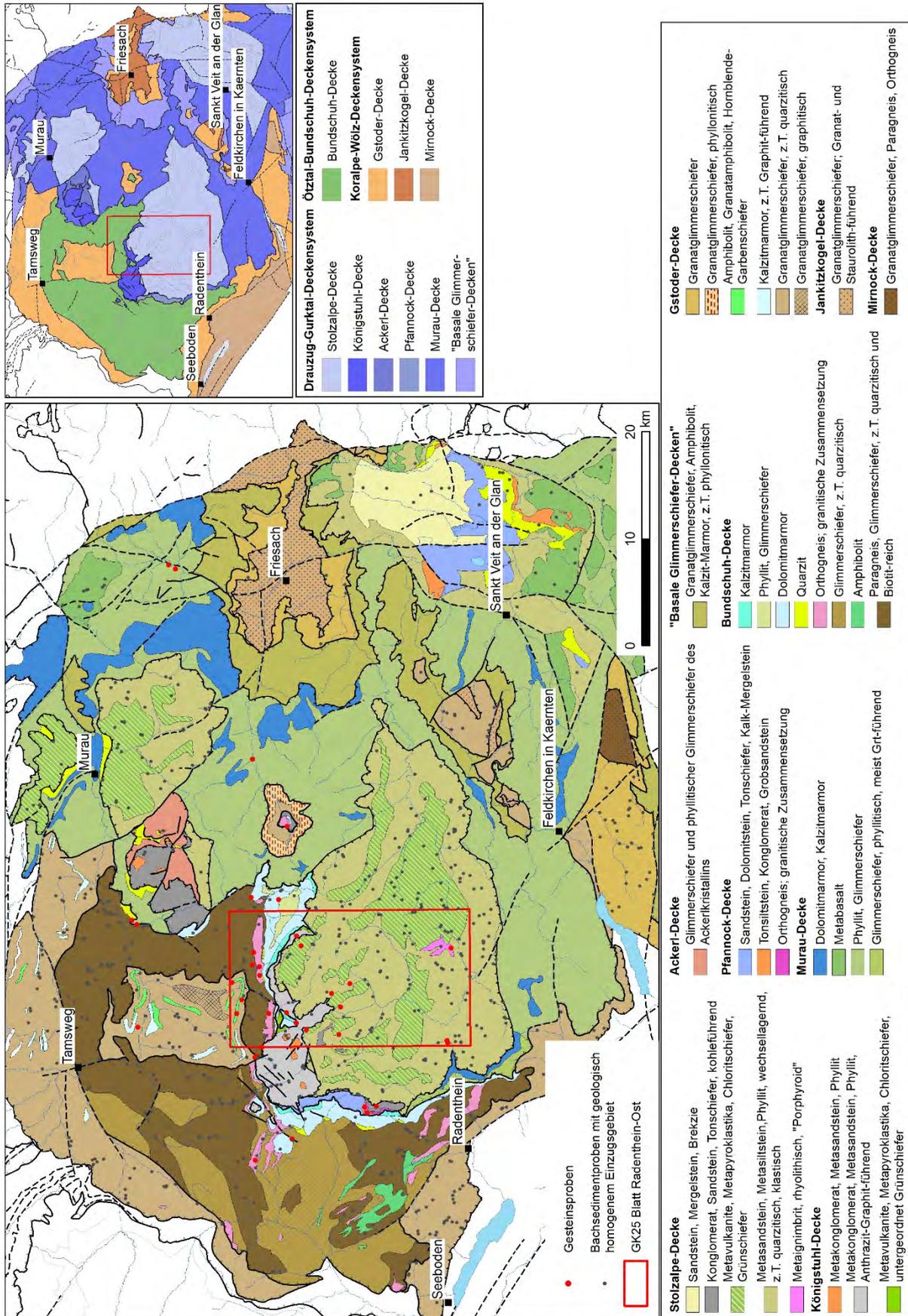


Abb. 1: Auszug aus der Geologischen und Tektonischen Karte der Gurktaler Alpen 1:250.000 (IGLSEDER, 2019; tektonische Übersicht farblich modifiziert) mit Lage der Gesteinsproben sowie der Bachsedimentproben mit geologisch homogenem Einzugsgebiet.

Die Gesteinsarten, deren Chemie mit diesen ausgewählten geochemischen Daten der Bachsedimente statistisch beschrieben werden kann, umfassen Glimmerschiefer, Phyllite, Paragneise, Grünschiefer, (Meta-)Konglomerate, (Meta-)Sandsteine und Metabasalte. Für die Gesteinsarten Amphibolit, Orthogneis, Marmor, Metaignimbrit und Quarzit liegen nur wenige (< 8) Datensätze vor (Tab. 1). Die Medianwerte der Haupt- und Spurenelementgehalte der Bachsedimentproben sind in Tabelle 4 aufgelistet.

Lithologie	Tektonische Einheit	Anzahl Proben
Phyllit, Glimmerschiefer	Ackerl-Decke, Bundschuh-Decke, Murau-Decke	25
Granatglimmerschiefer	Gstoder-Decke, Jankitzkogel-Decke	170
Paragneis	Bundschuh-Decke	146
Chloritschiefer, Grünschiefer	Stolzalpe-Decke	74
Konglomerat, Sandstein, Tonschiefer	Königstuhl-Decke, Pfannock-Decke, Stolzalpe-Decke	17
Metakonglomerat, Metasandstein, (Quarz-)Phyllit	Königstuhl-Decke, Stolzalpe-Decke	200
Quarzit	Stolzalpe-Decke	5
Dolomit-/Kalzitmarmor	Bundschuh-Decke	7
Metabasalt	Murau-Decke, Stolzalpe-Decke	19
Metaignimbrit	Stolzalpe-Decke	1
Orthogneis (Granitgneis)	Bundschuh-Decke	3
Amphibolit	Bundschuh-Decke	3

Tab. 1: Anzahl der Bachsedimentproben mit geologisch homogenem Einzugsgebiet.

Die Lage der Gesteinsproben ist ebenfalls in Abbildung 1 dargestellt. Es handelt sich um 40 Proben, die von der Fachabteilung Geochemie der Geologischen Bundesanstalt chemisch analysiert wurden. Tabelle 2 listet die untersuchten Elemente, Analysemethoden und Nachweisgrenzen für die Elementbestimmungen.

Parameter	CO ₂ , S	SO ₃			
Einheit	%	%			
Nachweisgrenze	0,01 %	0,001 %			
Methode	Leco C/S	Leco C/S			
Parameter	Mg	P	Al, Ca, Fe, K, Na, Si	Ti	Mn
Einheit	%	%	%	%	%
Nachweisgrenze	1	0,5	0,1	0,01	0,001
Methode	RFA	RFA	RFA	RFA	RFA
Parameter	Cs	As, Ba, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Ga, Hf, Hg, La, Mo, Nb, Nd, Ni, Pb, Pr, Rb, Sb, Sc, Sr, Th, U, V, Y, Zn, Zr			
Einheit	ppm	ppm			
Nachweisgrenze	1,5	1			
Methode	RFA	RFA			

Tab. 2: Analysemethoden und Nachweisgrenzen für die Elementbestimmungen der Gesteinschemie.

Die Gesteinsarten, deren Chemie mit mehr als drei Gesteinsproben beschrieben werden kann, umfassen Glimmerschiefer, Phyllite, Paragneise und Orthogneise (Granitgneise) (Tab. 3). Für die Gesteinsarten Grünschiefer, Kalkmergel, Metaignimbrit, Metatuff und basaltischer Trachyandesit liegen nur wenige (≤ 3) Datensätze vor. Die Medianwerte der Haupt- und Spurenelementgehalte der Gesteinsproben sind in Tabelle 5 aufgelistet.

Lithologie	Tektonische Einheit	Anzahl Proben
Glimmerschiefer, Paragneis	Bundschuh-Decke	7
Glimmerschiefer, Paragneis	Gstoder-Decke	6
Glimmerschiefer, Phyllit (Quarz-)Phyllit	Murau-Decke	6
Grünschiefer	Stolzalpe-Decke	1
Kalkmergel	Bundschuh-Decke	1
Metaignimbrit	Stolzalpe-Decke	2
Metatuff (rhyolitisch)	Stolzalpe-Decke	2
Orthogneis (Granitgneis)	Bundschuh-Decke	5
Orthogneis-Komponente	Königstuhl-Decke	3
Orthogneis-Komponente	Pfannock-Decke	3
basaltischer Trachyandesit	Stolzalpe-Decke	3

Tab. 3: Anzahl der Gesteinsproben und deren lithologisch/tektonische Zuordnung.

Hauptelemente

Die Punktdaten der chemischen Analytik der Bachsedimente der Fraktion < 180 µm wurden in PIRKL et al. (2015) für eine österreichweite Übersichtsdarstellung interpoliert. Bei dieser Interpolation konnten weder die morphologischen Einzugsgebiete, noch die geologischen/lithologischen Gesteinseinheiten berücksichtigt werden. Durch eine neue Klassifizierung der interpolierten Daten speziell für das Untersuchungsgebiet werden nun regionale Verteilungen in manchen Elementgehalten sichtbar, die mit der Geologie korrelieren. Als Beispiel zeigen die Abbildungen 2 und 3 die Verteilungen der Al-Gehalte, einerseits interpoliert (räumliche Verteilung, Abb. 2), andererseits gruppiert nach den in den homogenen Liefergebieten auftretenden Gesteinsarten (Boxplots, Abb. 3).

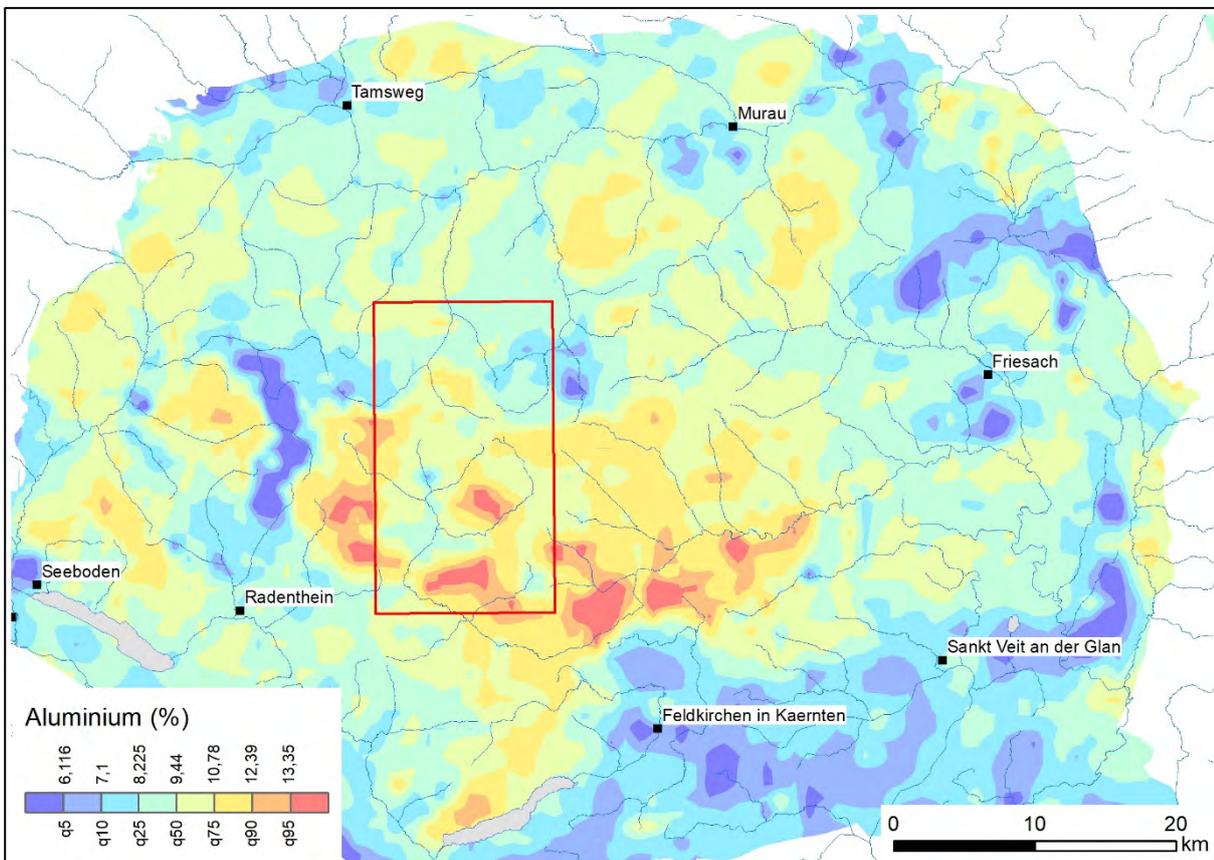


Abb. 2: Interpolation der Al-Gehalte in Bachsedimenten nach PIRKL et al. (2015), neu klassifiziert nach Quantilen im Untersuchungsgebiet.

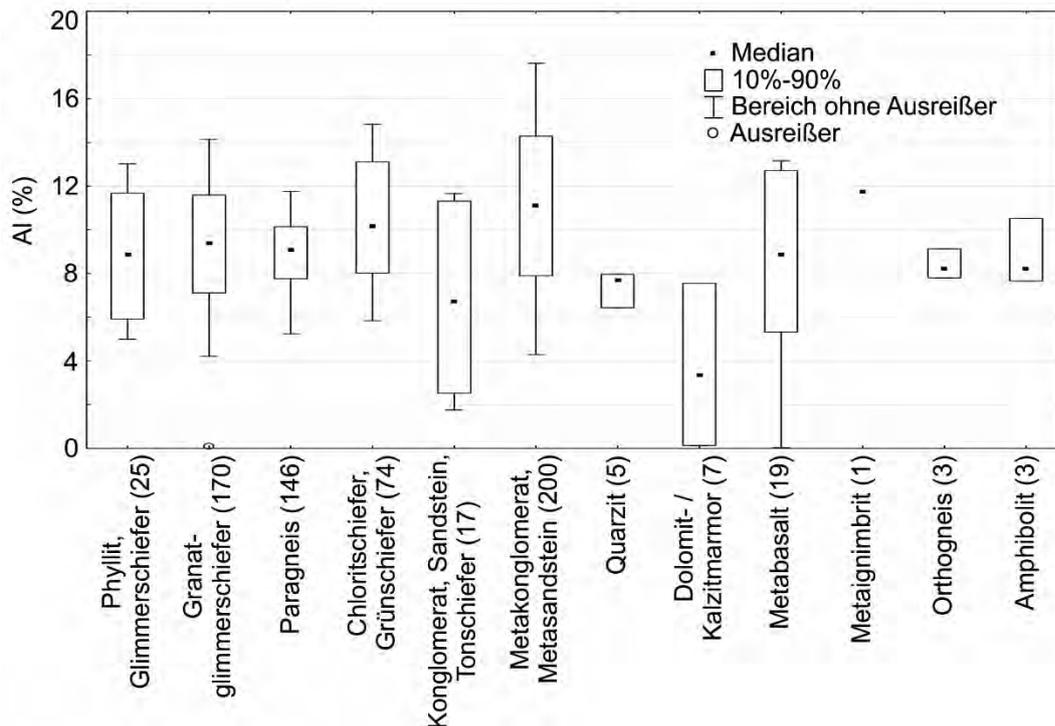


Abb. 3: Al-Gehalte in Bachsedimenten, gruppiert nach den in den homogenen Liefergebieten vorkommenden Gesteinsarten (Anzahl der Proben in Klammer).

Die Al-Gehalte von Glimmerschiefern, Phylliten, Granatglimmerschiefern und Paragneisen (Medianwert Al: 9,2 %) liegen über denen von Marmoren (3,4 %), Konglomeraten (6,7 %), Quarziten (7,7 %) Amphiboliten und Orthogneisen (8,2 %) und unter denen von Grünschiefern (10,2 %), Metakonglomeraten und Metasandsteinen (11,1 %) und Metaignimbriten (11,8 %) (Abb. 2). Hohe Kalziumgehalte zeichnen naturgemäß die Verbreitung von Marmoren nach (Medianwert Ca: 11,8 %), niedrige Ca-Gehalte kommen in Metaignimbriten, Metakonglomeraten und Metasandsteinen (0,3 %) sowie in Quarziten (0,4 %) vor. Ähnlich verhalten sich die Mg-Gehalte mit hohen Werten in Dolomitmarmoren (Medianwert Mg: 8,2 %) und niedrigen Werten in Quarziten (0,5 %), Konglomeraten und Sandsteinen (0,6 %). Eisengehalte erlauben die Trennung zwischen Granatglimmerschiefern (Medianwert Fe: 5,1 %) und Glimmerschiefern, Paragneisen und Phylliten (4 %), deutlich treten auch die Amphibolite hervor (7,1 %). Die übrigen Hauptelemente (K, Mn, Na, P und Ti) zeigen keine deutliche Abhängigkeit von der Gesteinsart. Gleiche Gesteinsarten aus unterschiedlichen tektonischen Einheiten zeigen jeweils ähnliche chemische Zusammensetzungen.

Der Vergleich zwischen den von Bachsedimentproben abgeleiteten, chemischen Zusammensetzungen der Gesteinsarten und den chemischen Analysen von Gesteinsproben ist mit den verwendeten Datensätzen bei Orthogneisen, Glimmerschiefern/Paragneisen/Phylliten, bei Grünschiefern und bei Metaignimbriten möglich. Hierfür wurden die in den Bachsedimenten bestimmten Elementgehalte von Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, P und Ti in Oxidgehalte umgerechnet. Für die Proben des Geochemischen Atlas, bei denen Si nicht bestimmt wurde, wurden SiO₂-Gehalte unter der Annahme berechnet, dass die Summe der Oxide – wie bei den gesteinschemischen Analysen – 100 % ergibt.

Es zeigt sich, dass Bachsedimente zusätzlich zur mechanischen Verwitterung der Ausgangsgesteine auch von chemischen Lösungen und/oder transportbedingten Ab- bzw. Anreicherungen betroffen sind. Dabei lässt sich eine Abreicherung der Oxidgehalte von Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, P und Ti – zugunsten einer relativen Anreicherung der SiO₂-Gehalte – beobachten. Absolutwerte der Oxidgehalte stimmen also zwischen Bachsedimentproben und Gesteinsproben nicht überein. Räumliche Muster in den Flächenverrechnungen (Abb. 2) und relative Gehalte (Abb. 3), die bei den Bachsedimenten identifiziert werden können, lassen sich jedoch durch die gesteinschemischen Analysen bestätigen (z.B. Aluminiumgehalte höher in Glimmerschiefern als in Orthogneisen; Eisengehalte höher in Granatglimmerschiefern als in

Glimmerschiefern). Abbildung 4 veranschaulicht den Vergleich beispielhaft anhand der Medianwerte der Oxidgehalte für die Gesteinsarten Orthogneis (Granitgneis), Glimmerschiefer/Paragneis/Phyllit und Grünschiefer.

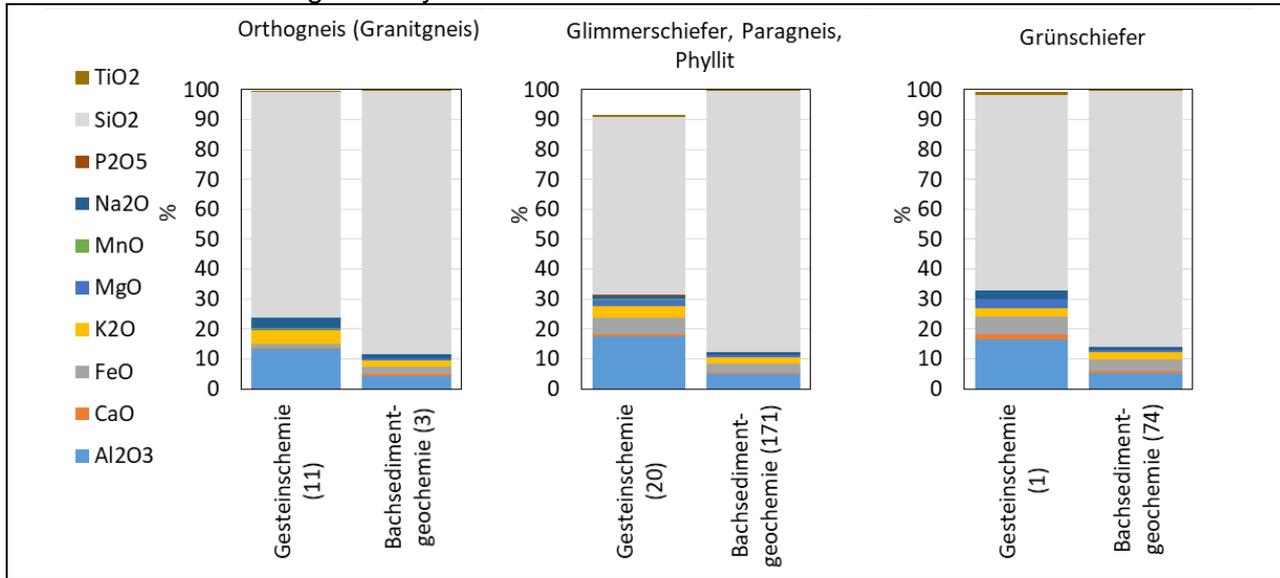


Abb. 4: Vergleich der Medianwerte der Oxidgehalte in Orthogneis (Granitgneis), Glimmerschiefer/Paragneis/Phyllit und Grünschiefer in Gesteinen und Bachsedimenten (Anzahl der Proben in Klammer).

Spurenelemente

Bezüglich der Spurenelementverteilungen ergeben sich räumliche Korrelationen zu natürlichen Vererzungen (As: St. Blasen; Hg, Ni: Turrach und Rottrasten; Li: Spittal und Hüttenberg; Pb, Zn: Saureggalpe und zahlreiche Blei-Zink-Vererzungen). Als Beispiel zeigt Abbildung 5 die räumliche Verteilung der Ni-Gehalte mit Werten bis zu 109 ppm westlich von Ebene Reichenau (Rottrasten).

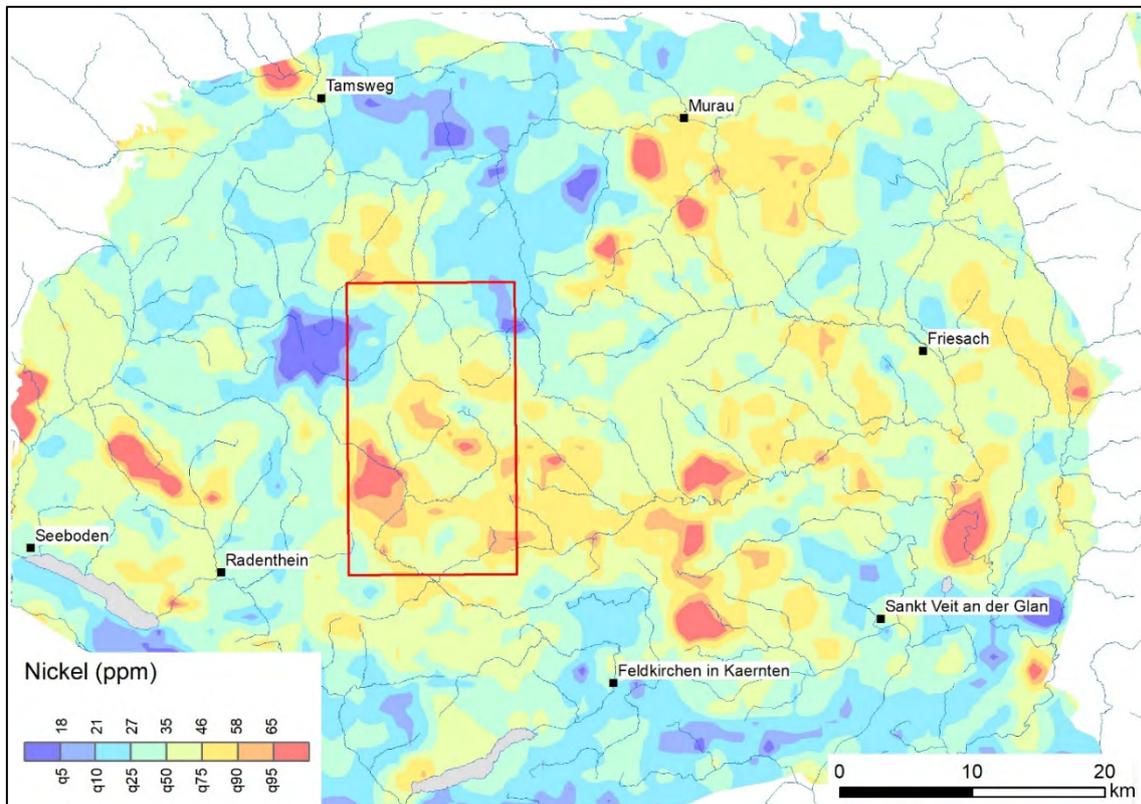


Abb. 5: Interpolation der Ni-Gehalte in Bachsedimenten nach PIRKL et al. (2015), neu klassifiziert nach Quantilen im Untersuchungsgebiet.

Die verschiedenen geologischen Einheiten unterscheiden sich hinsichtlich der von den Bachsedimenten abgeleiteten Spurenelementgehalte As, Co, Cu, Mo und Pb wenig. Die Gehalte an Cr, Ni, V und Zn zeigen hingegen eine stärkere Abhängigkeit von der Geologie, wobei Amphibolite die höchsten Werte dieser Elemente zeigen (Abb. 6).

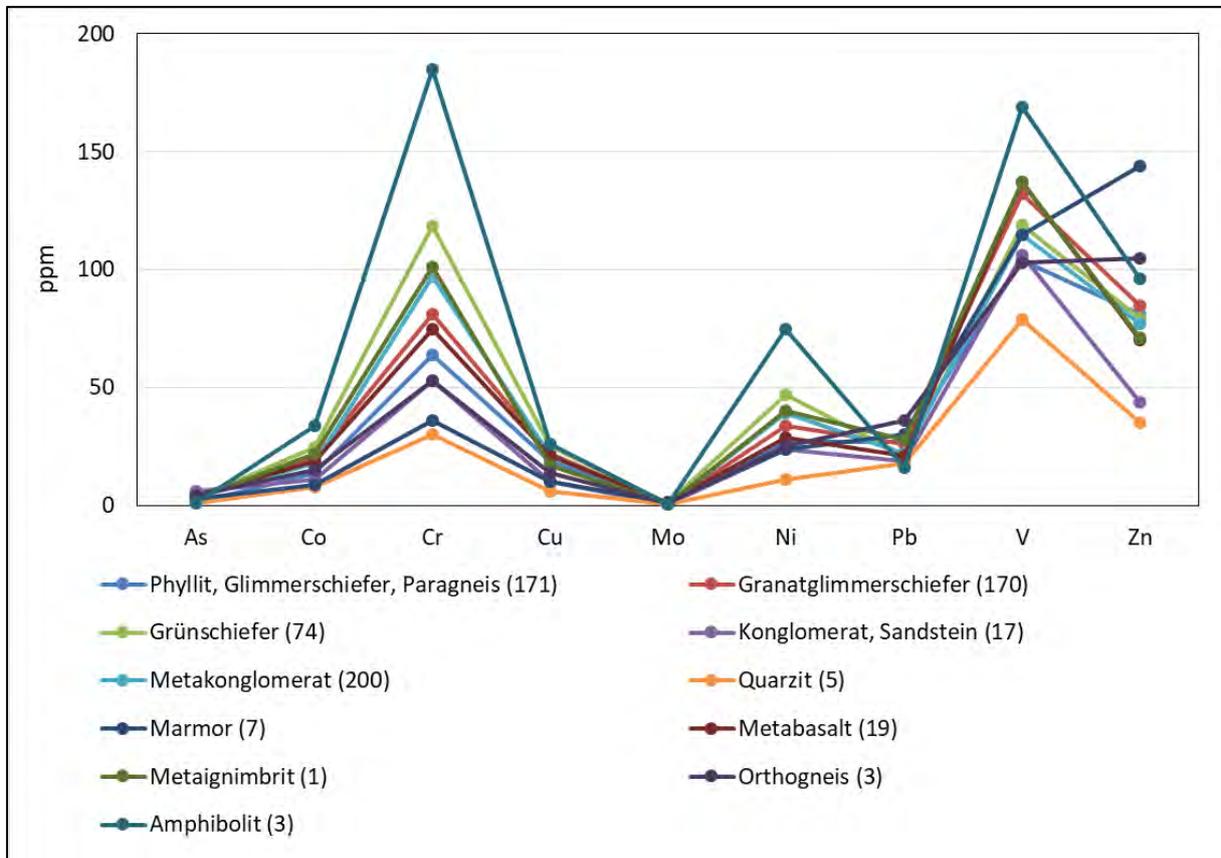


Abb. 6: Medianwerte der Spurenelementgehalte in Bachsedimenten, gruppiert nach den in den homogenen Liefergebieten vorkommenden Gesteinsarten (Anzahl der Proben in Klammer).

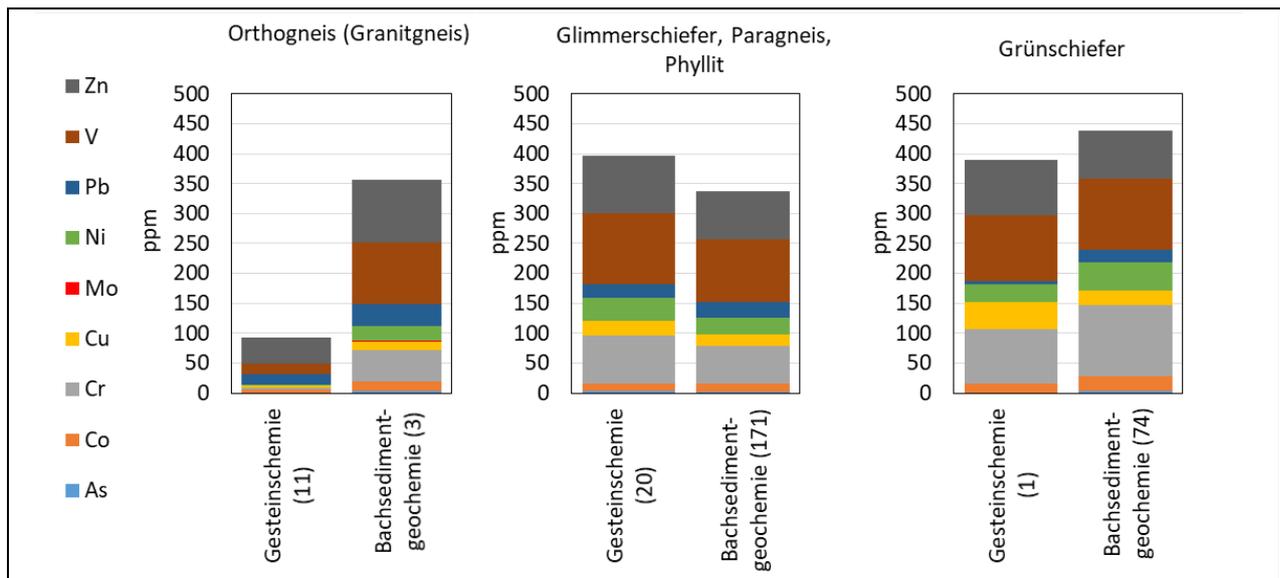


Abb. 7: Vergleich der Medianwerte der Spurenelementgehalte in Orthogneis (Granitgneis), Glimmerschiefer/Paragneis/Phyllit und Grünschiefer in Gesteinen und Bachsedimenten (Anzahl der Proben in Klammer).

Der Vergleich zwischen Bachsediment- und Gesteinsproben zeigt bei Glimmerschiefern/Paragneisen/Phylliten, bei Grünschiefern und bei Metaignimbriten hinsichtlich der Spurenelementgehalte eine gute Übereinstimmung. Lediglich bei Orthogneisen (Granitgneisen) werden in den Gesteinsproben deutlich niedrigere Gehalte sichtbar als in den Bachsedimenten (Abb. 7). Die Frage, ob hierfür eine selektive Anreicherung von spurenelementführenden Schwermineralen im Bachsediment verantwortlich ist, könnte durch eine zusätzliche spezielle Probenahmekampagne geklärt werden. Der Effekt einer chemischen Verwitterung ist bei den schwer löslichen Mineralphasen, welche die Spurenelemente beinhalten, nicht zu erkennen.

Literatur

- APPLETON, J.D., RAWLINS, B.G. & THORNTON, I. (2008): National-scale estimation of potentially harmful element ambient background concentrations in topsoil using parent material classified soil:stream-element relationships. – *Applied Geochemistry*, **23/9**, 2596–2611, Oxford.
- BRIELMANN, H., LEGERER, P., SCHUBERT, G., WEMHÖNER, U., PHILIPPITSCH, R., HUMER, F., ZIERITZ, I., ROSMANN, T., SCHARTNER, C., SCHEIDLEDER, A., GRATH, J. & STADLER, E. (2018): Hydrochemie und Hydrogeologie der österreichischen Grundwässer und deren natürliche Metall- und Nährstoffgehalte (Update Geohint 2018). – 182 S., Wien (Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus).
- BØLVIKEN, B., BOGEN, J., DEMETRIADES, A., DE VOS, W., EBBING, J., HINDEL, R., LANGEDAL, M., LOCUTURA, J., O'CONNOR, P., OTTESEN, R.T., PULKKINEN, E., SALMINEN, R., SCHERMANN, O., SWENNEN, R., VAN DER SLUYS, J. & VOLDEN, T. (1996): Regional geochemical mapping of Western Europe towards the year 2000. – *Journal of Geochemical Exploration*, **56**, 141–166, Amsterdam.
- IGLSEDER, C. (2019): Geologische und Tektonische Karte der Gurktaler Alpen 1:250.000. – In: GRIESMEIER, G.E.U. & IGLSEDER, C. (Eds.): Arbeitstagung 2019 der Geologischen Bundesanstalt – Geologie des Kartenblattes GK25 Radenthein-Ost (Murau), 48–54, Geologische Bundesanstalt, Wien.
- PFLEIDERER, S. (2015): Abschätzung gesteinsgeochemischer Elementgehalte und Ableitung geogener Hintergrundwerte anhand von Bachsedimentgeochemie-Daten. – In: PIRKL, H., SCHEDL, A. & PFLEIDERER, S. (Hrsg.): Geochemischer Atlas von Österreich – Bundesweite Bach- und Flusssedimentgeochemie (1978–2010). – *Archiv für Lagerstättenforschung*, **28**, 206–212, Wien.
- PIRKL, H., SCHEDL, A. & PFLEIDERER, S. (Hrsg.) (2015): Geochemischer Atlas von Österreich – Bundesweite Bach- und Flusssedimentgeochemie (1978–2010). – *Archiv für Lagerstättenforschung*, **28**, 288 S., Wien.
- REITNER, H., FILZMOSE, P., LINNER, M. & PIRKL, H. (2015): Die Auswertung geochemischer Analysen von Bachsedimenten mit statistischen Methoden für Kompositionsdaten am Beispiel des Weinsberger Granits. – In: PIRKL, H., SCHEDL, A. & PFLEIDERER, S. (Hrsg.): Geochemischer Atlas von Österreich – Bundesweite Bach- und Flusssedimentgeochemie (1978–2010). – *Archiv für Lagerstättenforschung*, **28**, 213–218, Wien.
- SCHEDL, A., PIRKL, H., PFLEIDERER, S., LIPIARSKI, P., NEINAVAI, N. & ATZENHOFER, B. (2008): Umweltgeochemische Untersuchung der Bach- und Flusssedimente Kärntens auf Haupt- und Spurenelemente zur Erfassung und Beurteilung geogener und anthropogener Schadstoffbelastungen („Umweltgeochemie Kärnten“) – Auswertung und Interpretation. – Unveröffentlichter Bericht, Geologische Bundesanstalt, 68 S., Wien.
- SCHEDL, A., PIRKL, H., NEINAVAI, H., PFLEIDERER, S., LIPIARSKI, P., HOBIGER, G., BENOLD, C., HASLINGER, E., ATZENHOFER, B. & MAURACHER, J. (2010): Umweltgeochemische Untersuchung der Bach und Flusssedimente Steiermarks auf Haupt- und Spurenelemente zur Erfassung und Beurteilung geogener und anthropogener Schadstoffbelastungen („Umweltgeochemie Steiermark“). – Unveröffentlichter Bericht, Geologische Bundesanstalt, 53 S., Wien.
- THALMANN, F., SCHERMANN, O., SCHROLL, E. & HAUSBERGER, G. (1989): Geochemischer Atlas der Republik Österreich 1:1.000.000 – Böhmisches Massiv und Zentralzone der Ostalpen (Bachsedimente < 0,18 mm) (Textteil). – 141 S., Geologische Bundesanstalt, Wien.
- WIMMER, B., AUGUSTIN-GYURITS, K. & PIRKL, H. (2002): Umweltgeochemische Untersuchungen der Bach- und Flusssedimente Salzburgs auf Haupt- und Spurenelemente zur Erfassung und Beurteilung geogener und anthropogener Schadstoffbelastung. – Unveröffentlichter Bericht, 148 S., ARC Seibersdorf.

Rechtsmaterialien

DVO (2016): Deponieverordnung, BGBl. II Nr. 291/2016.

Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt, 24.–27. Juni 2019, Murau

	Gesteinsart	Tekt. Einheit																									
		Ackerl-Decke	Phyllit, Glimmerschiefer			Granat-glimmerschiefer		Paragneis		Grünschiefer		Konglomerat, Sandstein, Tonschiefer			Metakonglomerat, Metasandstein		Quarzit		Marmor		Metabasalt		Metaignimbrit		Orthogneis (Granitgneis)		Amphibolit
	Anzahl Proben	3	2	20	168	1	146	70	2	1	14	21	174	5	7	10	9	1	3	3							
Al	%	9,92	7,70	8,63	9,40	4,21	9,08	10,19	10,42	11,31	6,06	8,18	11,50	7,69	3,36	9,89	8,55	11,76	8,22	8,22							
Ca	%	0,22	4,27	0,87	1,40	7,64	0,78	0,63	0,11	0,24	3,98	0,12	0,39	0,39	11,82	0,98	1,15	0,27	0,76	3,91							
Fe	%	3,60	4,67	3,92	5,17	3,01	3,96	5,24	1,99	3,51	2,44	2,01	4,69	2,10	1,90	5,05	4,12	4,64	3,21	7,10							
K	%	3,22	2,25	2,17	2,25	1,46	2,33	2,78	2,92	3,72	1,42	2,45	3,37	2,78	1,46	1,71	1,80	3,45	2,62	1,32							
Mg	%	0,90	3,48	0,93	1,23	4,89	1,21	1,36	0,33	0,79	0,67	0,40	1,20	0,48	8,19	1,08	1,13	1,19	1,12	3,42							
Mn	%	0,06	0,14	0,09	0,10	0,12	0,09	0,08	0,07	0,08	0,06	0,06	0,06	0,04	0,06	0,12	0,07	0,05	0,10	0,16							
Na	%	1,2	1,1	1,4	1,5	0,6	1,5	1,2	0,5	1,0	0,7	0,5	1,1	0,4	0,3	2,0	1,3	0,9	1,7	1,8							
P	%	0,10	0,12	0,12	0,13	0,11	0,10	0,13	0,04	0,09	0,08	0,03	0,11	0,03	0,09	0,16	0,10	0,10	0,11	0,15							
Ti	%	0,47	0,60	0,65	0,81	0,63	0,44	0,84	0,52	0,62	0,39	0,30	0,57	0,40	0,18	0,82	0,77	0,84	0,43	0,81							
Ag	ppm	0,08	0,07	0,07	0,06	0,40	0,07	0,05	0,07	0,04	0,05	0,06	0,06	0,04	0,05	0,05	0,04	0,05	0,06	0,03							
As	ppm	1	8	9	4	1	1	3	1	50	6	1	4	1	3	4	4	3	4	1							
Ba	ppm	640	880	415	470	1300	550	540	450	540	220	370	570	350	160	345	370	480	490	390							
Be	ppm	5	5	4	4	4	4	4	4	4	2	3	5	3	1	4	4	4	4	4							
Ce	ppm	83	110	83	93	80	63	85	61	86	69	49	90	53	55	100	77	60	64	80							
Co	ppm	13	23	17	21	14	14	25	11	15	11	8	19	8	9	21	19	22	15	34							
Cr	ppm	73	59	69	81	59	64	119	53	101	45	37	103	30	36	74	80	101	53	185							
Cu	ppm	20	21	19	22	12	18	25	10	18	10	8	22	6	10	22	16	17	14	26							
Ga	ppm	22	25	22	25	34	21	23	18	20	18	13	19	15	20	24	23	23	23	27							
La	ppm	43	51	40	49	40	34	42	28	42	31	21	43	27	56	53	37	32	33	33							
Mo	ppm	0,4	1,2	0,8	0,7	1,1	0,7	0,9	0,6	0,5	0,6	0,5	0,8	0,6	1,4	0,8	0,8	0,4	0,9	0,7							
Nb	ppm	30	11	24	32	13	29	36	35	22	15	22	30	18	3	22	19	46	16	22							
Ni	ppm	24	47	28	34	29	26	47	14	25	25	17	41	11	24	29	28	40	25	75							
Pb	ppm	28	44	25	26	139	28	21	28	14	19	19	23	18	30	23	19	28	36	16							
Rb	ppm	119	79	72	83	70	86	118	106	162	51	99	153	75	48	63	54	169	72	85							
Sb	ppm	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
Sc	ppm	12	14	13	18	11	15	18	11	15	8	7	17	7	6	16	13	9	15	33							
Sn	ppm	3	4	3	3	2	3	3	5	4	2	3	3	2	3	2	2	2	5	3							
Sr	ppm	113	151	167	201	376	191	151	71	110	176	51	141	122	130	214	181	96	186	215							
Th	ppm	5	17	11	5	14	11	25	14	5	5	5	31	11	26	8	5	28	11	16							
U	ppm	6	3	3	3	3	3	3	6	6	3	3	3	3	3	3	3	8	8	3							
V	ppm	133	113	114	133	103	102	119	134	111	103	88	118	79	115	119	141	137	103	169							
W	ppm	1	2	1	1	4	1	1	6	1	1	1	3	1	1	3	1	4	1	7							
Y	ppm	50	13	26	31	5	36	25	46	39	17	15	28	21	5	28	18	26	22	29							
Zn	ppm	81	129	67	85	120	83	80	45	52	43	45	79	35	144	70	71	71	105	96							
Zr	ppm	269	157	247	239	323	266	259	286	248	163	209	258	181	43	252	216	259	177	193							

Tab. 4: Medianwerte der Haupt- und Spurenelementgehalte der Bachsedimentproben.

Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt, 24.–27. Juni 2019, Murau

Gesteinsart																
	Glimmer-schiefer, Phyllit, Paragneis				Granat-glimmer-schiefer			Grün-schiefer	Kalk-mergel	Meta-ignimbrit	Metatuff	Ortho-gneis			Trachy-andesit	
Tekt. Einheit	Bund-schuh-D.	Gstoder-Decke	Murau-D.	Stolzalpe-Decke	Murau-D.	Bund-schuh-D.	Gstoder-D.	Stolzalpe-Decke	Bund-schuh-D.	Stolzalpe-Decke	Stolzalpe-Decke	Bund-schuh-D.	Königstuhl-Decke	Pfannock-D.	Stolzalpe-Decke	
Anzahl Proben	3	2	5	1	1	4	4	1	1	2	2	5	3	3	3	
Al ₂ O ₃	%	14,5	15,5	18,2	19,7	24,2	22,0	22,0	16,6	14,6	15,3	14,1	12,5	13,6	13,2	18,0
CaO	%	0,3	0,6	5,4	0,5	0,4	0,5	1,0	1,5	10,8	0,4	0,7	0,5	0,6	0,5	5,0
CO ₂	%	0,67	0,32	5,00	0,39	0,22	0,37	0,21	0,27	9,14	0,21	0,79	0,10	0,10	0,23	0,38
FeO	%	4,3	3,2	6,6	7,6	5,2	6,3	6,3	6,0	6,8	4,1	0,8	1,2	1,5	1,6	7,4
K ₂ O	%	3,2	2,7	2,9	4,2	5,0	4,1	5,3	2,9	6,3	3,7	4,1	4,6	3,9	4,4	1,5
MgO	%	2	2	3	2	1	2	2	3	8	2	1	1	1	1	4
MnO	%	0,059	0,050	0,107	0,047	0,060	0,071	0,200	0,081	0,068	0,065	0,009	0,034	0,034	0,020	0,126
Na ₂ O	%	0,3	2,8	0,5	1,0	1,7	1,1	1,5	2,8	0,5	2,9	0,5	3,5	3,4	3,5	3,2
P ₂ O ₅	%	0,1	0,3	0,1	0,1	0,3	0,1	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
SiO ₂	%	70,2	70,9	46,5	60,0	59,1	59,0	55,0	65,3	41,0	68,9	76,5	77,4	74,1	75,5	54,9
S	%			5												
SO ₃	%	0,028	0,020	0,946	0,023	0,025	0,017	0,022	0,021	0,032	0,010	0,329	0,018	0,017	0,016	0,143
TiO ₂	%	0,59	0,43	0,70	1,02	0,90	0,87	0,74	0,81	0,66	0,52	0,22	0,07	0,11	0,11	1,40
As	ppm	3	2	12	13	18	1	2	1	1	1	51	1	1	9	1
Ba	ppm	352	399	496	499	635	604	646	578	389	619	532	53	195	157	420
Cd	ppm	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ce	ppm	45	61	61	89	98	75	98	108	49	71	59	9	29	20	49
Co	ppm	6	9	17	27	14	10	19	16	28	12	4	5	5	5	17
Cr	ppm	70	44	96	79	95	110	107	91	78	52	5	3	4	2	34
Cs	ppm	4	5	2	6	7	9	6	5	37	6	4	13	6	8	3
Cu	ppm	13	6	48	27	9	20	20	45	32	23	2	2	5	3	19
Ga	ppm	18	1	1		1	28	1	1		1	1	1	1	1	1
Hf	ppm	5					5									
Hg	ppm							6								
La	ppm	25	27	28	44	47	36	49	52	25	38	35	3	12	11	25
Mo	ppm	1	1	1		1	1	1	1		1	1	1	1	1	1
Nb	ppm	14	22	18	16	20	18	17	18	10	19	18	16	17	13	13
Nd	ppm	3	23	27	37	44	3	39	47	21	35	25	4	13	10	28
Ni	ppm	35	21	55	55	38	37	64	29	33	25	5	2	5	1	15
Pb	ppm	15	10	23	13	24	34	28	6	17	26	1	13	19	20	7
Pr	ppm			6	10					5						
Rb	ppm	113	96	106	172	155	170	203	96	284	117	89	333	204	191	63
Sb	ppm	1	1	2		1	1	2	1		2	4	1	1	1	2
Sc	ppm	8	7	8		10	9	9	10		7	5	4	5	4	17
Sr	ppm	49	97	221	59	94	137	142	249	186	68	34	26	38	25	353
Th	ppm	11	17	15		17	17	15	15		16	16	11	12	10	7
U	ppm	3	4	3		3	6	3	3		5	8	9	6	6	3
V	ppm	79	56	126	125	114	117	131	111	128	69	25	17	18	18	120
Y	ppm	22	25	25	30	25	31	29	37	16	33	24	15	27	19	31
Zn	ppm	57	36	105	94	73	141	140	92	106	74	10	34	54	51	85
Zr	ppm	188	171	138	219	269	170	226	328	89	160	111	42	76	61	216

Tab. 5: Medianwerte der Haupt- und Spurenelementgehalte der Gesteinsproben.