

3 Arbeitsmethodik und Teilprojekte

(HERBERT PIRKL, PETER KLEIN & GERHARD HOBIGER)

3.1 Programmteil Böhmische Masse und Zentralzone / Bachsedimente < 0,18 mm

Fachliche Ziele

Die Programmziele der ersten Phase in der Böhmischen Masse und der Zentralzone (Ostalpinen Kristallin, Penninikum, Grauwackenzone) waren eindeutig auf die Rohstoffprospektion (insbesondere auf Metalle und Halbmetalle) ausgerichtet. Aus diesem Grund waren auch die Bach- und Flusssedimente das Medium der Wahl. Auch die Ziel-Kornfraktion von < 0,18 mm baute auf Erfahrungen aus großräumigen Prospektionsprogrammen in anderen europäischen Ländern und Kanada auf.

Die systematische Probenahme und Analytik von Bach-/Flusssedimenten, die ein integriertes Bild der lithologischen Verhältnisse in ihrem Einzugsgebiet widerspiegelt, sollte einen raschen regionalen Überblick ermöglichen. Auf den Ergebnissen dieser regionalen Elementverteilungsmuster sollten dann in einer zweiten Phase die spezifischen, lokalen Prospektionen aufsetzen.

Unterstützt wurde dieser Ansatz durch den Fund des Scheelit-Vorkommens von Mittersill kurz vor Planungsbeginn des gegenständlichen Programms. Aufbauend auf den Erfahrungen dieses Fundes wurden parallel zur systematischen Bachsedimentgeochemie auch gezielte Probenahmen der Schwerminerale mit nachfolgender UV-Prospektion auf Wolfram-Vererzungen eingesetzt. Die parallel laufenden Prospektionsprojekte beschränkten sich freilich nicht nur auf Stahlveredler-Elemente (Wolfram, Molybdän), sondern wurden auch hinsichtlich weiterer Buntmetall-Ressourcen (Blei-Zink, Antimon) forciert.

Probenahmeplanung und Probenahme

In einer Reihe europäischer Geologischer Dienste gab es Mitte der 1970er Jahre umfangreiche Erfahrungen mit der Probenahme von Bachsedimenten (z.B. BGR, SGU, NGU). Diese Erfahrungen wurden auch für die Planungen in Österreich zur Verfügung gestellt. Jedes Land hatte dabei eine jeweils angepasste, voneinander etwas abweichende Arbeitsmethodik entwickelt, die z.B. im Handling am Probepunkt differierte. Sehr rasch stellte sich heraus, dass die Arbeitsmethodik für das österreichische Programm ebenfalls an die sehr unterschiedlichen Gegeben-



Abb. 5.
Probenahmestelle für Bachsediment; Beispiel für einen gut strukturierten Bachabschnitt, aktiven Sedimentdurchsatz und ein breites Korngrößenspektrum.



Abb. 6.
Probenahmestellen für Bach-/Flusssedimente; Beispiele für Problem- oder Extremsituationen.

heiten anzupassen ist. Die Beprobung betraf ja nicht nur gut strukturierte Bäche (Abb. 5) mit einheitlicher Wasser-/ Geschiebeführung, sondern musste methodisch auch auf Extremfälle, die gar nicht so selten zu erwarten waren, anwendbar sein. Solche Sonder- oder Extremfälle sind beispielsweise (siehe Fotos in Abbildung 6):

- Wildbäche, verbaut oder unverbaut, mit stark zeitlich und räumlich wechselnden Wasser- bzw. Geschiebeführungssituationen. Künstliche Eingriffe wie periodische Geschiebeentnahmen sind dabei auch häufig anzutreffen.
- Gemauerte oder betonierte, kanalartige Gerinne mit oder ohne Sedimentführung und wechselnder Wasserführung.
- Gerinne-Abschnitte mit Grobblocksohle, zeitweise trockenfallend; praktisch kein Feinsediment anzutreffen.
- Flussartige, zum Teil langsam fließende Gerinne (oft auch mit hohem Wasserstand und ohne flache Uferzugänge).
- Bäche und Gerinne in Intensiv-Landwirtschaftsgebieten, oft stark verwachsen und mit hohen organischen Materialanteilen im Sediment.

Die Probenahmeplanung und damit die Festlegung der Beprobungspunkte erfolgte in einem ersten Schritt auf dem „grünen Tisch“, auf der Basis der Österreichischen Karte 1:50.000. In der Zentralzone wurde versucht, möglichst das gesamte (Klein-)Gerinnesystem abzudecken und dies, soweit möglich, bis in die obersten Einzugsgebiete. Dabei entsteht ein eher lineares Beprobungsmuster, das sich entlang der Hauptbäche verdichtet (siehe Beispielausschnitt in Abbildung 7). An den größeren Flüssen, wie in Abbildung 7 – Saalach oder Salzach – wurden keine Beprobungspunkte vorgesehen, da besonders in der Zentralzone anthropogene oder technogene Einflüsse auf die Sedimentzusammensetzung vermieden werden sollten.

Im Bereich der Böhmisches Masse (Mühl-/Waldviertel) ergibt sich bei der gleichen Vorgangsweise auf Grund der anders strukturierten Morphologie ein etwas anderes Muster (Abb. 8). Hier wurde aber auch das Hauptflusssystem in die Beprobung miteinbezogen; im Beispielausschnitt in Abbildung 8 betrifft dies z.B. Rodel, Gusen, Aist und Naarn.

In beiden Bereichen wurde mit dieser Beprobungsplanung eine Probepunktdichte von durchschnittlich einem Probepunkt pro km² erreicht.

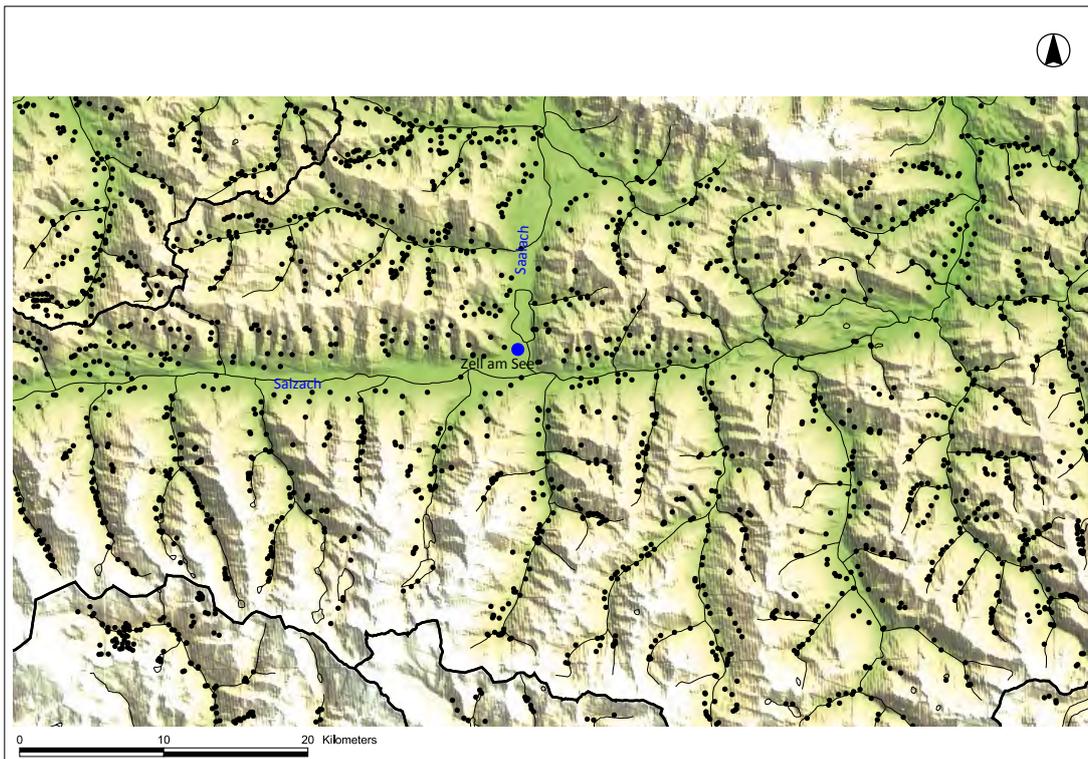


Abb. 7. Ausschnitt aus Bereich Pinzgau/Pongau (Zentralzone); Beispiel für die räumliche Probepunktverteilung.

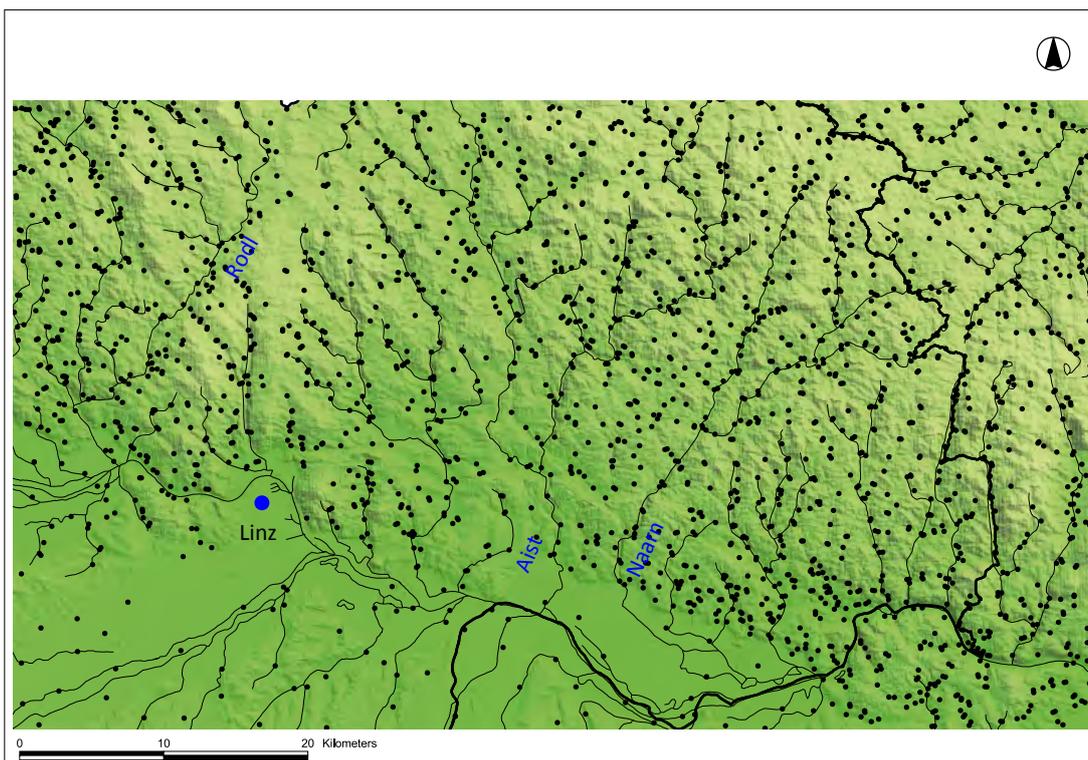


Abb. 8. Ausschnitt aus dem Bereich Mühltal (Böhmische Masse); Beispiel für die räumliche Probepunktverteilung.

Für die konkrete Probenahme galten folgende Richtlinien und Randbedingungen:

- Der Probenehmer sucht den in der Probenahmeplanung vorgesehenen Punkt auf. Falls an dem vorgesehenen Punkt keine Probenahme möglich oder sinnvoll ist, kann der Probepunkt innerhalb einer Strecke von maximal 50 m oberhalb bis 50 m unterhalb verlegt werden. Der tatsächliche Beprobungspunkt ist lagemäßig zu dokumentieren. Das Nummerierungssystem wurde vor der Probenahme festgelegt (durchnummerierte Probengebinde). Falls innerhalb dieser Strecke tatsächlich keine Beprobung ausführbar war, entschied die Projektleitung über einen alternativen Probepunkt.
- Zielmedium ist das aktive (durch die fließende Welle ständig weiter bewegte) Feinsediment. Bei der Zielkorngröße von $< 0,18$ mm handelt es sich überwiegend um den Feinsand-Schluffanteil des Bachsediments.

- Die notwendige Probemenge wurde insofern festgelegt, indem seitens der Analytik eine Mindestmenge von 50 g gefordert wurde. Vorarbeiten zeigten, dass etwa 1 kg Probemenge im Gelände notwendig war, um diese Anforderung zu erreichen. Die Probenehmer wurden daher angehalten, Probemengen von 1 bis 1,5 kg anzustreben. Nachfolgende Kontrollen zeigten, dass die Anschließung der notwendigen Originalprobemengen richtig gelegen ist (Abb. 9).
- Falls die zu beprobende Bachstrecke zum Zeitpunkt der Probenahme trockengefallen war, wurde trotzdem, wenn möglich, eine Feinsedimentprobe entnommen.
- Falls in der zu beprobenden Bachstrecke zu erwarten war, dass durch den normalen Beprobungsvorgang zu wenig Feinmaterial gewonnen werden konnte, wurde eine gewisse Anreicherung mittels Trockensiebung (Siebung < 0,18 mm) am Ort der Probenahme vorgenommen.
- Probleme am Probepunkt waren zu protokollieren.
- Die wichtigsten Vorgaben und Randbedingungen für die systematische Bachsedimentbeprobung wurden in der ÖNORM G 1031 (1979) festgehalten.

Wie schon oben festgestellt, sind die Beprobungen im Programm-Startjahr 1978 auch als Lernprozess zu sehen. Obwohl die Randbedingungen und die Planungen für die Beprobung vom Start weg einheitlich festgelegt waren, kam es zu Engpässen einerseits bei Probenehmern mit einem gewissen fachlichen Hintergrund, sowie andererseits bei dem Schulungs- und Kontrollpersonal. Die Erfahrungen

dieses Lernprozesses führten dazu, dass ab 1979 gut geschulte, fixe Beprobungsteams unter klar geregelten Kontrollroutinen eingesetzt wurden.

Hinsichtlich des zeitlichen und räumlichen Ablaufes der Beprobungen in der Böhmisches Masse und der Zentralzone, siehe auch Tabelle 2 und Abbildung 3.

Probenaufbereitung

Die Probenaufbereitung bezieht sich auf die Arbeitsschritte im Gelände und die weitere Probenbehandlung im Labor. Wie in Tabelle 3 zusammengefasst, gab es dabei prinzipiell zwei Vorgangsweisen: Im ersten Fall wurden die Proben im Gelände vorgetrocknet und alle weiteren Schritte im Labor gesetzt, im zweiten Fall wurden alle Arbeitsschritte in einem Geländelabor ausgeführt. Im Fall des Geländelabors wurden die Proben rasch nach der Probenahme bearbeitet und im Fall einer zu geringen Probemenge war eine Ergänzungsbeprobung vorgesehen. Im Fall der Abarbeitung der Aufbereitungsschritte im Labor erfolgte diese Rückkopplung erst nach längerer Zeit.

Eine Gegenüberstellung der Inhalte der Kornfraktion < 0,18 mm in den jeweiligen Originalproben aus der Böhmisches Masse von 1978 und 1979 lässt mehrere Informationen zu (Abb. 10):

- Die große Varianz in den Gewichten der Kornfraktion < 0,18 mm im Jahr 1978 lässt darauf schließen, dass durch die Probenehmer im Jahr 1978 „vorsichtshalber“ größere Probemengen entnommen und möglicherwei-

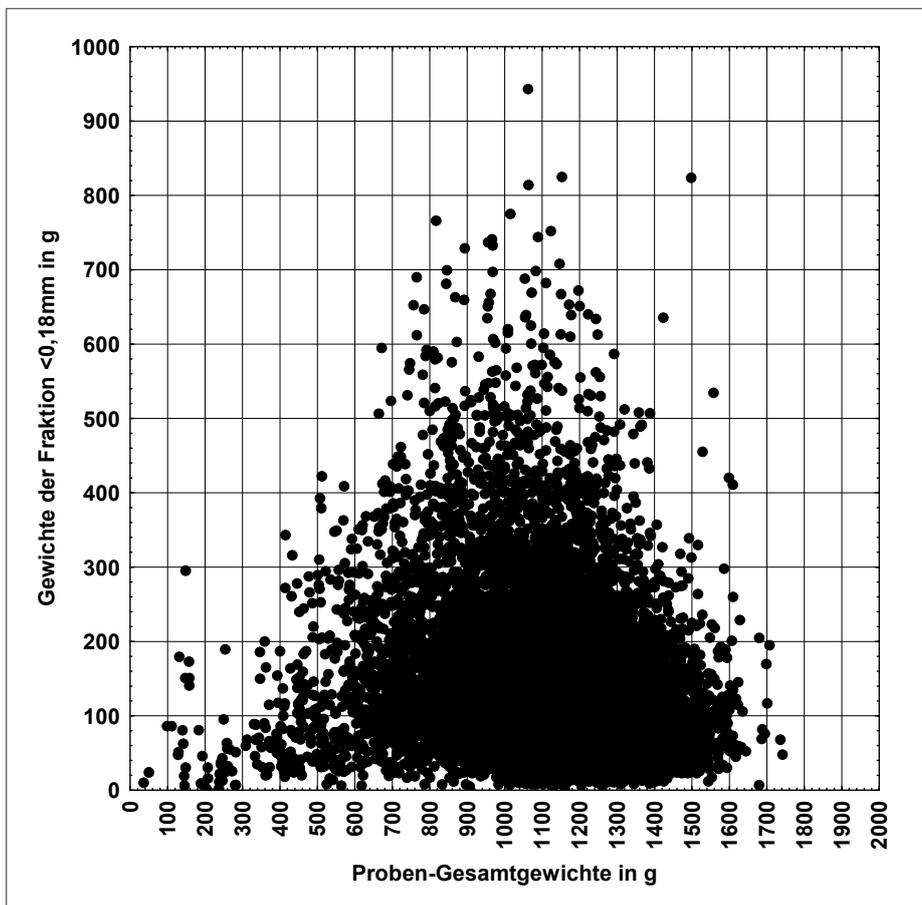


Abb. 9. Bachsedimente Zentralzone; Zusammenhang zwischen Gewicht der Geländeprobe und dem jeweiligen Sedimentanteil < 0,18 mm.

Teams	Im Gelände	Im Labor Arsenal
Team GBA 1978	Vortrocknung in gut durchlüfteten Räumen.	Trocknung in Trockenschränken; Wägen der Gesamtprobe; Siebung < 0,18 mm; Wägen der gesiebten Probe.
Team GBA 1979	Geländelabor; Vortrocknung in gut durchlüfteten Räumen; Wägen der Gesamtprobe; Trocknung in Trockenschränken – Bestimmung des Trockenverlustes bei 110 °C; Siebung < 0,18 mm; Wägen der gesiebten Probe.	
Team VA	Vortrocknung in Trocknungsanlagen bei < 60 °C (z.B. in Sägewerken).	Trocknung in Trockenschränken; Wägen der Gesamtprobe; Siebung < 0,18 mm; Wägen der gesiebten Probe.
Team BBU	Geländelabor; Vortrocknung in gut durchlüfteten Räumen; Wägen der Gesamtprobe; Trocknung in Trockenschränken – Bestimmung des Trockenverlustes bei 110 °C; Siebung < 0,18 mm; Wägen der gesiebten Probe.	

Tab. 3.
Vorgangsweise bei der Probenaufbereitung nach Projektteams.

se auch Stellen mit besonders feinem Material gezielt aufgesucht wurden. Die Varianz kann aber auch durch unterschiedlich lange Siebvorgänge bedingt sein.

- Im Geländelabor 1979 wurden fixe Siebzeiten für alle Proben vorgegeben. Dadurch ergaben sich ein geringerer Zeitaufwand und eine rasche Rückkoppelungsmöglichkeit. Für die Probenehmer brachte das die Sicherheit, das Beprobungsziel auch mit geringeren

Probemengen zu erreichen. Auch wurden durch die Fachkontrolle falsche Probenahmen (z.B. nur im Stillwasserbereich) rasch erkannt. Insgesamt führte die Vorgangsweise zu einer strafferen Abwicklung bei geringerem ökonomischem Aufwand. Das bessere Erreichen der Zielmenge für die Analytik schon allein durch den Siebungsschritt machte aufwändige Proben-Homogenisierung und Probenteilung bei großen Probemengen nicht näher notwendig.

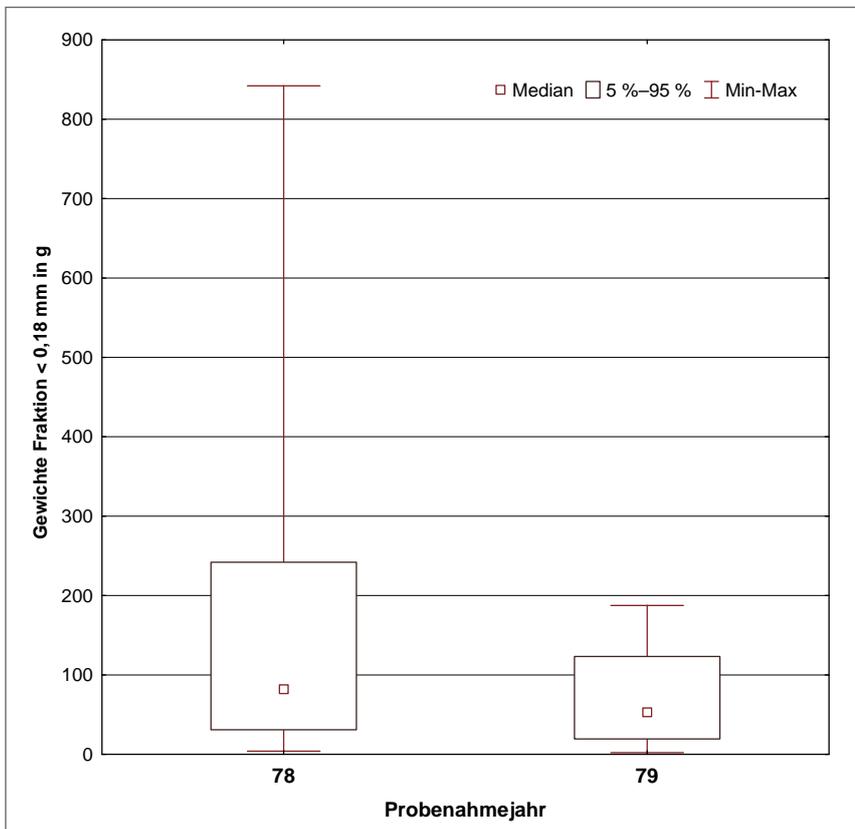
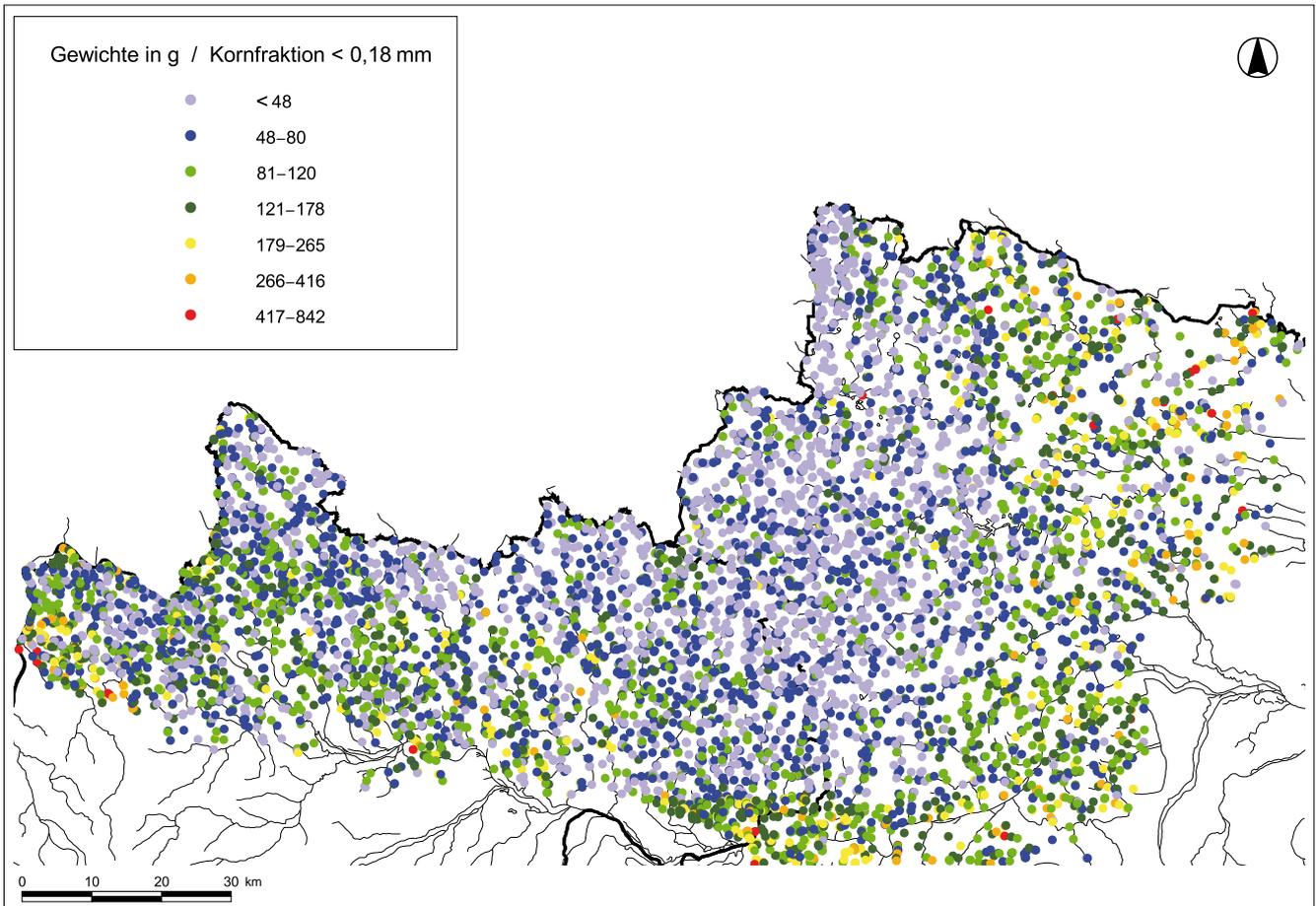
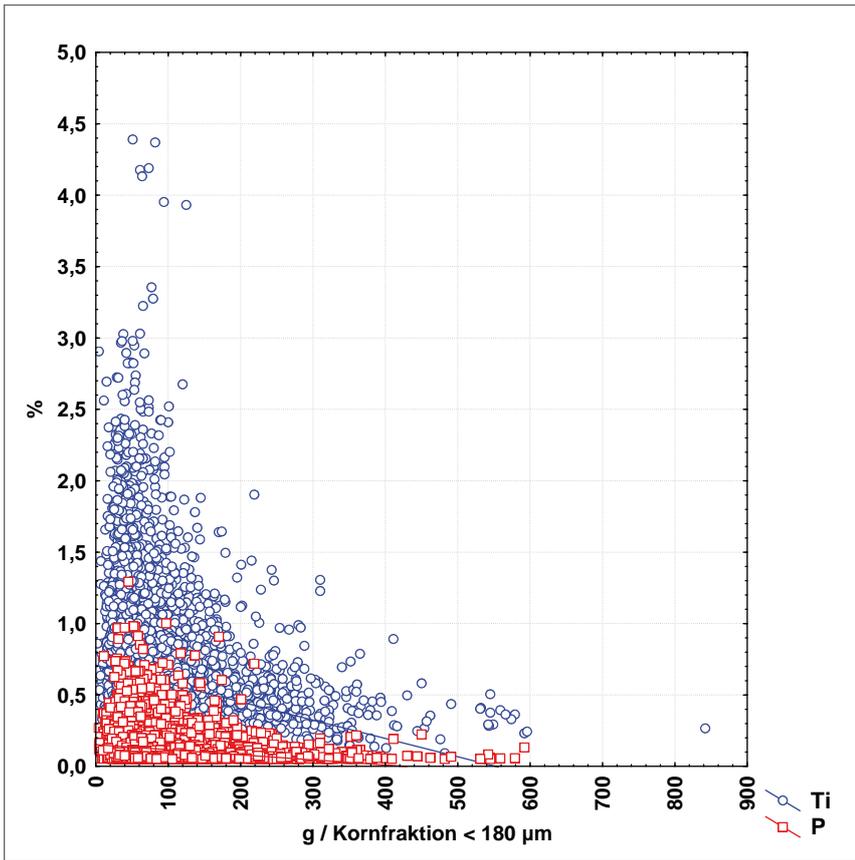


Abb. 10.
Bachsedimentgeochemie Böhmisches Masse; Gewichte der Kornfraktion < 0,18 mm nach Siebung, Vergleich der Beprobungsjahre 1978 und 1979.



Bei der Gegenüberstellung der jeweilig erreichten Probenmengen < 0,18 mm einerseits und bestimmten Elementkonzentrationen andererseits zeigt sich das Phänomen, dass für Elemente wie Cer, Lanthan, Phosphor oder Titan negative Korrelationen bestehen (für Phosphor (P) und Titan (Ti), siehe Grafik in Abbildung 11).

In der räumlichen Darstellung der jeweiligen Gewichte der Kornfraktion < 0,18 mm in den Proben der Böhmisches Masse lassen sich eindeutige Zusammenhänge mit der Lithologie der Einzugsgebiete und der morphologischen Situation erkennen (Abb. 12). Wahrscheinlich ist der Schluss daraus zulässig, dass Schwerminerale in der Feinstfraktion (Feinschluff) angereichert werden; Feldspäte und Quarz demgegenüber in der Sand- und Kiesfraktion. Die morphologische Situation und der davon abhängige Sedimenttransport in den Bächen führen zu einer Trennung dieser Kornfraktionen und zu einer Anreicherung der Sandfraktion. Das bewirkt, dass im Bereich der Granite und granitoiden Gesteinstypen die Feinstfraktion im Sediment der Bäche zurücktritt.

Analytik

Im Erläuterungstextteil zum „Geochemischen Atlas der Republik Österreich / Böhmisches Masse und Zentralzone“ (THALMANN et al., 1989b) wird die Vorgangsweise bei der Analytik im Detail beschrieben. Zur Vollständigkeit werden hier die wichtigsten Informationen zur eingesetzten Multi-elementanalytik zusammengefasst. Als Analysemethoden wurden verwendet (Tab. 4):

- Optische Spektrometrie mit simultaner Messwerterfassung und induziert, gekoppelter Plasmaanregung (ICP-OES). Der entsprechende Aufschluss erfolgte in einem Säuregemisch $\text{HNO}_3:\text{HF}:\text{HClO}_4 = 5:1:1$.
- Wellenlängedispersive Röntgenfluoreszenzspektrometrie (XRF); Pulverpressling in Borsäureeinbettung.
- Optische Spektrografie (OES) mit 3,4 m Gitterspektrograf.
- Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) / Hydridmethode (für Antimon).
- Halbquantitative Methode nach Gutzeit (für Arsen).

Die Multi-elementmethode erfasste 35 Elemente. Laborintern wurden für eine Reihe von Elementen mehrere Analysemethoden zur Kontrolle eingesetzt. Zur Dokumentation und weiteren Bearbeitung wurden die Daten der folgenden Element-/Analytik-Kombinationen vom Labor übergeben (siehe Tab. 4).

Dokumentation

Die Phase der Dokumentation der Bachsediment-Analytikdaten für die Böhmisches Masse und die Zentralzone fiel in eine Übergangszeit, in der zwar schon EDV-Kapazitäten zur Verfügung standen, für die Verrechnung der für die damalige Zeit (zweite Hälfte der 1980er Jahre) großen Datenmengen aber entsprechende Zentralrechner notwendig waren. Da die Geologische Bundesanstalt zu dieser Zeit über keine entsprechenden Kapazitäten verfügte, wurde beschlossen, eine Dokumentation auch auf analoger Basis anzustreben, wobei die Kartenerstellung EDV-gestützt ausgeführt werden sollte.

Element	Methode
Ag	OES
Al	XRF
As	Gutzeit
Ba	ICP
Be	ICP
Ca	ICP
Ce	ICP
Co	ICP
Cr	ICP
Cu	ICP
Fe	ICP
Ga	ICP
K	XRF
La	ICP
Mg	ICP
Mn	ICP
Mo	OES
Na	ICP

Element	Methode
Nb	XRF
Ni	ICP
P	ICP
Pb	OES
Rb	XRF
Sb	AAS
Sc	ICP
Sn	OES
Sr	ICP
Th	XRF
Ti	ICP
U	XRF
V	ICP
W	XRF
Y	XRF
Zn	ICP
Zr	XRF

Tab. 4. Programmteil Böhmisches Masse und Zentralzone; Multi-element-/Analytikliste.

Die Dokumentation umfasste in der Endausführung:

- Eine Darstellung der Analyseergebnisse pro Element im Maßstab 1:50.000 auf Basis der ÖK 50. Die Elementverteilungen wurden sowohl als verrechnete Raster-, als auch als Punktsymboldarstellung ausgeführt. Für jedes ÖK-Blatt wurden auch eine Probepunktkarte und eine Darstellung der geologisch-tektonischen Einheiten gezeichnet. Jede dieser Karten wurde auf Folien (mit unterlegter Topografie) geplottet, wodurch eine weitere Vervielfältigung gewährleistet war – insgesamt mehr als 4.200 Einzelfolienplots im Maßstab 1:50.000.
- Ein dBASE-Datensatz, der neben den Analyseergebnissen auch zahlreiche Zusatzinformationen, wie Probepunktnummer, Labornummer, Probengewichte, geologisch-tektonische Einheiten am Probepunkt und im Einzugsgebiet, Lagekoordinaten, Probenahmejahr und das für die Probenahme verantwortliche Institut umfasste.
- „Geochemischer Atlas der Republik Österreich 1:1.000.000 – Böhmisches Masse und Zentralzone der Ostalpen (Bachsedimente < 0,18 mm)“ in gedruckter Form einschließlich Textteil (THALMANN et al., 1989a, b).

Aktuell sind die Daten dieses Programmteiles datenbankmäßig an der Geologischen Bundesanstalt erfasst und gesichert und stehen so für alle weiteren geostatistischen und/oder GIS-gestützten Auswertungen zur Verfügung.

3.2 Programmteil Bundesländerprojekte

Fachliche Ziele und Methodenerweiterung

Bereits während der Dokumentationsphase des „Geochemischen Atlas der Republik Österreich“ (THALMANN et al., 1989a, b) wurde an einer Konzeption für die weiteren Schritte im Rahmen der systematischen geochemischen Kartierung des Bundesgebietes gearbeitet und schon im September 1987 ein entsprechender Vorschlag gemeinsam durch das BVFA Arsenal und die GBA vorgelegt („Konzeptvorschlag für die Weiterführung systematischer geochemischer Untersuchungen mit zusätzlicher Schwerpunktsetzung bei der Aufklärung von Umweltbelastungen“). Darin waren als Ziele vorgesehen:

- Weiterführung der flächendeckenden Beprobung von Bach- und Flusssedimenten in den noch nicht erfassten Gebieten (Alpenvorland, Nördliche Kalkalpen, Flysch und Helvetikum, inneralpine Becken, alpine Randbecken, Drauzug, Karnische Alpen, Karawanken).
- Einbeziehung auch der großen Flussläufe.
- Beprobung auch unter Berücksichtigung von Immissionssituationen an Bächen und Flüssen.
- Wenn möglich auch Beprobung des Feinstsediments und Analytik an der Kornfraktion < 0,04 mm.
- Erfassung der jeweiligen hydrochemischen-hydrophysikalischen Randbedingungen am Beprobungspunkt.

Erst nach der Präsentation des als Druckwerk dokumentierten „Geochemischen Atlas der Republik Österreich“ (THALMANN et al., 1989a, b) zur Mitte des Jahres 1989 konnte mit der Verhandlung von Folgeprojekten begonnen werden. In dieser Phase übernahm das BVFA Arsenal die Initiative, entsprechende Projekte mit einzelnen Bundesländern zu diskutieren. Das Bundesländerprogramm startete mit dem Bundesland Niederösterreich im Jahr 1991. Die Finanzierung aller Bundesländerprojekte erfolgte im

Rahmen der Bund/Bundesländerkooperation für Rohstoff-, Energie und Umweltforschung. Die jeweilige Organisation und Durchführung dieser Teilprojekte übernahmen wechselnde Teams (Tab. 1, 5). Die konkrete Planung und die inhaltlichen Ziele dieser Projekte folgten der obigen Konzeption, verstärkt umweltgeochemische Aspekte zu berücksichtigen.

Probenahmeplanung, Probenahme und Probenaufbereitung

Die Beprobungsplanung in den Bundesländerprojekten musste zwei Randbedingungen beachten: Einerseits standen nur eingeschränkte Mittel zur Verfügung, andererseits sollten trotzdem die fachlichen Ziele voll erreicht werden. Um die erste Randbedingung zu erfüllen, wurde eine Beprobungsdichte von etwa einer Probe / 10 km² angepeilt. Dies stellt zwar im Mittel nur ein Zehntel der Beprobungsdichte in der Böhmisches Masse und der Zentralzone dar; wie sich aber gezeigt hat, wird trotzdem eine flächendeckende Erfassung des Gewässersystems dadurch möglich. Um die fachlichen Ziele – die Charakterisierung des geologisch bedingten Hintergrundes und die umweltgeochemischen Aspekte – zu verbinden, wurden 40 bis 50 % der Probepunkte für Kleineinzugsgebiete reserviert; mit der anderen Hälfte der Probepunkte wurde versucht, entlang der Hauptbäche die jeweiligen Emittenten oder Immissionssituationen (Siedlungen, Gewerbe/Industrie, Kläranlagen etc.) zu erfassen. Aus letzterem Aspekt wurden auch alle Hauptflüsse in der Zentralzone in die Beprobung miteinbezogen (Abb. 4).

Auf Grund der dann fast 20-jährigen Dauer der Programmdurchführung in den Bundesländern (1991 bis 2010) wechselten sowohl Projektleitungen als auch die jeweils durchführenden Teams (Tab. 5). Durch die übergeordnete Fachkoordination der Geologischen Bundesanstalt wurde die vorgegebene Programmlinie aber konsequent eingehalten.

Bundesland	Beprobung Jahr	Beprobung Team	Handling und Verantwortung für Aufbereitung
Niederösterreich	1991–1992	Teams VA Eisenerz	Vortrocknung in gut durchlüfteten Räumen im Gelände; Übergabe der Proben an Labor FBVA Arsenal zur weiteren Bearbeitung (Trocknung, Siebung).
Oberösterreich	1994	Teams Büro Pirkl	Vortrocknung in gut durchlüfteten Räumen im Gelände; Übergabe der Proben an Labor FBVA Arsenal zur weiteren Bearbeitung (Trocknung, Siebung).
Salzburg	1999	Teams Büro Pirkl	Vortrocknung in gut durchlüfteten Räumen im Gelände; Übergabe der Proben an Labor FBVA Arsenal zur weiteren Bearbeitung (Trocknung, Siebung).
Tirol	1999	Teams Büro Pirkl	Vortrocknung in gut durchlüfteten Räumen im Gelände; Übergabe der Proben an Labor FBVA Arsenal zur weiteren Bearbeitung (Trocknung, Siebung).
Burgenland	2001	Teams Büro Pirkl	Vortrocknung in gut durchlüfteten Räumen im Gelände; Übergabe der Proben an Labor FBVA Arsenal zur weiteren Bearbeitung (Trocknung, Siebung).
Vorarlberg	2002	Teams Büro Pirkl	Vortrocknung in gut durchlüfteten Räumen im Gelände; Übergabe der Proben an Labor GBA zur weiteren Bearbeitung (Trocknung, Siebung).
Kärnten	2005	Teams GBA und Büro Pirkl	Vortrocknung in gut durchlüfteten Räumen im Gelände; Übergabe der Proben an Labor GBA zur weiteren Bearbeitung (Trocknung, Siebung).
Steiermark	2007	Teams GBA	Vortrocknung in gut durchlüfteten Räumen im Gelände; Übergabe der Proben an Labor GBA zur weiteren Bearbeitung (Trocknung, Siebung).
Wien	2008	Teams GBA	Vortrocknung in gut durchlüfteten Räumen im Gelände; Übergabe der Proben an Labor GBA zur weiteren Bearbeitung (Trocknung, Siebung).

Tab. 5. Bundesländerprojekte; Struktur, Probenahme und Probenaufbereitung.

Für die konkrete Beprobung in den Bundesländerprojekten galten prinzipiell dieselben fachlichen und technischen Vorgaben wie im Beprobungsteil Böhmisches Mass und Zentralzone. Die Aufgabenstellung am jeweiligen Probepunkt wurde jedoch stark erweitert:

- Neben der Probenahme für die Erfassung der Kornfraktion < 0,18 mm wurde eine zusätzliche Probe gewonnen, mit der die Kornfraktion < 0,04 mm erfasst werden sollte. Diese Probe wurde an Stellen im Gewässer gewonnen, an denen Feinsediment überwiegt (insbesondere Sediment in Stillwasserbereichen).
- Messungen am Beprobungspunkt von Lufttemperatur sowie Wassertemperatur, elektrischer Leitfähigkeit, pH-Wert und Eh-Wert sowohl in der fließenden Welle, als auch im wassergesättigten Sediment (an der noch nicht dekantierten Probe).
- Da auch große Gebiete in kalkalpinen Abschnitten zu beproben waren, wurde bereits im Vorfeld festgehalten, dass auch alle trockengefallenen Gerinne (nach Beprobungsplanung) zu beproben wären. Wenn an diesen Punkten mit zu wenig Feinsediment zu rechnen war, wurde eine zusätzliche Anreicherung durch Trockensiebung < 0,18 mm am Probepunkt ausgeführt.
- Zur externen Laborkontrolle wurde eine Doppelprobenahme (am jeweiligen Probepunkt) etwa an jedem 50. Probepunkt vorgesehen.

Gegenüber der fachlichen Planung und Vorgaben für die Probenahme und der weiteren Probenbehandlung gab es in der konkreten Durchführung zwei Abweichungen:

- Im Rahmen der Projekte Niederösterreich und Oberösterreich wurden am Beprobungspunkt nur ein Teil der vorgesehenen Messungen an der fließenden Welle und dem wassergesättigten Sediment ausgeführt. Der Grund lag bei Kommunikationsproblemen zwischen Projektleitung und Probenehmersteam.
- Im Zuge aller Bundesländerprojekte wurde auch die Probenahme für die Kornfraktion < 0,04 mm ausgeführt. Die volle Probenaufbereitung und Analytik für diese Proben konnte aber nur in den Bundesländern Niederösterreich, Vorarlberg, Kärnten, Steiermark, Burgenland und Wien durchgeführt werden. Für das Bundesland Oberösterreich erfolgte zwar die Siebung und Probenaufbereitung für die Kornfraktion < 0,04 mm, aber keine Analytik. Im Rahmen der Bundesländerprojekte Salzburg und Tirol war keine entsprechende

Probenbehandlung der Kornfraktion < 0,04 mm möglich. Grund waren fehlende finanzielle Mittel. Die entsprechenden Proben werden aber im Probenarchiv der Geologischen Bundesanstalt gesichert aufbewahrt!

Da unterschiedliche Labors mit der Probenbehandlung und Probenaufbereitung im Rahmen der verschiedenen Projekte betraut waren, werden die Arbeitsschritte, so wie sie z.B. durch das Labor der Geologischen Bundesanstalt für die Steiermark-Proben getätigt wurden, beispielhaft aufgeführt:

Die befüllten Probensäckchen wurden in geeigneten Räumen an der Luft vorgetrocknet und nach Anlieferung an das Labor der Geologischen Bundesanstalt bei Raumtemperatur (< 30 °C, um Hg-Verlust vorzubeugen) während mehrerer Wochen auf einen Wassergehalt von < 2 M-% getrocknet. Die getrockneten Proben wurden danach in einem Porzellanmörser vorsichtig zerdrückt, aber nicht gemahlen und in rostfreien Stahlsieben (DIN 4188) auf einer Siebmaschine (Vibration) 10 min (max. 20 min) trocken gesiebt. Das Eingangsgewicht und das Gewicht der jeweiligen Siebfraktionen wurde protokolliert und der Gewichtsanteil (M-%) < 0,18 mm sowie < 0,04 mm errechnet.

Das Siebgut (< 0,18 mm und < 0,04 mm) wurde in jeweils zwei 50 ml-Polyäthylenfläschchen (Fa. Nalgene) gefüllt; der Inhalt des ersten Fläschchens wurde für die Analytik verwendet und das zweite Fläschchen als Rückstellprobe aufbewahrt.

Analytik

Die erweiterten Ziele der Bach- und Flusssedimentgeochemie in den Bundesländerprojekten erforderten auch eine Erweiterung bei dem zu analysierenden Elementenspektrum. Das Analytikspektrum umfasste 43 Elemente (Tab. 6) – um acht mehr als im ersten Programmteil. Die analysierten Spurenelemente wurden um sieben Elemente ergänzt, die insbesondere für umweltgeochemische Aussagen notwendig sind (Tab. 7). Bei den Hauptelementen wurde zusätzlich Silicium (Si) analysiert.

Einschränkend ist festzuhalten, dass im Rahmen des Projekts Niederösterreich die Elemente Chlor und Lithium nicht bestimmt wurden. Demgegenüber wurde besonders im Niederösterreich-Projekt versucht, die neuen Möglichkeiten der Analytik auszureizen und bei einer Reihe von Elementen sehr niedrige Bestimmungsgrenzen zu erreichen. Leider führte das zu Problemen bei der Kompatibilität mit den angrenzenden Beprobungsgebieten in Ober-

Hauptelemente	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K	P							
Spurenelemente	Ag	As	Ba	Be	Cd	Ce	Cl	Co	Cr	Cu	F	Ga	Hg	La	Li	Mo	Nb
	Ni	Pb	Rb	S	Sb	Sc	Se	Sn	Sr	Th	U	V	W	Y	Zn	Zr	

Tab. 6. Liste der im Rahmen der Bundesländerprojekte analysierten Elemente.

Hauptelemente	Si						
Spurenelemente	Cd	Cl	F	Hg	Li	S	Se

Tab. 7. Elemente, die im Rahmen der Bundesländer neu zur Analytik vorgesehen wurden.

österreich und der Steiermark. Auf diese Probleme wird im Einzelnen bei der Ergebnisdiskussion der betreffenden Elemente eingegangen.

Die zusätzlich analysierten Elemente sind einerseits für umweltrelevante Fragestellungen von großer Bedeutung (Cadmium, Quecksilber), andererseits sind die Elemente Selen und Lithium vor allem ernährungsphysiologisch von Interesse. Durch die Erfassung der Elemente Silicium, Chlor und Schwefel gelingt eine verbesserte allgemeine Charakterisierung der Sedimentmatrix (z.B. Schwefel als Indikator für Gips oder sulfidische Vererzungen).

Da im Zuge der Bundesländerprojekte bei den einzelnen Analytikschritten im Detail etwas andere Vorgangsweisen als im ersten Programmteil gewählt wurden, werden diese Arbeitsschritte im Folgenden beschrieben, wie sie weitgehend übereinstimmend für die Bundesländerbeprobungen ausgeführt wurden.

Trocken- und Glühverlust

Der Gehalt der lufttrockenen Siebfractionen (< 180 µm und < 40 µm) an adsorbiertem Wasser wurde in Anlehnung an die ÖNORM B 4410 (1974) durch Ofentrocknung bei 105 °C über Nacht bestimmt. Die Bestimmung des Gewichtsverlustes zwischen 105 °C und 360 °C (2 Stunden, Abkühlen im Exsikkator) im Muffelofen wurde als einfache Methode zur Bestimmung des Gehaltes an organischer Substanz herangezogen. Aus früheren Studien unter Einsatz der Differentialthermogravimetrie (DTG) und der Analyse des organischen Kohlenstoffs hat sich diese Vorgangsweise als brauchbar erwiesen. Die organische Substanz der Flusssedimente wird in diesem Temperaturbereich fast vollständig oxidiert, wenn nicht massiv Steinkohlenstaub in der Probe vorliegt. Allerdings ist stets darauf Bedacht zu nehmen, dass ebenfalls Eisenhydroxide und Schichtsilikate (vor allem aufweitbare 3-Schicht-Tonminerale) in diesem Temperaturbereich Wasser abgeben. Es besteht daher die Gefahr, an Hand des Glühverlustes

105 °C und 360 °C den Gehalt der Bachsedimentproben an organischer Substanz etwas zu überschätzen. Der Gewichtsverlust zwischen 360 °C und 1.000 °C entspricht hauptsächlich dem Verlust von Kristallwasser der Schichtsilikate und dem CO₂-Verlust der Karbonate.

Röntgenfluoreszenzanalytik (RFA)

Das Probenmaterial wurde bei 105 °C getrocknet. Ungefähr 5 g des fein gepulverten Materials wurden in einer halbautomatischen Tablettenpresse mit einem Druck von 20 Tonnen in einem Bett aus Borsäure zu Tabletten (40 mm Durchmesser) verpresst. Die Probenbezeichnung wurde unverwischbar auf den Borsäurerücken geschrieben.

Die Analytik erfolgte mit einem wellenlängendispersiven Röntgenfluoreszenzspektrometer Philips PW2400 (Anregungsspannung 60 kV, Anodenmaterial der Röntgenröhre Rh, Analysatorkristalle LiF200, LiF220, Ge, PET und ein Multilayerkristall PX1, Durchfluss-, Xe-gefüllter Detektor und Szintillationsdetektor) mit automatischem Probenwechsler (Philips PW 2510, 102 Positionen). Die Auswertung der Messdaten erfolgte mit einem Rechner unter Einsatz des Softwarepaketes X47. Darüber hinaus wurde fallweise das Softwarepaket UNIQUANT Ver. 3.23 eingesetzt.

Die RFA stellt eine Analysemethode dar, bei der die Messergebnisse der zu analysierenden Proben mit den Ergebnissen, die durch die Messung von Proben bekannter Zusammensetzung erhalten werden, korreliert werden. Es gelangte eine Vielzahl von verschiedenen international zertifizierten Referenzmaterialien zum Einsatz. Etwa 10 % der gemessenen Proben waren Qualitätskontrollproben.

Zum Ausgleich einer gerätebedingten Drift wurden regelmäßig Monitorproben gemessen. Bei Abweichungen erfolgte eine Nachjustierung.

Folgende Elemente der Fluss- und Bachsedimentproben wurden mittels RFA gemessen (Tab. 8):

Hauptelemente	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K	P						
Spurenelemente	Cl	F	S	Ba	Cr	Ga	Nb	Ni	Pb	Rb	Sr	Th	V	Y	Zn	Zr

Tab. 8.
Mittels Röntgenfluoreszenzanalytik (RFA) gemessene Elemente.

Nasschemische Analytik (ICP-MS)

Für die nasschemischen Analysen wurden folgende Aufschlussverfahren angewendet:

Königswasserauszug nach ÖNORM L 1085 (1989):
2 g der feingemahlten Fraktionen (< 180 µm und < 40 µm) wurden mit 5 ml HNO₃ und 15 ml HCl in einer eigens dafür konzipierten Aufschlussapparatur mit Rückflusskühlung gekocht und mit H₂O auf 100 ml aufgefüllt.

Vollaufschluss:

100 mg der feingemahlten Fraktionen (< 180 µm und < 40 µm) wurden mit 2,5 ml HClO₄ + 2,5 ml HNO₃ und ca.

10 ml HF abgeraucht, bis fast zur Trockene eingedampft, mit 5 ml HNO₃ aufgenommen und mit H₂O auf 100 ml aufgefüllt.

Die Analytik erfolgte mittels ICP-MS (induktiv gekoppelte Plasma-Massenspektrometrie) mit einem Gerät der Type Perkin Elmer Elan 5000 A.

Für die Bestimmung von Elementen mit ICP-MS wurden die Proben nach einem Vollaufschluss eingesetzt. Damit wurden folgende Parameter bestimmt (Tab. 9):

Spurenelemente	Ag	As	Be	Cd	Ce	Co	Cu	La	Li	Mo	Sb	Sc	Sn	U	W
-----------------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---

Tab. 9.
Mittels induktiv gekoppelter Plasma-Massenspektrometrie (ICP-MS) gemessene Elemente.

Selen und Quecksilber wurden durch Hydridentwicklung im kontinuierlichen Flussbetrieb aus dem Königswasser-auszug mittels Natriumborhydrid ebenfalls mit ICP-MS gemessen.

Dokumentation

Die Randbedingungen der Projektbewilligung und der jeweiligen Finanzierung führten dazu, dass die Forschungsprojekte streng getrennt nach Bundesländern bearbeitet

und dokumentiert wurden. Für jedes Bundesland liegen dabei oft mehrere Berichtsteile vor. Auch die Auswertungs- und Interpretationsinhalte und deren Bearbeitungstiefe können sich je nach Bundesland unterscheiden, da sie nach den Wünschen und Anforderungen der Auftraggeber in den Bundesländern ausgerichtet wurden. Erst mit der gegenständlichen Publikation werden die Daten, Ergebnisse und Erfahrungen zusammengeführt.

	„Geochemischer Atlas“	Nieder-österreich	Ober-österreich	Salzburg	Tirol	Vorarlberg	Burgenland	Kärnten	Steiermark	Wien
Si	nb	0,094 %	0,55 %	0,33 %	0,1 %	1,07 %	9,1 %	0,44 %	0,22 %	11,5 %
Ti	< 0,05 %	0,015 %	0,015 %	0,002 %	< 0,01 %	0,01 %	0,13 %	0,01 %	0,009 %	0,18 %
Al	< 0,05 %	0,053 %	0,11 %	0,08 %	0,1 %	0,32 %	1,3 %	0,1 %	0,21 %	3,33 %
Fe	< 0,01 %	0,09 %	0,09 %	0,12 %	0,07 %	0,16 %	1,2 %	0,08 %	0,04 %	1,47 %
Mg	< 0,05 %	0,18 %	0,2 %	0,39 %	0,39 %	0,19 %	0,34 %	0,68 %	0,37 %	0,78 %
Mn	< 0,015 %	0,002 %	0,005 %	0,077 %	< 0,01 %	0,006 %	0,02 %	0,007 %	0,007 %	0,07 %
Ca	< 0,01 %	0,54 %	0,48 %	0,16 %	0,3 %	0,55 %	0,3 %	0,28 %	0,15 %	4,29 %
Na	< 0,1 %	0,022 %	0,004 %	0,02 %	< 0,02 %	0,01 %	0,2 %	< 0,01 %	0,02 %	0,1 %
K	< 0,05 %	0,02 %	0,013 %	0,018 %	0,02 %	0,1 %	0,44 %	0,02 %	0,03 %	0,68 %
P	< 0,05 %	0,01 %	0,006 %	0,004 %	< 0,01 %	0,005 %	0,03 %	< 0,004 %	0,004 %	0,039 %
Ag	< 0,02	< 0,05	0,026	0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
As	< 2	0,1	1	1	< 1	1	< 1	1	< 1	3
Ba	< 10	5	5	10	< 10	15	69	15	< 10	207
Be	< 1	< 0,05	0,08	0,1	< 0,3	< 0,3	0,5	< 0,3	< 0,3	0,6
Cd	nb	< 0,05	0,1	0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1
Ce	< 10	13	2,12	0,22	1	2,2	18	1,5	< 1	22
Cl	nb	nb	16	50	< 50	50	< 50	< 50	< 50	38
Co	< 3	0,5	0,7	0,5	0,7	0,8	3,1	0,7	0,6	6
Cr	< 10	7	2	4	< 4	4	26	5	< 4	38
Cu	< 3	0,5	1	0,5	1	1,5	6	1	< 1	21
F	nb	< 150	50	150	< 150	102	251	< 150	< 150	263
Ga	< 3	0,5	2	4	< 4	4	< 4	< 4	< 4	8
Hg	nb	< 0,01	0,008	0,01	< 0,01	0,01	0,02	< 0,01	< 0,01	0,04
La	< 10	< 1	1	0,49	< 1	1,2	9	< 1	< 1	11
Li	nb	nb	1,27	0,99	< 4	4,3	9	< 4	< 4	19
Mo	< 0,1	< 0,5	0,1	0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Nb	< 5	0,5	2	4	< 4	4	< 4	< 4	< 4	6
Ni	< 5	6	2	4	< 4	4	10	< 4	< 4	26
Pb	< 3	7	5	4	< 4	15	12	17	< 6	31
Rb	< 10	8	4	5	6	11	27	5	< 5	45
S	nb	< 50	138	100	< 100	100	< 100	< 100	< 100	473
Sb	< 2	0,025	0,35	0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,6
Sc	< 1	0,25	0,12	0,01	< 0,5	< 0,5	3,2	< 0,5	< 0,5	4
Se	nb	0,025	0,08	0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,19
Sn	< 1	0,4	0,4	0,5	< 0,5	< 0,5	0,9	< 0,5	< 0,5	1,9
Sr	< 10	58	39	40	39	60	56	23	< 19	212
Th	< 10	3	2	4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4
U	< 5	0,5	0,38	0,01	< 0,4	0,8	< 0,4	0,7	< 0,4	1
V	< 10	0,5	9	5	7	9	29	5	< 4	38
W	< 1	0,5	0,1	0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,6
Y	< 10	6	5	4	< 4	4	10	< 4	< 4	8
Zn	< 5	6	13	5	< 5	11	32	11	< 6	71
Zr	< 10	18	10	22	11	11	57	20	15	74

Tab. 10. Bach- und Flusssedimentgeochemie < 180 µm / alle Programmteile – Vergleich der Bestimmungsgrenzen oder der kleinsten gemessenen Konzentrationen (Spurenelemente in ppm). nb = Element wurde nicht gemessen.

Aktuell sind alle Beobachtungs-, Mess- und Analysedaten in Datenbanken an der Geologischen Bundesanstalt digital dokumentiert und gesichert. Auch sind alle noch vorhandenen Originalproben (z.B. nicht aufbereitete Proben für die Kornfraktion $< 0,04$ mm) sowie alle Rest- und Rückstellproben des gesamten Programms im Probenarchiv der Geologischen Bundesanstalt erfasst und gelagert.

Wie schon mehrfach erwähnt, ergaben sich in den Teilprojekten für mehrere Elemente unterschiedliche Bestimmungsgrenzen. In Tabelle 10 sind die entsprechenden Daten aller Projekte aufgelistet. Diese Unterschiede haben mehrere Gründe:

- Die Entwicklung der Analysegeräte während der langen Programmdauer; Trend zu viel niedrigeren Nachweisgrenzen.

- Die Situation, dass in Teilprojekten die Projektleitung und das Labor in der gleichen Institution situiert waren. Dabei trat die interne Projektkontrolle in den Hintergrund; das Labor hatte einen größeren Gestaltungsspielraum (auch für Experimente).
- Zum Teil sehr unterschiedliche Zusammensetzung und Matrix der Probensets je nach Projektgebiet.

Die Problematik der zum Teil stark variierenden Bestimmungsgrenzen wirkt sich auch auf die zusammenfassende, flächendeckende Datendokumentation in Kartenform aus. Aus diesem Grund können einige Elemente nicht dargestellt werden. Entsprechende Hinweise und die Diskussion dieser Probleme erfolgen im Rahmen der Einzelelementbeschreibungen.