

5 Ergebnisdarstellung und -diskussion nach Einzelementen

(HERBERT PIRKL, SEBASTIAN PFLEIDERER, ALBERT SCHEDL, HEINZ REITNER & HASSAN NEINAVAIIE)

Dieses Kapitel gibt eine Übersicht einerseits über das Verhalten der jeweiligen Elemente, andererseits über die wichtigsten, spezifischen Ergebnisse der systematischen Bach- und Flusssedimentgeochemie. Jede Elementbeschreibung folgt dabei dem gleichen Inhaltsschema:

- Daten über die geogene Herkunft des jeweiligen Elements.
- Daten über die Häufigkeit des jeweiligen Elements in lithologischen Haupteinheiten; die Daten sind der Literatur entnommen (siehe Zitate).
- Wichtige Minerale des jeweiligen Elements.

Daten über die Spurenelementgehalte des jeweiligen Elements in Mineralen; die Konzentrationsangaben stammen einerseits aus WEDEPOHL (1974) bzw. RÖSLER & LANGE (1976), andererseits aus mineralogischen Untersuchungen an Bachsedimenten, Böden, Haldenmaterialien und Gesteinen in Österreich (NEINAVAIIE et al., 2008; PIRKL & NEINAVAIIE, 2001, 2002; SCHEDL et al., 2012, 2014).

- Informationen über die Verbreitung und Herkunft des jeweiligen Elements in Abhängigkeit von technogenen Prozessen oder Produkten.
- Die Hauptergebnisse der Elementkonzentrationen in den Bach- und Flusssedimenten werden einerseits in Verteilungsgrafiken zusammengefasst, andererseits als Flächendarstellung für die Kornfraktion < 0,18 mm, soweit es sinnvoll erschien. Die Elementverteilungen werden nach den Hauptarbeitsgebieten Böhmisches Massiv, Zentralzone und Bundesländerprojekte sowie den Korngrößenfraktionen getrennt dargestellt.

- Eine Kurzcharakteristik fasst für jedes Element die wichtigsten Ergebnisse und Aussagen der Analytik der Bach- und Flusssedimente zusammen.

Als Darstellungsart für die Verteilungsgrafiken der Elementgehalte wurde eine Kombination aus einem Quantile-Quantile Punktdiagramm (in Form eines sogenannten Normalverteilungsplots) und aus einem Wahrscheinlichkeitsnetz gewählt (Abb. 24).

Auf der X-Achse werden als empirische Quantile die Elementgehalte nach ihren Größen (bzw. Rang) geordnet aufsteigend eingetragen. Auf der linken Y-Achse werden die aus den Rangwerten berechneten Quantile z_α als lineare Maßzahlen der Standard-Normalverteilung $N(0,1)$ aufgetragen. Zusätzlich wird auf der rechten Y-Achse die den Quantilen entsprechende Wahrscheinlichkeit der Standard-Normalverteilung aufgetragen. Bei den Verteilungsgrafiken der Hauptelemente werden die Gehalte auf der X-Achse linear skaliert eingetragen, für die Verteilungsgrafiken der Spurenelemente wird in der X-Achse eine logarithmische Skala verwendet.

Mit Hilfe der rechten Y-Achse können die Anteile der relativen Häufigkeiten unter einem gewählten Wert der X-Achse abgelesen werden, so weisen z.B. bei dem Wert 0,5 auf der rechten Y-Achse (entspricht dem Perzentilwert 50 % bzw. dem Medianwert) die Hälfte der Daten einen Wert auf, der kleiner als der zugehörige Gehalt auf der X-Achse ist. Dies entspricht dem Wert 0 auf der linken Y-Achse. Zusätzlich können auf der linken Y-Achse die Quantilsabstände als Streuungsparameter (Vielfaches der Standardabweichung) betrachtet werden.

Zusätzlich können die Grafiken als grafischer Test auf Normalverteilung bzw. Log-Normalverteilung dienen. Auf-

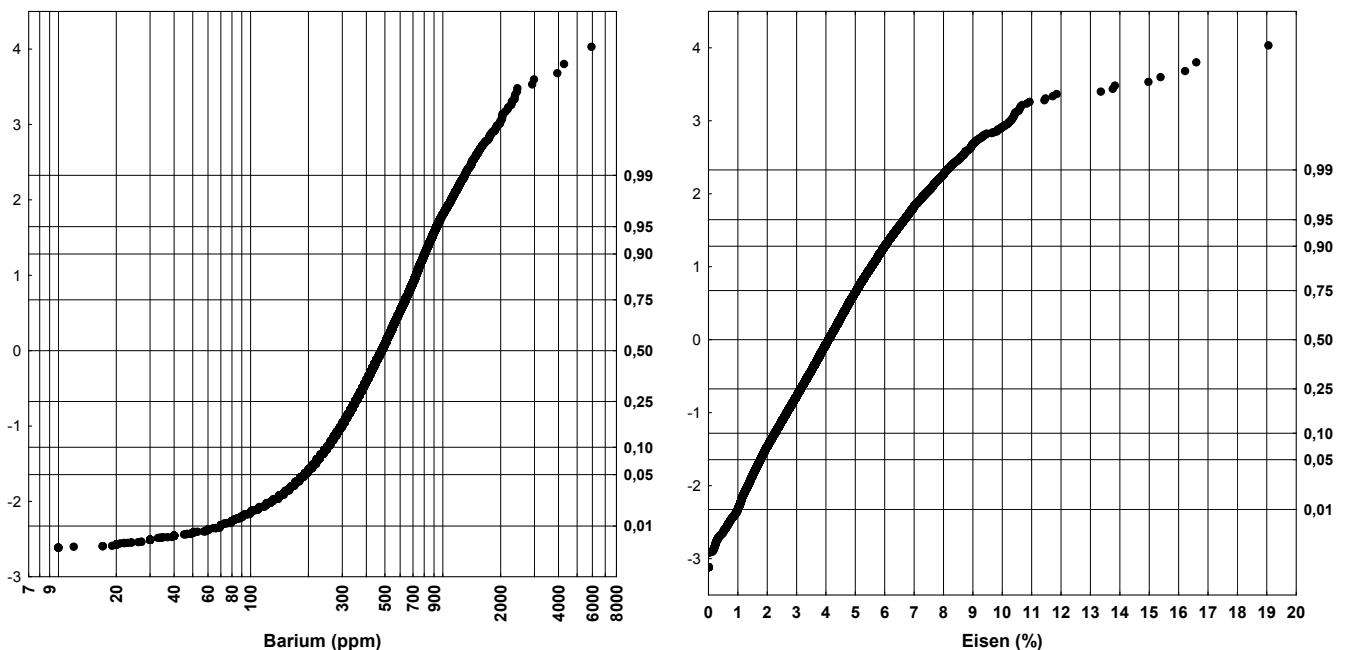


Abb. 24. Beispielgrafiken für die Darstellung der Elementverteilungen. Links: siehe Abb. 35b, rechts: siehe Abb. 65b.

grund der speziellen Skalierung der Y-Achse würden normalverteilte Daten der Hauptelemente auf einer Geraden angeordnet zu liegen kommen, bzw. würden bei den Spurenelementen log-Normalverteilte Daten auf einer geraden Linie angeordnet werden. Damit die Lage der Datenpunkte besser sichtbar wird, wurde die Gerade der Standard-Normalverteilung nicht als Element in die Grafik aufgenommen.

Eine der Vorteile dieser Darstellungsart liegt auch in einer besseren grafischen Unterscheidung von sehr niedrigen und sehr hohen Konzentrationen. Natürliche „Brüche“ zwischen verschiedenen Datenpopulationen werden meist deutlich herausgehoben.

Die folgenden Darstellungen nach Einzelelementen beinhalten einerseits allgemeine Informationen zur geochemischen Charakteristik der Bäche und Flüsse in Österreich, andererseits sehr spezifische Aussagen, die von unterschiedlichen Randbedingungen beeinflusst werden.

Obwohl über die gesamte Programmdauer hin versucht wurde, die fachliche Kontinuität und interne Vergleichbarkeit zu erhalten, ist trotzdem bei der Dateninterpretation eine mögliche Problematik in zwei Bereichen zu beachten:

- Alpine Bäche und Flüsse sind komplexe Systeme, die einer laufenden Veränderung unterworfen sind. Sedimenteintrag, Sedimenttransport und Sedimentablagerung sind von den Parametern Wasserführung, Fließgeschwindigkeit und Schleppkraft abhängig. Diese Parameter wechseln ständig je nach Wetterlage und Abflusssituation im Einzugsgebiet. Kontroll- und Wiederholungsbeprobungen haben zwar gezeigt, dass die Variabilität des Systems sich nicht so stark auf die geochemische Zusammensetzung der Bachsedimente auswirkt. In der langen Phase des Programmablaufes waren aber auch Extremsituationen zu verzeichnen. Witterungsbedingte Extremsituationen waren beispielsweise einerseits eine lange Hitzeperiode während der Beprobungen im Projekt Burgenland (2001), die eine allgemein sehr geringe Wasserführung bedingte, andererseits das Katastrophenhochwasser während der Beprobungen im Projekt Vorarlberg (2002), das zu einer längeren Unterbrechung der Probenahme zwang. Auch kurzzeitige Starkregenereignisse (Sommergewitter) wirken sich lokal auf die Sedimentcharakteristik aus. Für die Bundesländerprojekte können die Geländemessdaten als entsprechende Kontrollparameter für die jeweiligen Beprobungsrandbedingungen herangezogen werden; für den großen Datensatz des Bereichs Zentralzone und Böhmisches Massiv ist dies leider nicht möglich.
- Auch für die Durchführung der Analytik wurde fachliche Kontinuität angestrebt. Soweit es die institutionelle und personelle Kontinuität betrifft, wurde dies bereits oben mehrmals ausgeführt. Die Problematik besteht freilich in der Tatsache, dass sich innerhalb des Programmablaufes von mehr als dreißig Jahren die Analysetechnik massiv verändert hat. Das wirkt sich einmal in den sich verändernden Nachweis-/Bestimmungsgrenzen aus. Wie den technischen Beschreibungen zu entnehmen ist, wurden auch viele Elemente nicht durchgehend mit derselben Analysetechnik gemessen.

- Für einzelne Elemente wird auch auf die kartenmäßige Darstellung der Daten aus den Projekten Oberösterreich und Niederösterreich verzichtet. Die entsprechenden räumlichen Verteilungsmuster dieser Elemente in den beiden Bundesländern lassen darauf schließen, dass nicht nur innerhalb eines Projektablaufs Nachweis-/Bestimmungsgrenzen verändert wurden, sondern auch Fehler beim Probenhandling im Labor geschehen sind.

Bei der Interpretation sollte somit der Fokus nicht auf einzelnen Probepunkten liegen, sondern immer der kleinregionale oder regionale Zusammenhang betrachtet werden. Auch sollten Einzelwerte (Konzentrationen) nicht als absolut gesehen werden, sondern als Hinweis auf Trends oder Unterscheidbarkeit in eben diesem regionalen Zusammenhang – dann spielen die beschriebenen, eventuell störenden Randbedingungen bei Probenahme und Analytik weniger Rolle.

Die Ergebnisse aus der Analytik der Kornfraktion $< 0,04$ mm werden nicht gesondert kartenmäßig dargestellt. Wenn sich an Hand dieser Analytik wichtige Zusatzinformationen ergaben, welche über die Ergebnisse der Kornfraktion $< 0,18$ mm hinausgehen, werden sie textlich in die Elementbeschreibungen integriert. Zusammenfassend ist zum Einsatz der Kornfraktion $< 0,04$ mm festzuhalten, dass in einzelnen lokalen Situationen spezifisch neue oder ergänzende Aussagen gegenüber der Kornfraktion $< 0,18$ mm möglich waren, insgesamt sich aber kein abweichendes Muster damit ergab.

Zur flächenhaften Darstellung der Ergebnisse wurden die Punktdaten der Bachsedimentgeochemie Böhmisches Massiv und Zentralzone (Abb. 1) sowie der Bundesländerprojekte (Abb. 2) herangezogen. Mehrfachbeprobungen und -analytik wurden nicht berücksichtigt. Insgesamt wurden 34.366 Datensätze verwendet.

Für die Interpolation wurde die Methode der inversen Distanzgewichtung gewählt. Diese Methode ist schnell, deterministisch und erfordert keine Annahmen bezüglich der Datenverteilung. Das Ergebnis bildet die Werte an den Messpunkten exakt ab und ist eher geeignet, lokale Variationen anstatt regionaler Trends widerzuspiegeln. Das Ergebnis kann durch die Auswahl des Exponenten (Potenz der Entfernung) und des Suchfeldes, innerhalb welchem benachbarte Punkte in die Berechnung miteinbezogen werden, beeinflusst werden. Hohe Exponenten und kleine Suchradien verringern den Einfluss weiter entfernter Punkte auf den interpolierten Wert und lassen „Bullaugen“ um Probenpunkte entstehen, während ein niedriger Exponent und weite Suchradien lokale Spitzen glätten.

Die Berechnung wurde unter Benutzung des ESRI ArcGIS Geostatistical Analyst® mit den folgenden Parametern für alle Elemente gleichermaßen durchgeführt:

- Exponent für Distanzgewichtung: 2.
- Anzahl benachbarter Punkte: maximal 5, minimal 0. Wenn in der Nachbarschaft keine Punkte vorlagen, wurde der Suchradius nicht vergrößert, sondern auf die Berechnung eines Interpolationswertes verzichtet, um die Gebiete sichtbar zu machen, in denen keine Daten vorliegen. Anstatt eines glättenden Verlaufs wurde die Suche am Rand des Suchfeldes abrupt beendet.

- Suchradius: 5 km. In der Zentralzone und der Böhmisches Masse beträgt die durchschnittliche Entfernung zwischen zwei Probepunkten 0,8 km, in den übrigen Gebieten 2,3 km. Der gewählte Suchradius ist ausreichend groß, um mit der Berechnung die Flächen zwischen den Probepunkten fast im gesamten Bundesgebiet abzudecken. Lediglich in den kalkalpinen Regionen Dachstein, Totes Gebirge und Karwendel sowie im Seewinkel und dem Stadtgebiet Wien kommt es zu nicht berechneten Flächen, allerdings existieren hier auch keine Oberflächengewässer. Ein größerer Suchradius könnte diese Bereiche abdecken, würde aber lokale Muster in anderen Gebieten zu sehr glätten. Auf elliptische Suchfelder wurde verzichtet, um keine Richtungstrends vorzugeben.
- Unterteilung des Suchfeldes in Sektoren: nein.

Für Elemente, die bei allen Teilprojekten (Tab. 2) untersucht wurden und trotz unterschiedlicher Analysemethoden und -zeiträume vergleichbar sind, wurde die Interpolation über das gesamte Bundesgebiet gerechnet. Dies betrifft Aluminium, Kalzium, Eisen, Kalium, Magnesium, Mangan, Natrium, Phosphor, Titan, Arsen, Barium, Beryllium, Cer, Cobalt, Chrom, Kupfer, Gallium, Lanthan, Molybdän, Niob, Nickel, Blei, Rubidium, Scandium, Zinn, Strontium, Thorium, Vanadium, Yttrium, Zink und Zirkonium. Bei den Elementen Silicium, Quecksilber und Selen wurden die Bereiche der Zentralzone und der Böhmisches Masse bei der Interpolation ausgespart, bei den Elementen Chlor und Lithium zusätzlich das Bundesland Niederösterreich, bei Fluor und Schwefel zusätzlich noch Oberösterreich.

Bei den Bundesländerprojekten Vorarlberg, Tirol, Salzburg, Kärnten und Steiermark wurden auch in den Zentralalpen

Bachsedimentproben gewonnen und analysiert. Dies lieferte Informationen über die Elementgehalte von Silicium, Chlor, Fluor, Quecksilber, Lithium, Schwefel und Selen, die im Datensatz der Zentralzone nicht enthalten sind. Die Probepunkte liegen durchschnittlich 5,3 km auseinander und wurden bei der Flächenverrechnung dieser Elemente nicht berücksichtigt. Um die Analytik dennoch darzustellen, sind die Elementgehalte, klassifiziert nach denselben Grenzen wie die interpolierten Werte, als Punktsymbole in den Abbildungen zur Flächenverrechnung enthalten.

Die Ergebnisse der Interpolation wurden als Rasterdatensätze mit einer Zellengröße von 1 x 1 km exportiert. Zur Darstellung der Hauptelemente Aluminium, Kalzium, Eisen, Kalium, Magnesium, Mangan, Natrium, Phosphor, Silicium und Titan wurden acht Klassen gebildet, wobei sich die Klassengrenzen nach den Quantilwerten der ursprünglichen Punktdaten richten (Minimalwert, q_5 , q_{10} , q_{25} , q_{50} , q_{75} , q_{90} , q_{95} , Maximalwert). Für die Nebenelemente wurden sieben Klassengrenzen definiert, die von einer Klassifizierung nach JENKS (1977) ausgehen, danach aber noch manuell modifiziert wurden, um bestimmte Anomalien hervorzuheben.

In den Abbildungen zur Flächenverrechnung sind Diagramme zur Häufigkeitsverteilung eingefügt, die sowohl die Häufigkeiten in Säulenform, als auch kumulative Häufigkeiten in Punktform darstellen. Die Diagramme stellen die Verteilung der Messwerte oberhalb der Bestimmungsgrenze in Prozent, relativ zur Anzahl sämtlicher vorhandener Messwerte dar. Diese Anzahl ist rechts neben den Diagrammen angeführt. Bei der Säulendarstellung entsprechen Klassengrenzen und Farbgebung der Kartenlegende für die Interpolation.

Ag – Silber (Abb. 25–27)

Geogene Herkunft

Spurenelement mit chalkophilen und siderophilen Eigenschaften. Geogen angereichert in hydrothermalen Sulfidlagerstätten, assoziiert mit Gold, Kupfer, Blei, Zink, Quecksilber, Arsen und Antimon. Pfadfinderelement für Buntmetalle; Neben- bis Spurenelement in Sulfiden (insbesondere Fahlerzen, Galenit, Pyrargyrit). Spuren in manchen Fe-Mg-Silikaten, wie in Pyroxenen.

Häufigkeit (Ag in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	0,05 ⁶
ultrabasische Gesteine	0,06 ³
basische Gesteine	0,10 ²
intermediäre Gesteine	0,07 ¹
granitische Gesteine	0,05 ²
Tonschiefer	0,07 ⁵
Sandsteine	0,10–0,31 ⁸
Karbonatgesteine	0,05–0,17 ⁸
Unterböden	0,25 ⁴

Wichtige Silberminerale

Gediegen Silber, Argentit (87 % Ag), Proustit (65 %), Pyrargyrit (60 %), Stephanit (68 %), Polybasit (64–72 %), Miargyrit (37 %), Stromeyerit (53 %), Fahlerz (bis 18 %), Chlorargyrit (75 %), Argentojarosit (19 %), Elektrum (20 %), Sylvanit (13 %).

Silber als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Antimonit	100
Arsen (gediegen)	1.000
Bornit	1.000
Boulangerit	100
Bournonit	bis 3.000
Chalkopyrit	bis 3.000
Chalkosin	100
Clausthalit	1.000
Galenit	bis 30.000
Gold	bis 20.000
Krokoit	100
Kupfer (gediegen)	1.000
Platinminerale	bis 60
Pyrit	bis 200
Pyrrhotin	bis 100
Skutterudit	1.000
Sphalerit	bis 10.000
Tennantit	100

Technogene Herkunft

Überwiegend Nebenprodukt bei der Verhüttung von Kupfer, Blei und Zink. Verwendung in der Schmuckindustrie sowie für elektrische Regler und Leiter, Elektroden, Hartlegierungen, Katalysatoren, korrosionsbeständige Überzüge von Metallen, Silber-Zink-Batterien; Verspiegelung von Glas, als Schutzkolloide und bakterizide Mittel, Entkeimung von Wasser, Zahnmedizin, Münzen und Medaillen, analoge Fotografie u.a. Als industrieller Abfall früher weit verbreitet in Abwässern von Fotolaboratorien und Krankenhäusern, Klärschlämmen und Hausmüll (Batterien, Spiegel etc.).

Verhalten in der Umwelt

Kein essenzielles Spurenelement. Relativ mobiles Element; Löslichkeit unter oxidierenden Bedingungen höher als unter reduzierenden. Unter sauren Bedingungen eher hohe, unter neutralen bis alkalischen Bedingungen geringe Mobilität. Sulfidische Erze werden zu Kerargyrit oder Silberjarosit umgewandelt. Sorption hauptsächlich an Tonminerale, organische Substanz, Fe- und Mn-Oxiden; toxisch für niedrige Wasserorganismen (Tiere stärker gefährdet als Pflanzen). Silber interagiert metabolisch mit Kupfer und Selen und verhindert damit deren Aufnahme im menschlichen Organismus.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

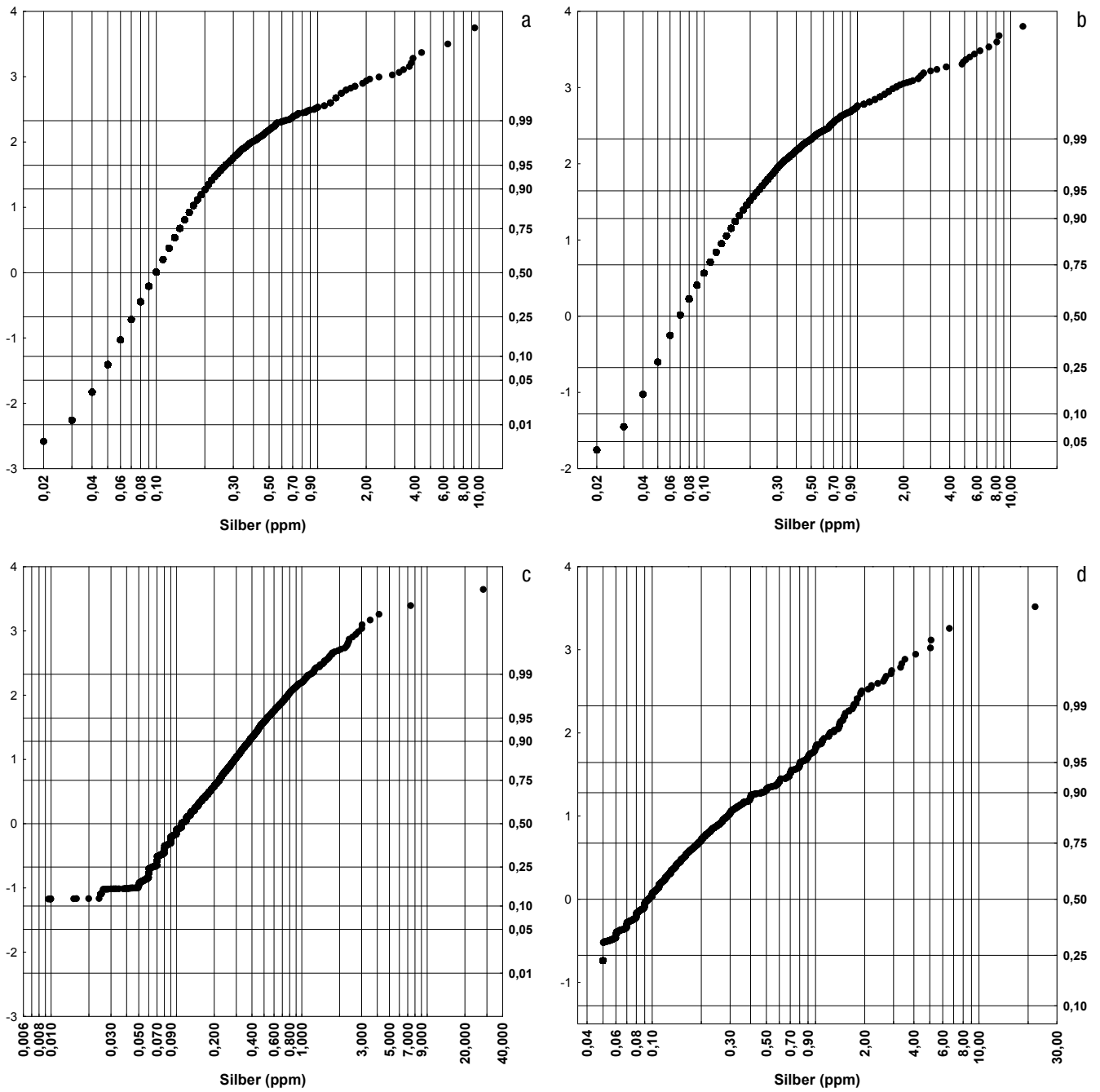


Abb. 25. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Silber in ppm; Böhmisches Massiv (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

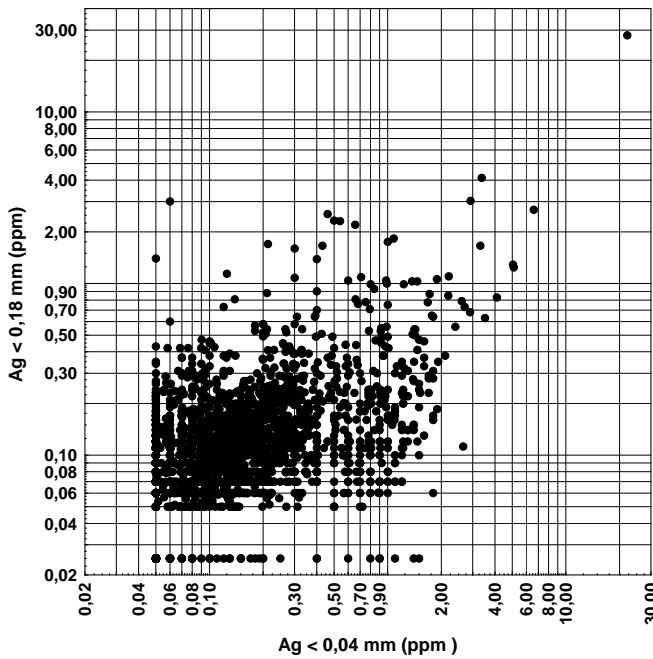


Abb. 26. Vergleich der Kornfraktionen <math>< 0,18 \text{ mm}</math> und <math>< 0,04 \text{ mm}</math> für Silber (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Die Analyseergebnisse für Silber in Bach- und Flusssedimenten sind sehr schwer zu interpretieren. Nur für etwa ein Prozent der Daten liegt die Konzentration bei > 1 ppm. Punkte mit diesen höheren Konzentrationen liegen überwiegend weit verstreut und vereinzelt. Die hohe Streuung der Korrelation von Konzentrationen in der Kornfraktion <math>< 0,18 \text{ mm}</math> und der Kornfraktion <math>< 0,04 \text{ mm}</math> zeigt, dass die Analytik in den niedrigen Konzentrationsbereichen keine eindeutigen Aussagen liefert. Aus diesem Grund wird auch keine flächige Auswertung vorgelegt.

Als Teilergebnis einer Spezialstudie (PIRKL & KRALIK, 1988) ergab sich der Zusammenhang zwischen einer höheren Konzentration von Silber > 1 ppm und Emissionen aus Krankenanstalten (frühere Ag-Abwässer aus der analogen Röntgenbilderstellung). Dieser Hinweis auf anthropogene Belastungen hat sich auch an anderen Stellen bestätigt. Auch andere kommunale Abwässer können etwas mit Silber belastet sein.

Lokale Anreicherungen mit geogener Ursache finden sich im Zusammenhang mit polysulfidischen Vererzungen (Pb-Zn) oder Goldmineralisationen (z.B. Schladminger Tauern, Kreuzeckgruppe, zentrale Hohe Tauern u.a.).

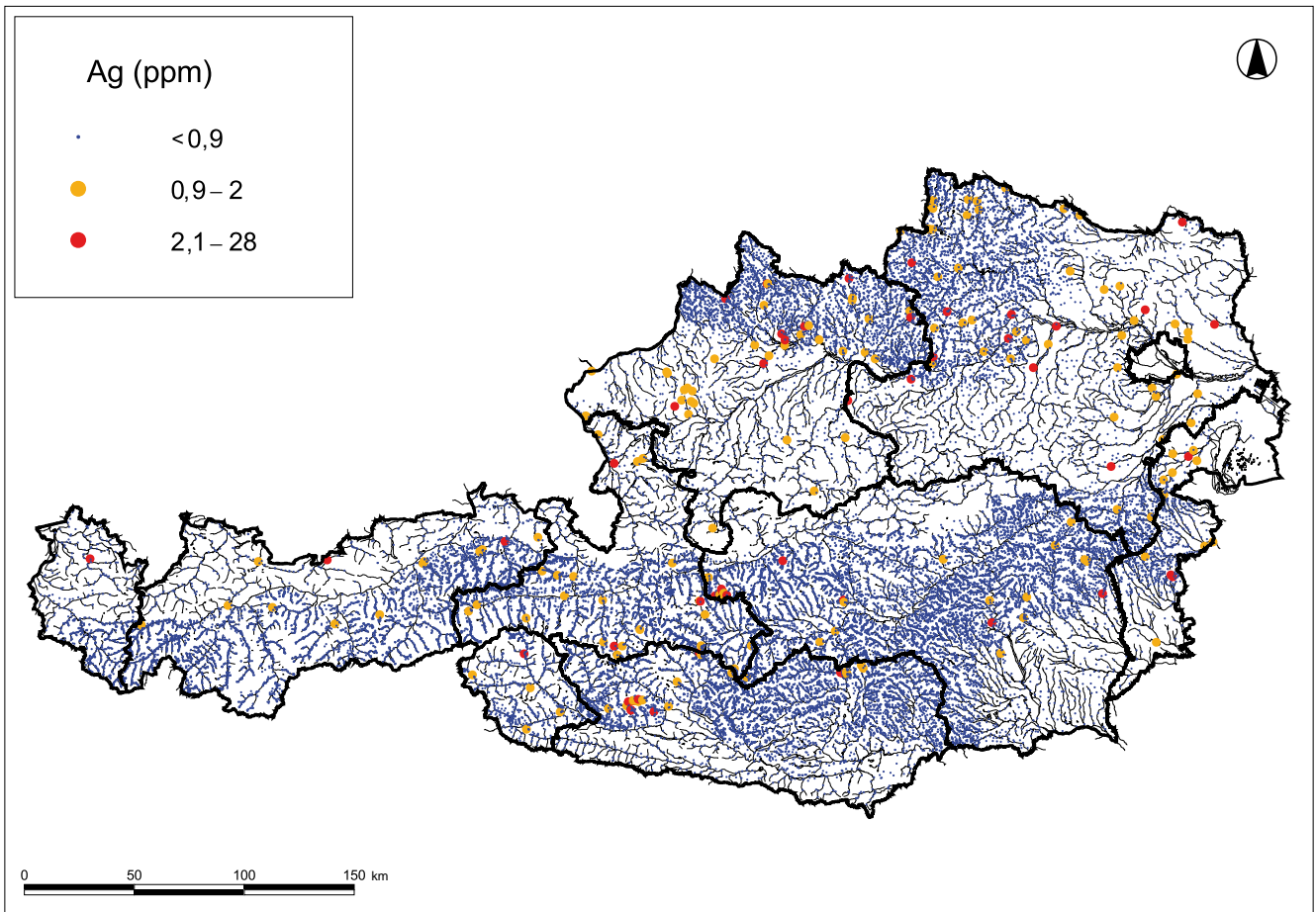


Abb. 27. Bach- und Flusssedimentgeochemie <math>< 0,18 \text{ mm}</math>; Probepunkte mit höheren Silberkonzentrationen.

Al – Aluminium (Abb. 28–30)

Geogene Herkunft

Lithophiles Hauptelement, das dritthäufigste Element und das häufigste Metall der Erdkruste; geochemisch ist es sehr ähnlich dem Gruppennachbar Gallium. Aluminium ist Hauptgemengteil in vielen gesteinsbildenden Mineralen, wie Feldspat, Glimmer, Amphibole und Pyroxene. In Feldspäte ist dabei der Hauptteil des Aluminiums in der Erdkruste gebunden. Bei tropischen Verwitterungsprozessen kann das Aluminiumerz Bauxit entstehen, eine Mischung aus sekundären Oxid-/Hydroxid-Mineralen.

Häufigkeit (Al in M-%)

obere kontinentale Erdkruste	8,1 ⁶
ultrabasische Gesteine	2,0 ³
basische Gesteine	8,8 ²
intermediäre Gesteine	8,9 ¹
granitische Gesteine	7,7 ²
Tonschiefer	8,8 ⁵
Sandsteine	2,5 ³
Karbonatgesteine	0,4 ³
Unterböden	6,2 ⁴

Wichtige Aluminiumminerale

Korund (53 % Al), Diaspor (45 %), Chrysoberyll (43 %), Bauxit (39 %), Spinell (39 %), Gibbsit (35 %), Andalusit (33 %), Kyanit (33 %), Sillimanit (33 %), Kaolinit (21 %), Muskovit (20 %).

Aluminium als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Apatit	100
Borax	1.000
Boulangerit	100
Datolith	bis 6.000
Enstatit	1.000
Hämatit	100
Hypersthen	1.000
Ilvait	1.000
Krokoit	1.000
Löllingit	100
Magnetit	bis 7.500
Olivin	100
Quarz	bis 2.700
Rutil	100
Serpentin	bis 3.000
Talk	bis 2.000
Titanit	1.000
Zirkon	bis 5.000

Technogene Herkunft

Aluminium ist das wichtigste Leichtmetall und wird in metallischer Form in unterschiedlichen Produkten verwendet, daneben aber auch in Form verschiedener anderer Aluminiumverbindungen. Hauptverwendungsgebiete: Konstruktionswerkstoff, Aluminiumlegierungen, Elektrotechnik, Elektronikbauteile, Verpackungsindustrie, Beschichtung von Oberflächenspiegeln, Feuerwerkskörper, Raketentreibstoff u.a.

Gelangt in unterschiedlichen Bindungsformen in die Umwelt (Ziegel, Porzellan, Verpackungsmaterial, Hausmüll, Schleifmittel, Klärschlamm, Stäube aus Aluminiumverhütung und -verarbeitung). Die geogene Häufigkeit verdeckt technogene Einflüsse in den Bachsedimenten.

Verhalten in der Umwelt

Aluminium ist in Gesteinen fest gebunden. Freie Aluminiumionen bilden sich nur unter sauren Bedingungen (z.B. Unterböden mit pH < 4,2) und spielen daher in den vorliegenden Bachsedimenten keine Rolle. Leicht lösliche Aluminiumverbindungen (Aluminiumchlorid, Aluminiumnitrat) sind akut toxisch und werden beim Menschen in Haaren und Lungen angereichert. Die Stabilität nimmt von Al- und Mg-reichen Glimmern über Amphibole, Pyroxene, Albit, Alkalifeldspat bis zu Ca-reichen Plagioklasen ab. Im gemäßigt humiden Klima wird überwiegend Illit, im tropischen Klima Kaolinit gebildet.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs

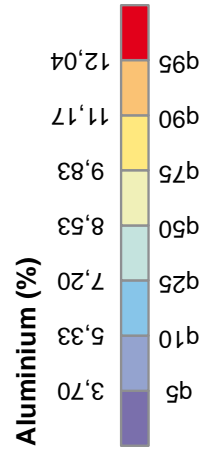
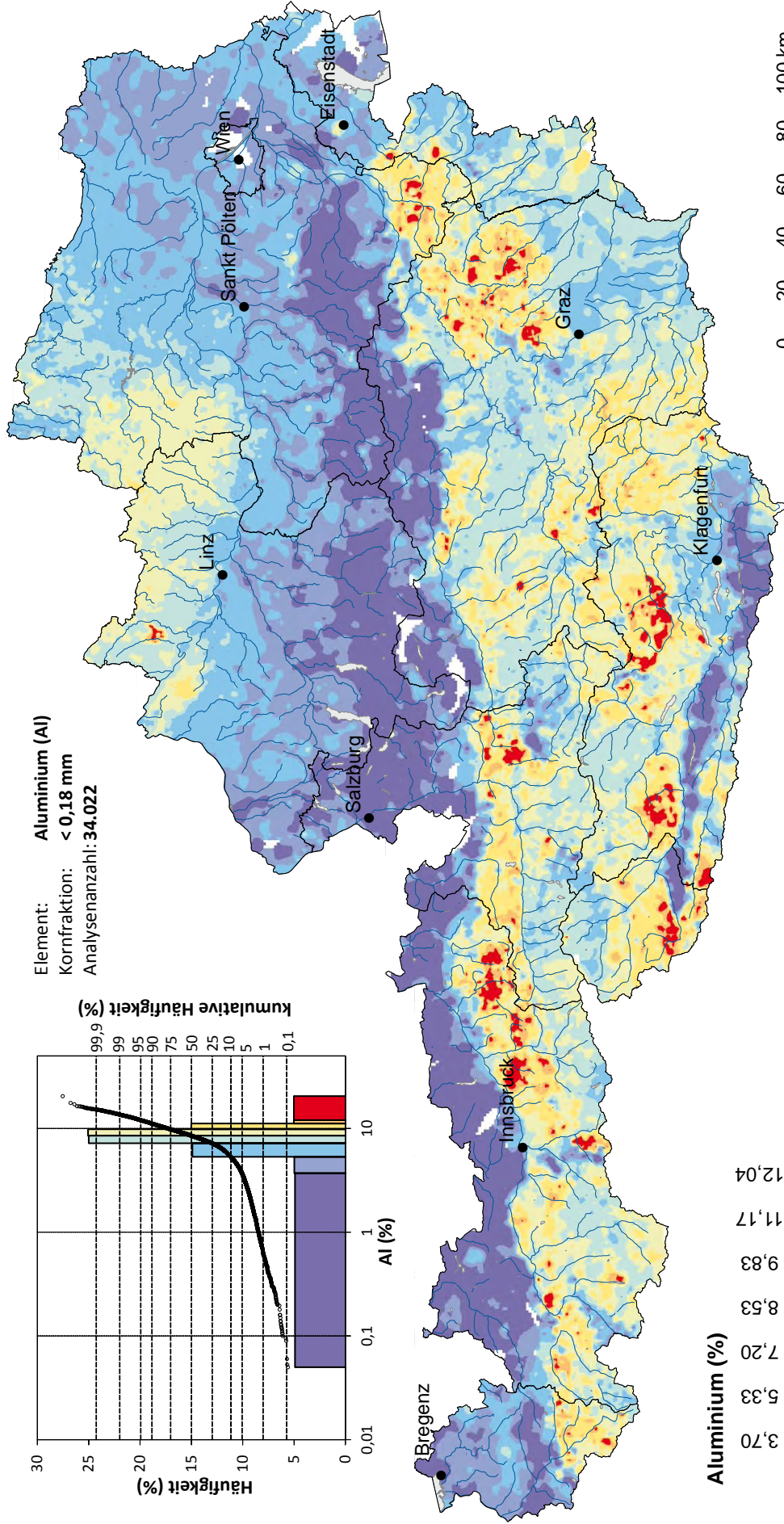
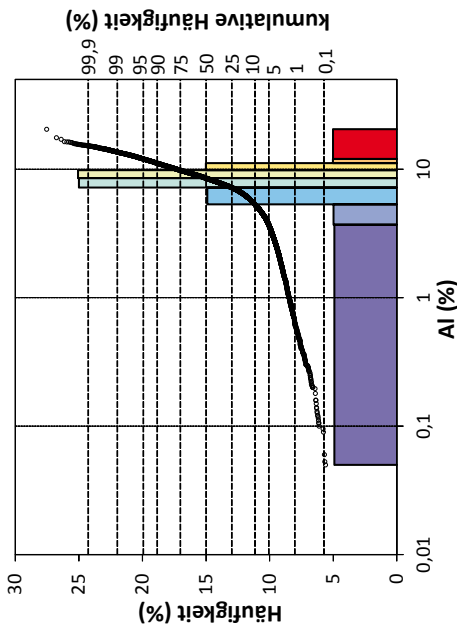


Abb. 28. Aluminiumverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

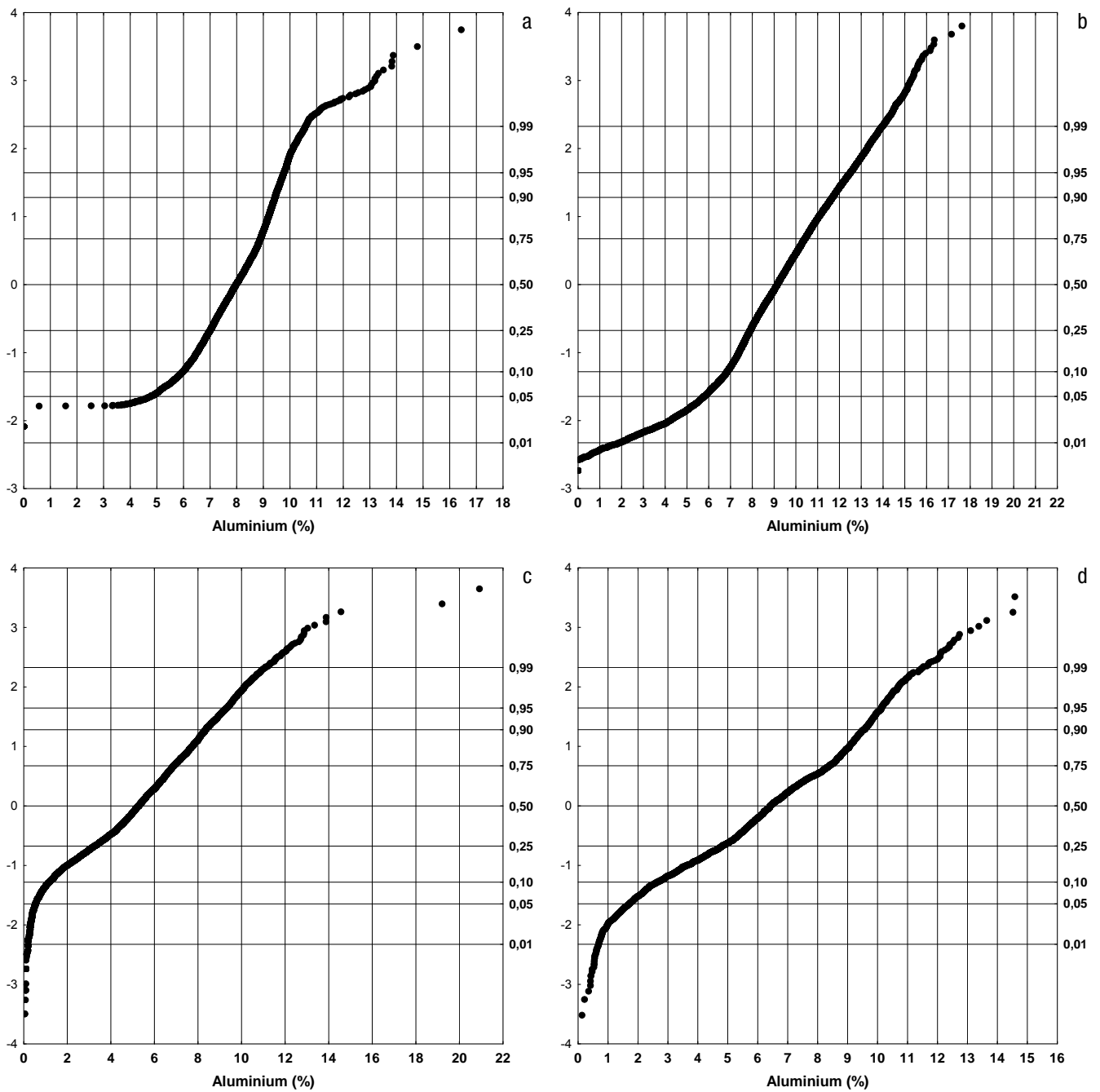


Abb. 29.
 Kumulative Häufigkeitsverteilung für Aluminium in %; Böhmishe Masse (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

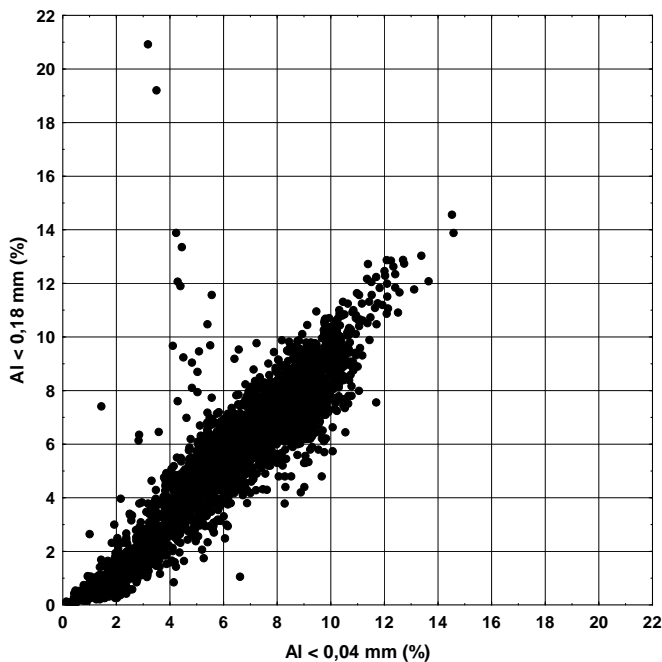


Abb. 30.
Vergleich der Kornfraktionen $< 0,18\text{ mm}$ und $< 0,04\text{ mm}$ für Aluminium (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Die räumliche Verteilung von Aluminium spiegelt als Hauptelement die Verbreitung Al-führender Silikate (Feldspäte, Glimmer, Amphibole, Tonminerale u.a.) in den Bach- und Flusssedimenten wider – und ist damit einer der Hauptindikatoren für die Beschreibung der Lithologie in den Einzugsgebieten.

Gleichzeitig kann es auch ein Indikator für den Anteil an Fein- bis Feinstkorn im jeweiligen Sediment sein. Letzteres zeigt sich deutlich an der Tatsache, dass sehr hohe Al-Konzentrationen ($>$ und $\gg 10\%$) in den Bachsedimenten mit den Vorkommen phyllitischer (phyllonitischer) Gesteinsserien oder Glimmerschiefer korreliert sind. Die jeweilige Abhängigkeit dieser Phänomene wird deutlich, wenn den hohen Konzentrationen in der Zentralzone die etwas niedrigeren Konzentrationen in den Granitarenalen der Böhmisches Masse gegenübergestellt werden. Obwohl beispielsweise im Gebiet des Weinsberger Granits der Kali-Natron-Feldspat als Mineral die Bachsedimente dominiert, liegen die Al-Konzentrationen praktisch immer $< 10\%$. Das hängt damit zusammen, dass sich auf Grund des Verwitterungsverhaltens des Kali-Natron-Feldspates

dieses Mineral in der Sandfraktion anreichert. Die Fein- und Feinstfraktion wird dort durch andere Minerale dominiert.

Hohe Al-Konzentrationen im Sediment lassen gebietsweise auch auf einen höheren Tonmineralanteil schließen – die überwiegend sehr gute Korrelation der Al-Konzentrationen in der Kornfraktion $< 0,18\text{ mm}$ und der Kornfraktion $< 0,04\text{ mm}$ bestätigt diesen Schluss. Bei stark abweichenden Fällen – wie der Situation, dass in der Kornfraktion $< 0,18\text{ mm}$ die jeweilige Al-Konzentration sehr viel höher ist als in der Kornfraktion $< 0,04\text{ mm}$ – kann wahrscheinlich auf Probenahmefehler geschlossen werden.

Reine Karbonatserien (Kalksteine, Dolomite) in den Nördlichen Kalkalpen, im Drauzug und den Karawanken heben sich deutlich durch sehr niedrige Al-Konzentrationen heraus.

Die Sedimente der Bäche und Flüsse in den neogenen und quartären Lockersedimentgebieten sind eher durch niedrige bis mittlere Al-Konzentrationen charakterisiert. Auf Grund des hohen Aufbereitungsgrades der Sedimente dominiert dort eher Quarz als Hauptmineral (siehe Element Silicium).

As – Arsen (Abb. 31–33)

Geogene Herkunft

Chalkophiles Spurenelement; angereichert in vulkanogen-sedimentären Kieslagerstätten in Vergesellschaftung mit Gold (Pfadfinderelement), Kupfer, Nickel, Cobalt, Uran, Zinn, Molybdän, Quecksilber, Antimon u.a. Vorkommen vor allem in sulfidischen Vererzungen wie Arsenopyrit, Fahlerzen; vereinzelt auch in gediegener Form. Als Neben- und Spurenelement in Pyrit und Fe-haltigen Mineralen (oft feinverteilt).

Häufigkeit (As in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	5,7 ⁶
ultrabasische Gesteine	1,0 ³
basische Gesteine	2,0 ²
intermediäre Gesteine	2,4 ¹
granitische Gesteine	1,5 ²
Tonschiefer	13,0 ⁵
Sandsteine	1,0 ³
Karbonatgesteine	1,0 ³
Unterböden	6,0 ⁴

Wichtige Arsenminerale

Arsenopyrit (46 % As), Löllingit (73 %), Smalitin (72 %), Realgar (70 %), Auripigment (61 %), Rammelsbergit (72 %).

Arsen als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Antimonit	1.000
Bismuthinit	100
Bournonit	1.000
Clausthalit	100
Galenit	bis 10.000
Jamesonit	100
Markasit	1.000
Miargyrit	1.000
Pentlandit	100
Pyrrargyrit	1.000
Pyrit	100
Pyromorphit	bis 19.000
Schwefel	1.000
Sphalerit	bis 10.000
Zirkon	bis 7.000

Technogene Herkunft

Die Hauptmenge an Arsen und seinen Verbindungen wird aus Nebenprodukten bei der Verhüttung anderer Erze gewonnen. Metallisches Arsen findet Verwendung als Legierungsmetall, in oxidischer Form für medizinische Zwecke, zur Herstellung von Insektiziden, Herbiziden, Holzschutzmittel sowie Farben und Pigmenten. Arsenverbindungen (z.B. Galliumarsenid, Arsen) werden zunehmend in der Halbleiterindustrie und in der Lasertechnologie eingesetzt. Hauptträger der Umweltbelastungen sind Metallverhüttung, Kohleverbrennung, Pestizideinsatz, aber auch Emissionen im Bereich ehemaliger Bergbaue.

Verhalten in der Umwelt

Arsen ist ein essenzielles Spurenelement für einige Organismen (Tier und Mensch, nicht für Pflanzen). Sulfidisch gebundenes Arsen kann unter oxidierenden Bedingungen mobilisiert werden (Oxidation des Sulfids!), im reduzierenden Milieu ist es gering mobil. Arsen wird an Fe-, Al- und Mn-Hydroxiden sorbiert (stärker unter sauren pH-Bedingungen, weniger stark bei neutralem bis basischem pH-Wert). Durch Reduktion von Fe (III) zu Fe (II) kann Arsen freigesetzt werden. In Sedimenten besteht, bedingt durch die Bindung an Metallhydroxide, eine starke Bindung an die Feinfraktion. In höheren Konzentrationen ist Arsen toxisch, wobei die Toxizität des dreiwertigen Arsens im Allgemeinen höher als die des fünfwertigen Arsens ist. Die höchste Toxizität geht von organischen Arsenverbindungen aus. Bioakkumulation ist bei manchen Organismen ausgeprägt. Bei Menschen erfolgt eine Anreicherung von Arsen in Nägeln, Haaren und Zähnen.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs

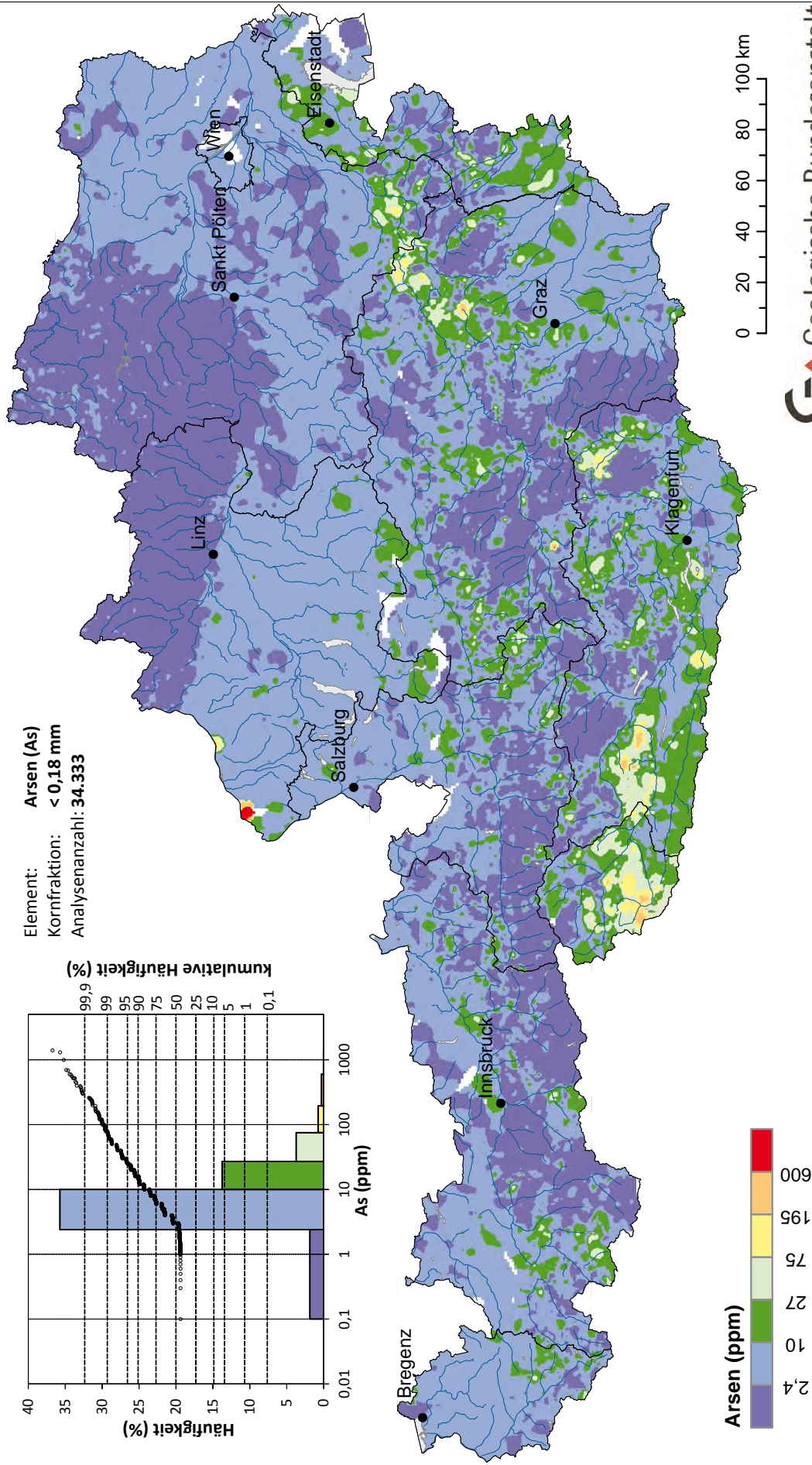
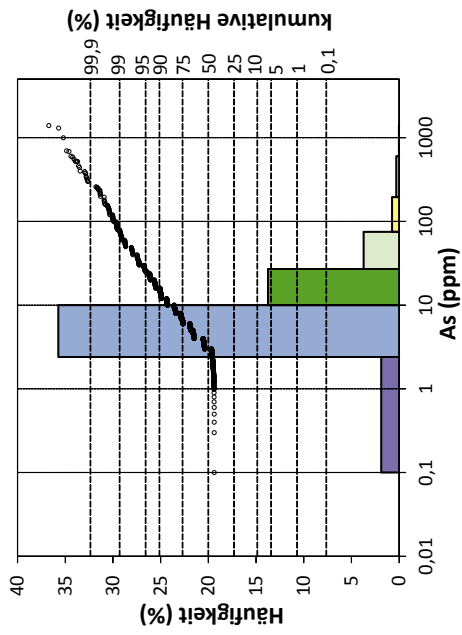


Abb. 31. Arsenverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

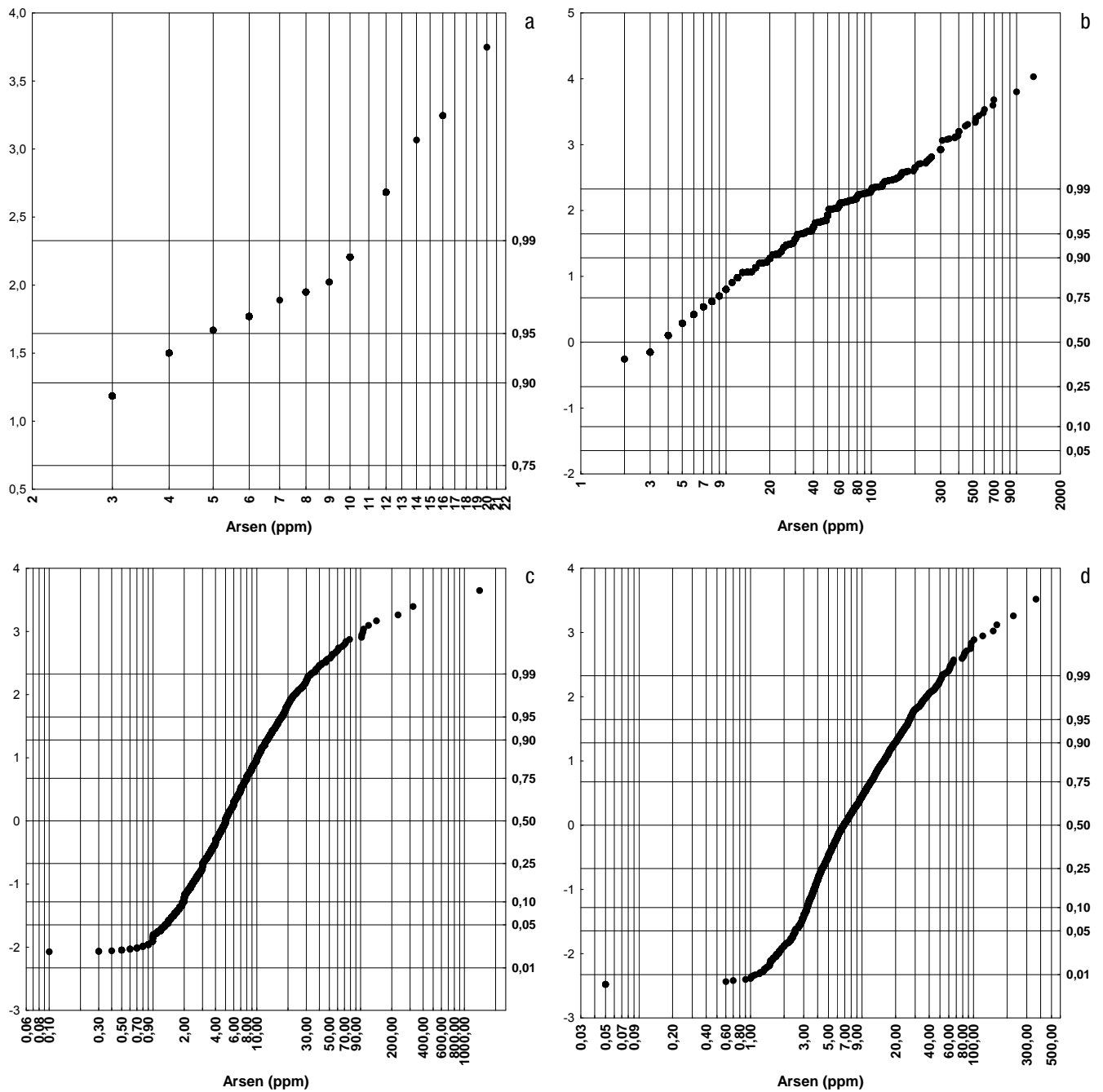


Abb. 32. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Arsen in ppm; Böhmische Masse (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

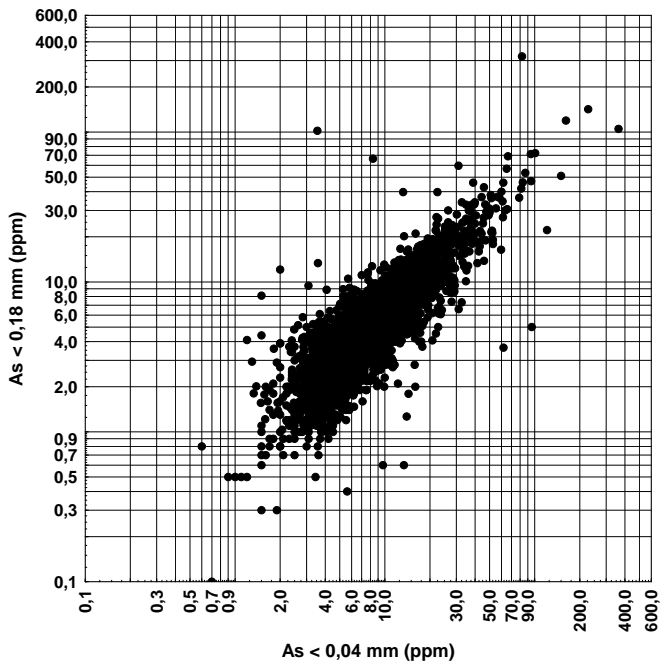


Abb. 33.
Vergleich der Kornfraktionen <math>< 0,18 \text{ mm}</math> und <math>< 0,04 \text{ mm}</math> für Arsen (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Das Gesamtbild der Arsenverteilung in Bach- und Fluss-sedimenten lässt den Schluss zu, dass das Muster der As-Konzentrationen im Bundesgebiet praktisch vollständig geogen bedingt ist.

Im Bereich der Kristallinserien der Böhmisches Masse liegen die As-Konzentrationen überwiegend unter der Bestimmungsgrenze, nur an wenigen Punkten wurden Arsengehalte zwischen 10 und 20 ppm festgestellt. Vergleichbares gilt auch für die großen Bereiche von Molassezone, Wiener Becken, Helvetikum und Nördliche Kalkalpen.

Ein ganz anderes Bild zeigt sich in den ostalpinen Kristallineinheiten. Hier gibt es eine Reihe abgrenzbarer Bereiche mit höheren und sehr hohen (> bis >> 100 ppm) Konzentrationen in den Bachsedimenten.

Alle diese Bereiche mit höheren As-Konzentrationen können auf Grund vorliegender Forschungsergebnisse entwe-

der direkt auf lokale Vererzungen mit hohen Arsengehalten zurückgeführt werden, oder auf flächige, feinverteilte Sulfidmineralisationen in bestimmten Gesteinsserien, wie im

- oberostalpinen Basement / Drauzug-Gurktal-Deckensystem (südliche Deferegger Alpen, Kreuzeck-Goldeck-Gruppe),
- oberostalpinen Basement / Koralpe-Wölz-Deckensystem (nördliche Saualpe) und
- unterostalpinen Basement / Wechsel-Semmering-Gebiet.

Vorliegende Erz-, Halden- und Bodenanalysen aus Altbergbauarealen lassen darüber hinaus darauf schließen, dass praktisch in allen polysulfidischen Vererzungen auch As-führende Minerale beteiligt sind. Eine entsprechende Informationsquelle dazu stellt der GIS-gestützte Bergbau-Haldenkataster an der Geologischen Bundesanstalt dar.

Ba – Barium (Abb. 34–36)

Geogene Herkunft

Lithophiles Spurenelement; reaktivstes Element der Erdalkaligruppe; im magmatischen Milieu Begleitelement von Kalium und Rubidium; geochemische Trennung in hydrothermalen Lösungen und im Verwitterungszyklus. Angereichert in schichtgebundenen und gangförmigen Barytmineralisationen, oft in Verbindung mit Pb-Zn- und/oder Cu-Mn-Vererzungen; Spuren- und Nebenelement in Alkalifeldspäten und Mn-Oxiden.

Häufigkeit (Ba in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	628 ⁶
ultrabasische Gesteine	0,4 ³
basische Gesteine	250 ²
intermediäre Gesteine	650 ¹
granitische Gesteine	800 ²
Tonschiefer	580 ⁵
Sandsteine	300 ³
Karbonatgesteine	100 ³
Unterböden	385 ⁴

Wichtige Bariumminerale

Witherit (70 % Ba), Baryt (59 %), Psilomelan (13 %).

Barium als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Albit	bis 1.500
Amphibole	100
Anglesit	1.000
Anhydrit	1.000
Ankerit	1.000
Aragonit	100
Augit	100
Biotit	1.000
Calcit	1.000
Cassiterit	100
Coelestin	bis 28.800
Dolomit	100
Feldspäte	100
Kalifeldspäte	bis 2.100
Magnetit	100
Muskovit	1.000
Plagioklase	100
Pyrophyllit	bis 5.000
Strontianit	100

Technogene Herkunft

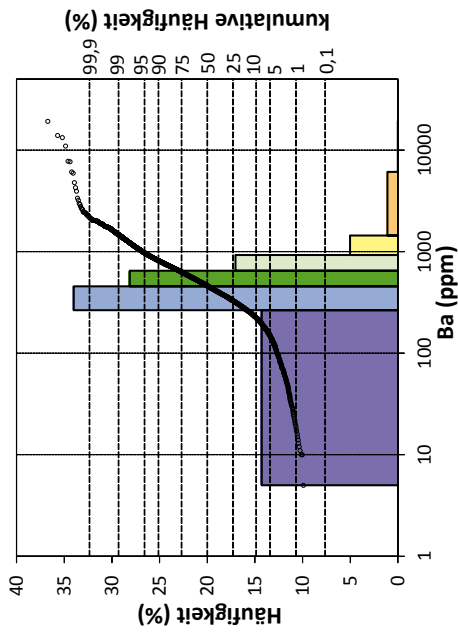
Verwendung als Füllstoff (z.B. in Papier und Kunststoffen), Pigmente, Spülzusatz bei Bohrungen, Zusatz für Lagermetalle, Kontrastmittel für Röntgenaufnahmen in der Glas-, pharmazeutischen und chemischen Industrie. Technogene Einflüsse dürften gering sein. Regionale Einflüsse auf die Verbreitung von Barium in der Umwelt werden teilweise der Kohlenverfeuerung und Mineralrohstoffaufbereitung zugeschrieben.

Verhalten in der Umwelt

Für manche Organismen möglicherweise essenzielles Spurenelement. Wird durch Sulfat oder Karbonat gefällt und ist dann schwer löslich; Sorption vorzugsweise an Mn-Oxide und Tonminerale. Unter reduzierenden Bedingungen sehr geringe Mobilität; oxidierendes Milieu gering mobil. Mobilität steigt mit sinkendem pH-Wert. Lösliche Ba-Verbindungen (z.B. BaCl₂) sind toxisch und werden u.a. als Schädlingsbekämpfungsmittel eingesetzt. Epidemiologische Auswirkungen (z.B. Gastroenteritis) von Barium in Trinkwasser werden vermutet; BaSO₄ auf Grund der geringen Löslichkeit kaum toxisch. Im Bachsediment Bindung an den Gesteinsdetritus, vor allem an Feldspäte. Baryt mit guter Spaltbarkeit als stabiles Mineral in der Feinfraktion angereichert.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs



Element: Barium (Ba)
 Kornfraktion: < 0,18 mm
 Analysenanzahl: 34.289

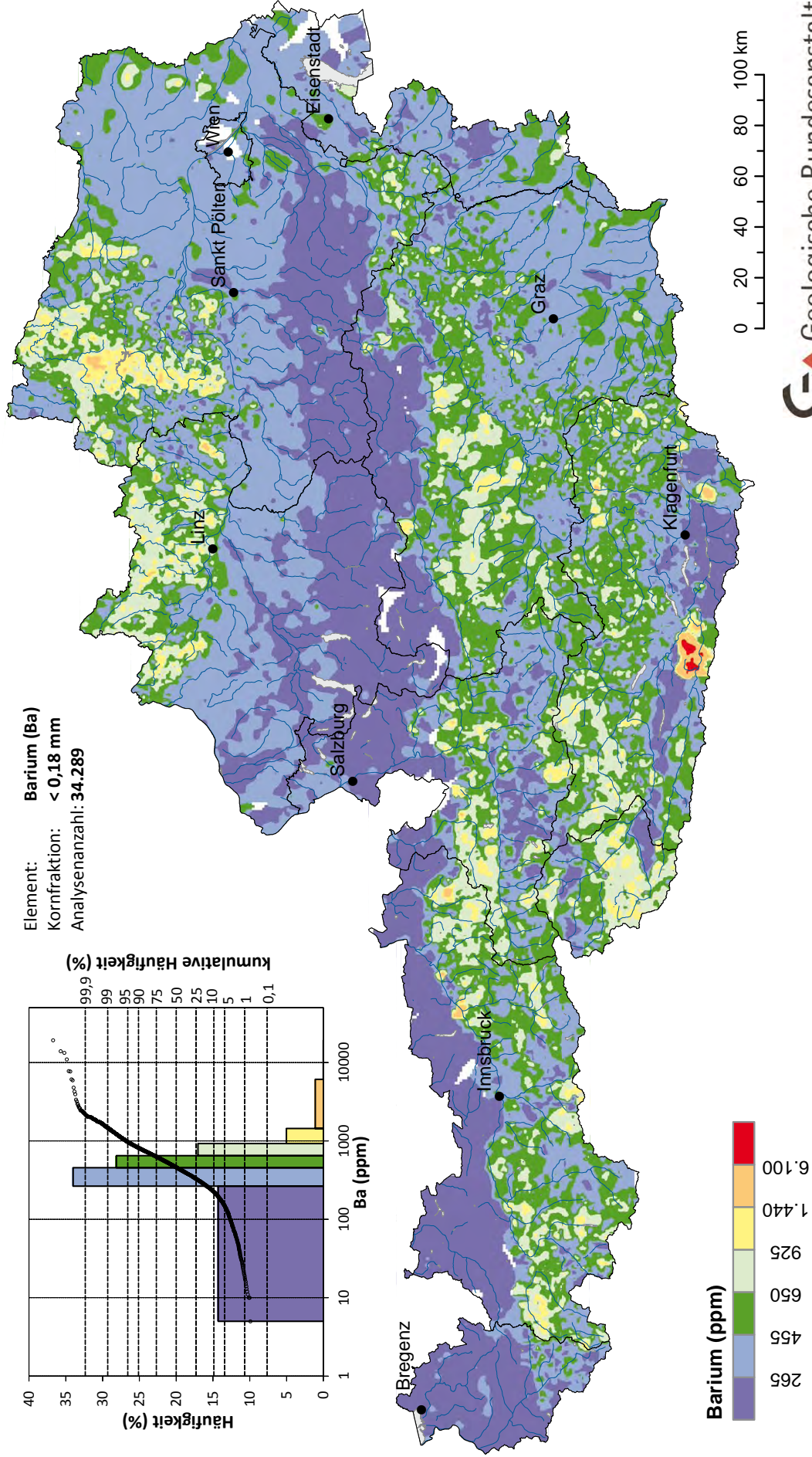


Abb. 34. Bariumverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

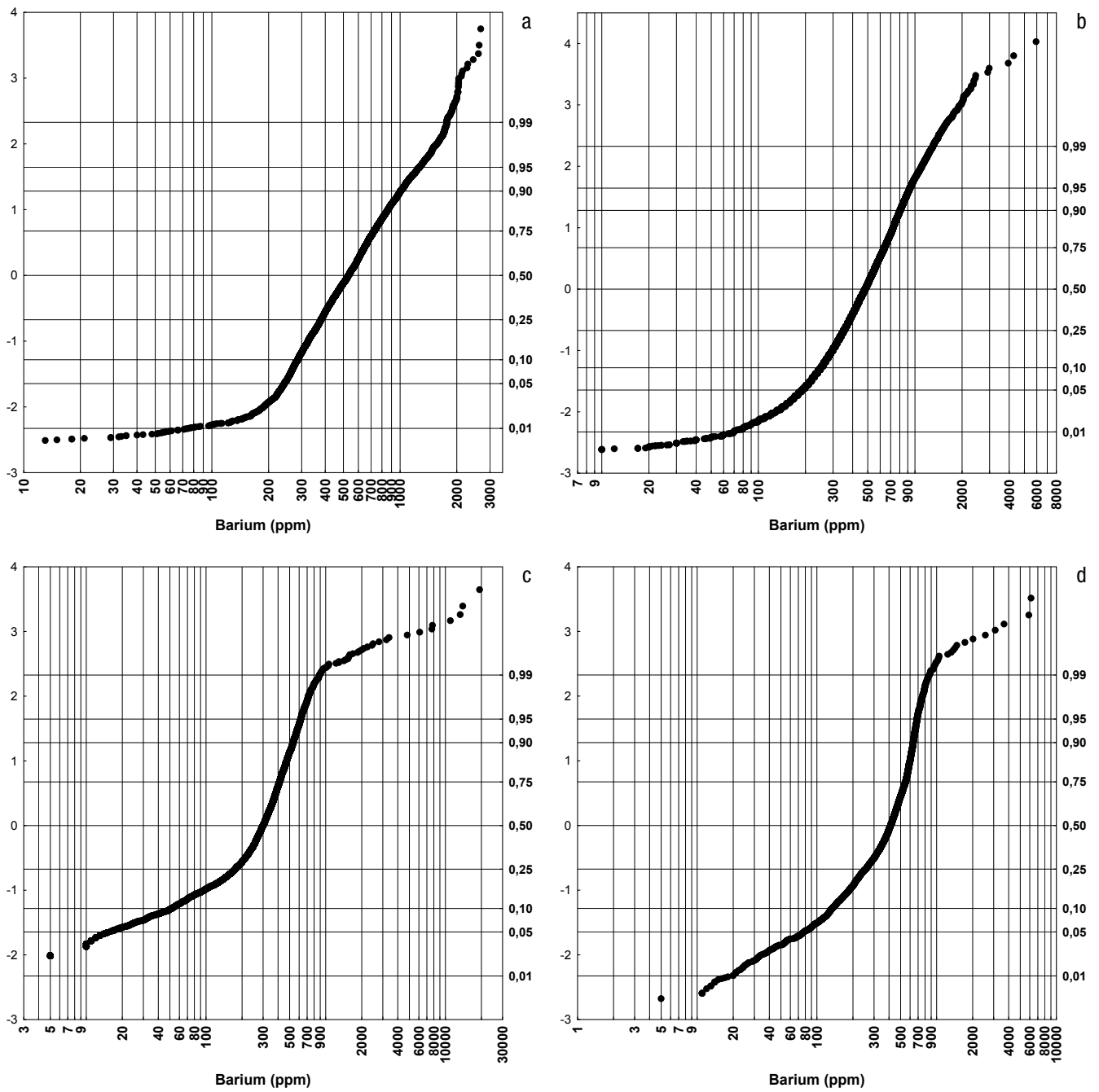


Abb. 35. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Barium in ppm; Böhmisches Masse (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

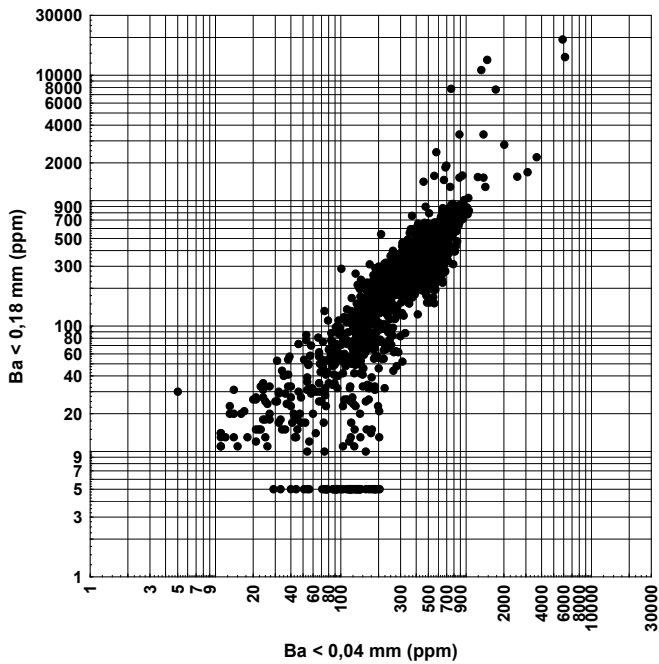


Abb. 36.
Vergleich der Kornfraktionen $< 0,18 \text{ mm}$ und $< 0,04 \text{ mm}$ für Barium (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Geogen gibt es zwei Hauptquellen für Barium in den Bach- und Flusssedimenten:

- Höhere Konzentrationen, die auf den Einbau von Barium im Gitter von Silikaten, insbesondere in Feldspäten, zurückzuführen sind;
- Höhere Konzentrationen, die im Zusammenhang mit Vererzungen stehen; Baryt kann bei vielen Mineralisationen als Gangart auftreten.

Diese beiden Situationen dominieren die Verteilungsmuster von Barium im Bundesgebiet. Die erste Quelle (a) bestimmt die Verteilungsmuster von Barium in den Kristallinereihen der Böhmisches Masse. Auch die räumlichen Verteilungsmuster von Barium in den ostalpinen Kristallineinheiten mit Konzentrationen bis etwa 1.000 ppm dürften mit dieser Quelle in Zusammenhang stehen.

Die meisten kleinräumigen bis lokalen Vorkommen höherer Konzentrationen können der zweiten Quelle (b) und damit bekannten Vererzungen und Altbergbauarealen zugeordnet werden.

Ganz deutlich hebt sich natürlich der Bereich um die Pb-Zn-Vererzungen im Drauzug (Altbergbauareal Bleiberg-Kreuth) heraus.

Aber auch kleine, lokale Vorkommen können nachgewiesen werden, wie z.B. das Barytvorkommen vom Semmering, die zahlreichen Vererzungen im Raum Friesach oder entlang der Trias-Basis der Nördlichen Kalkalpen. Bei günstiger Lage eines Altbergbauareals zum Gewässersystem ist oft der Austrag aus Halden auch weiter zu verfolgen – so z.B. im Gollraderbach bis Gusswerk (südlich Mariazell) oder am anderen Ende des Bundesgebietes im Bereich des ehemaligen Bergbaus St. Christoph am Arlberg.

Auch das Fehlen höherer Ba-Konzentrationen kann aussagekräftig sein. So finden sich im Umfeld der Pb-Zn-Vererzungen in den westlichen Nordtiroler Kalkalpen (Imst, Nassereith, Fernpass) keine Hinweise aus der Ba-Verteilungskarte. Dies bestätigt die Erfahrung, dass in diesem Mineralisationstyp kaum oder kein Baryt als Mineralisationsanteil oder als Gangart bekannt ist.

In den quartären und neogenen Lockersedimentserien (Molassezone, Wiener Becken, ostalpine Randbecken im Burgenland und der Steiermark, inneralpine Becken) hängt die jeweilige Ba-Konzentration von der Lithologie der ehemaligen Liefergebiete ab.

Be – Beryllium (Abb. 37–39)

Geogene Herkunft

Lithophiles Spurenelement; seltenes Erdalkalielelement, das sich in den fluiden Restlösungen saurer Magmen angereichert hat und über Verwitterungsprozesse in die unterschiedlichen sedimentären Kreisläufe gelangt ist; häufig in Assoziation mit Lithium, Bor, Zinn, Niob, Tantal, Thorium, Uran und Wolfram. Bevorzugte Konzentrationen in Pegmatiten, Skarn- und Greisenmineralisationen im Gefolge von intrusiven Graniten und Alkaligesteinen. Be-reiche Minerale sind mengenmäßig nur von untergeordneter Bedeutung; Spurenelement in Plagioklas (wahrscheinlich mengenmäßig der größte Träger von Beryllium in der Erdkruste), Glimmern, Tonen und Pyroxenen. Kohlenaschen enthalten bis zu 100 mg/kg Be.

Häufigkeit (Be in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	1,9 ⁶
ultrabasische Gesteine	0,2 ⁷
basische Gesteine	0,5 ²
intermediäre Gesteine	1,8 ¹
granitische Gesteine	5,0 ²
Tonschiefer	3,0 ⁵
Sandsteine	0,X ³
Karbonatgesteine	0,X ³
Unterböden	< 2,0 ⁴

* 0,X – Wert im Zehntelprozentbereich.

Wichtige Berylliumminerale

Beryll (5 % Be), Helvin (5 %), Beryllonit (7 %), Chrysoberyll (7 %), Euklas (6 %), Gadolinit (4 %), Phenakit (16 %).

Beryllium als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Aegirin	10
Allanit	1.000
Axinit	10
Cassiterit	10
Datolith	10
Nosean	100
Pyrophyllit	bis 5.000
Turmalin	100
Uraninit	10
Vesuvian	bis 33.000
Zirkon	10

Technogene Herkunft

Verwendung in elektrotechnischen Produkten, als wichtiger Werkstoff im Flugzeug- und Raketenbau bzw. in der Reaktorindustrie (Hüllenmaterial für Brennstäbe, Neutronenreflektor) sowie in der Glas- und Keramikindustrie und als Austrittsfenster bei Röntgenbestrahlungsanlagen; technogen gelangt Beryllium hauptsächlich über Kohleverbrennung in die Umwelt.

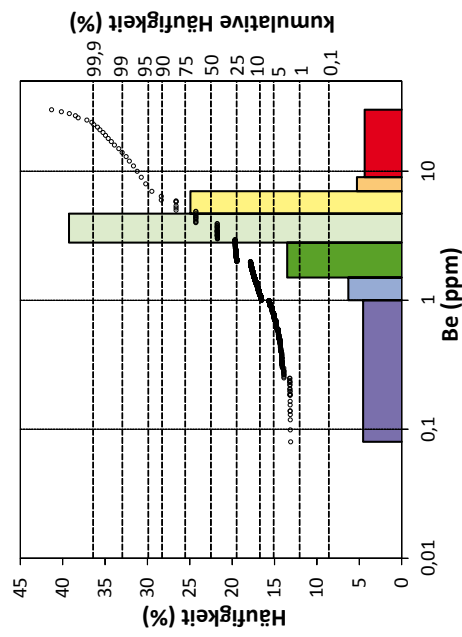
Verhalten in der Umwelt

Kein Bioelement; toxisch für Pflanzen und Tiere. Verhalten in der Umwelt größtenteils unbekannt bzw. noch nicht im Detail untersucht. Obwohl Beryllium und seine Verbindungen hinsichtlich Ingestion kaum toxisch sind, kann die Inhalation ihrer Stäube schwere Lungenschäden bis zu Lungenkrebs hervorrufen. Mobilität als gering bis sehr gering eingeschätzt. Ein Be-Umweltmonitoring ist wegen der möglichen negativen Auswirkungen auf aquatische Biota und das Wurzelsystem von Pflanzen wichtig.

Beryllium wird durch Karbonat- und Phosphat-Barrieren gefällt; Sorption an Tonmineralen und organischer Substanz; in Bachsedimenten im Vergleich zum Ausgangsgestein sowohl in der Schwermineral- als auch in der Feinfraktion angereichert.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁷ VINOGRADOV (1962), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs



Element: **Beryllium (Be)**
 Kornfraktion: **< 0,18 mm**
 Analysenanzahl: **34.215**

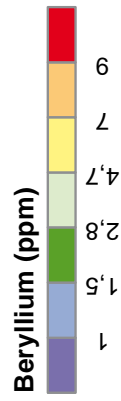
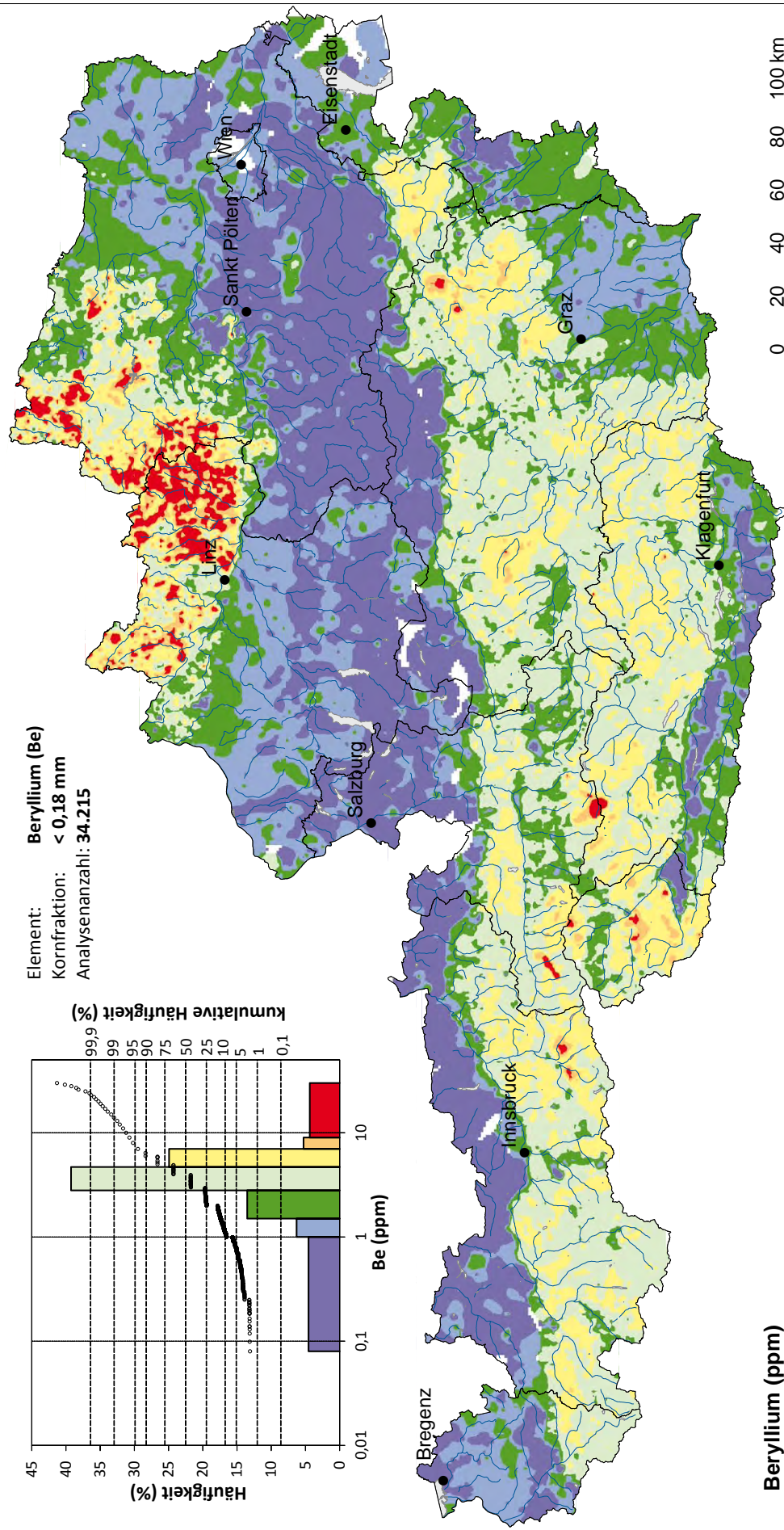


Abb. 37. Berylliumverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

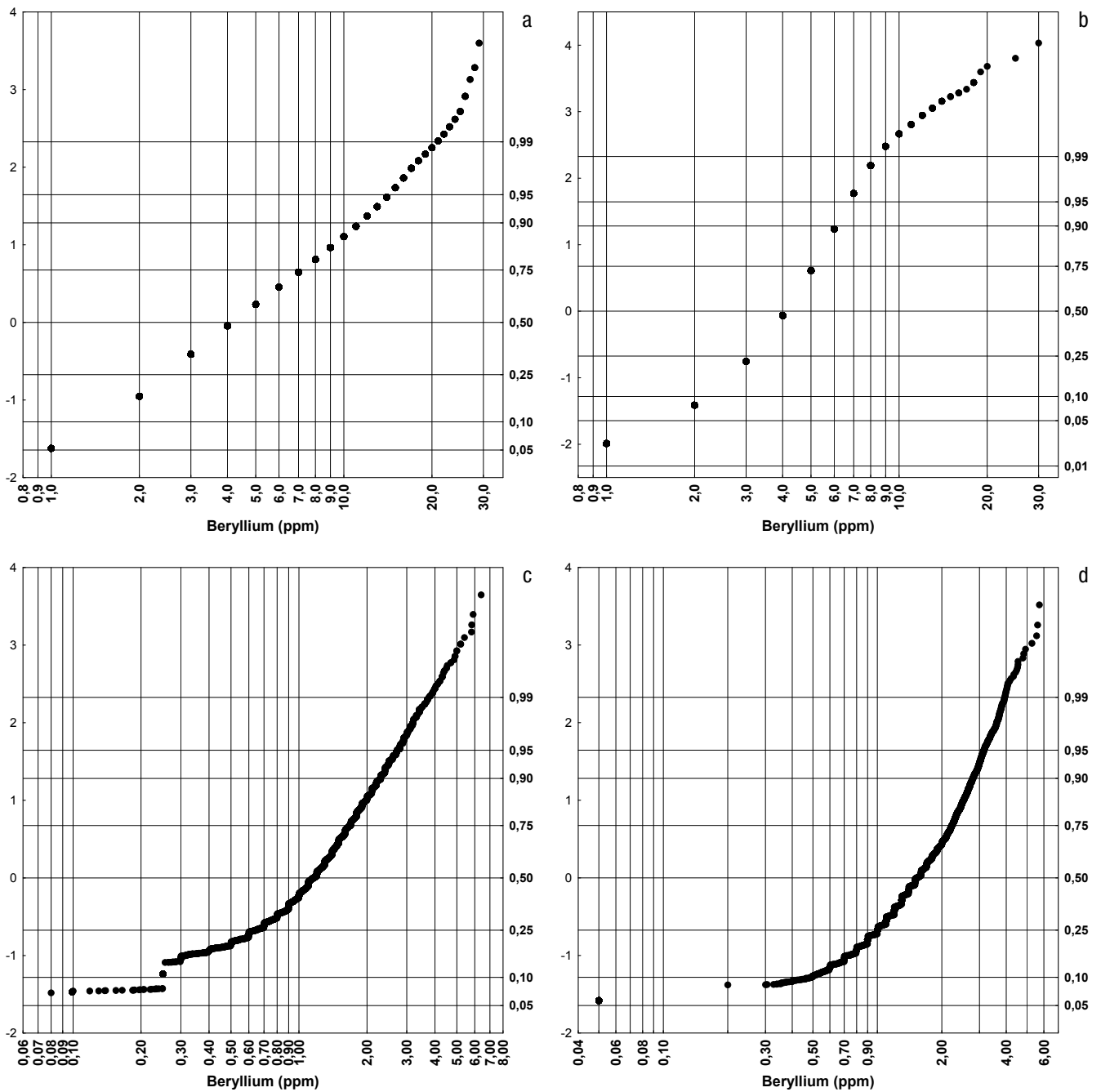


Abb. 38. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Beryllium in ppm; Böhmishe Masse (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

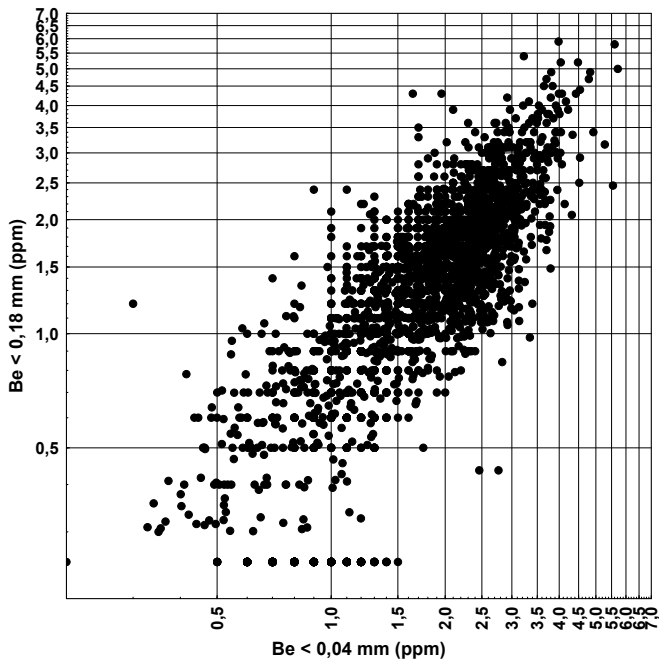


Abb. 39.
Vergleich der Kornfraktionen $< 0,18 \text{ mm}$ und $< 0,04 \text{ mm}$ für Beryllium (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Auch für das Element Beryllium weist die räumliche Verteilung in Bach- und Flusssedimenten auf rein geogene Quellen hin. Großflächigen Grundgehalten bis etwa 2 ppm stehen Maxima von 20 bis 30 ppm mit doch regionaler Ausdehnung gegenüber.

Gesteinsserien mit höheren Konzentrationen an Beryllium sind saure Magmatite (insbesondere Granite, Granitoide, Pegmatite). Aus diesem Grund finden sich diese regional höheren Konzentrationen im Bereich der Granite und sauren Migmatite in der Böhmisches Masse. Auch Granitoide und bestimmte Orthogneise in den ostalpinen Kristallineinheiten und dem Subpennikum werden durch höhere

re Be-Konzentrationen markiert (z.B. Zentralgneise Hohe Tauern, Orthogneise Wechselgebiet). In den Hohen Tauern gibt es darüber hinaus zahlreiche Fundstellen von Be-führenden Mineralen (z.B. Phenakit).

Tonschiefer und/oder phyllitische Gesteinsserien, in deren ehemaligen Liefergebieten Granite oder Granitoide vorherrschten, können ebenfalls höhere Grundgehalten von Beryllium aufweisen (etwa zwischen 5 bis 10 ppm), wie z.B. in der Grauwackenzone, im Grazer Paläozoikum, in Osttirol oder den Gurktaler Alpen).

Sehr niedrige Grundgehalten finden sich verbreitet in der Molassezone, im Helvetikum und Flysch, den Kalkalpen sowie den inneralpinen Becken.

Ca – Kalzium (Abb. 40–42)

Geogene Herkunft

Lithophiles Hauptelement, fünfthäufigstes Element in der Erdkruste; wichtiger Bestandteil von vielen Mineralen in magmatischen und sedimentären Gesteinen. Tritt in der Erdkruste überwiegend in Karbonatgesteinen (insbesondere Kalksteine; Dolomite) in enger Assoziation mit Magnesium, Mangan und Strontium auf, daneben in Sulfaten (Gips, Anhydrit), Silikaten (Feldspäte, Amphibole, Pyroxene), Phosphaten (Apatit) und Fluoriden (Flussspat).

Häufigkeit (Ca in M-%)

obere kontinentale Erdkruste	2,6 ⁶
ultrabasische Gesteine	2,5 ³
basische Gesteine	6,7 ²
intermediäre Gesteine	4,1 ¹
granitische Gesteine	1,6 ²
Tonschiefer	1,6 ⁵
Sandsteine	3,9 ³
Kalksteine	30,2 ³
Dolomitgesteine	16,0 ³
Unterböden	0,8 ⁴

Wichtige Kalziumminerale

Calcit (40 % Ca), Fluorit (51 %), Apatit (40 %), Wollastonit (35 %), Anhydrit (29 %), Zeolith (29 %), Gips (23 %), Dolomit (22 %), Ankerit (20 %).

Kalzium als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Analcim	bis 84.000
Andalusit	1.000
Anthophyllit	bis 20.000
Coelestin	bis 9.000
Enstatit	1.000
Glaukonit	bis 8.000
Goethit	1.000
Illit	bis 11.000
Magnesit	bis 10.000
Malachit	1.000
Monazit	bis 45.000
Muskovit	bis 30.000
Nephelin	bis 30.000
Nosean	bis 30.000
Orthoklas	Ø 2.900
Phlogopit	bis 12.000
Pyromorphit	bis 60.000
Pyrophyllit	bis 5.000
Rhodochrosit	bis 55.000
Serpentin	bis 100.000
Siderit	bis 26.000
Spodumen	1.000
Strontianit	bis 90.000
Thorit	bis 4.000
Turmalin	bis 15.000
Zirkon	bis 40.000

Technogene Herkunft

Vielfältige Verwendung in der Bauindustrie (Zement, Branntkalk u.a.), bei der Erzeugung von Düngemitteln, Füllstoff in der Kunststoff- und Papierindustrie, als Zuschlag bei Metallverhüttung und in der chemischen Industrie (u.a. zum Reinigen von Edelgasen und Trocknen von Alkohol); Metallisches Kalzium als Reduktionsmittel in der Metallurgie zur Herstellung von Metallen wie Thorium, Vanadium, Zirkonium, Yttrium und anderen Metallen der Seltenen Erden, als Reduktionsmittel in der Stahl- und Aluminiumherstellung, als Legierungszusatz in Aluminium-, Beryllium-, Kupfer-, Blei- und Magnesiumlegierungen und als Ausgangsstoff für die Herstellung von Kalziumhydrid.

Verhalten in der Umwelt

Essenzielles Bioelement für fast alle Organismen (Knochen, Zellwände, Schalen). Nicht toxisch. Leicht löslich; wirkt zusammen mit CO₂ und Bikarbonat HCO₃ als pH-Puffer in Wasser und Sediment (pH > 6); Austauschbarkeit im Boden gegen Natrium bei pH 5–8; Ca-Verlust in sauren Böden; Anthropogene Beeinflussung kaum erkennbar und unbedenklich.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs

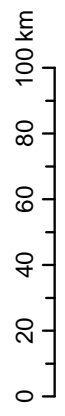
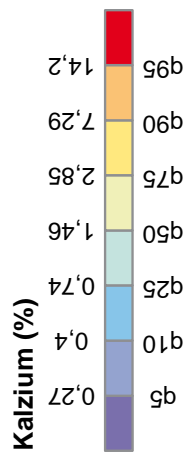
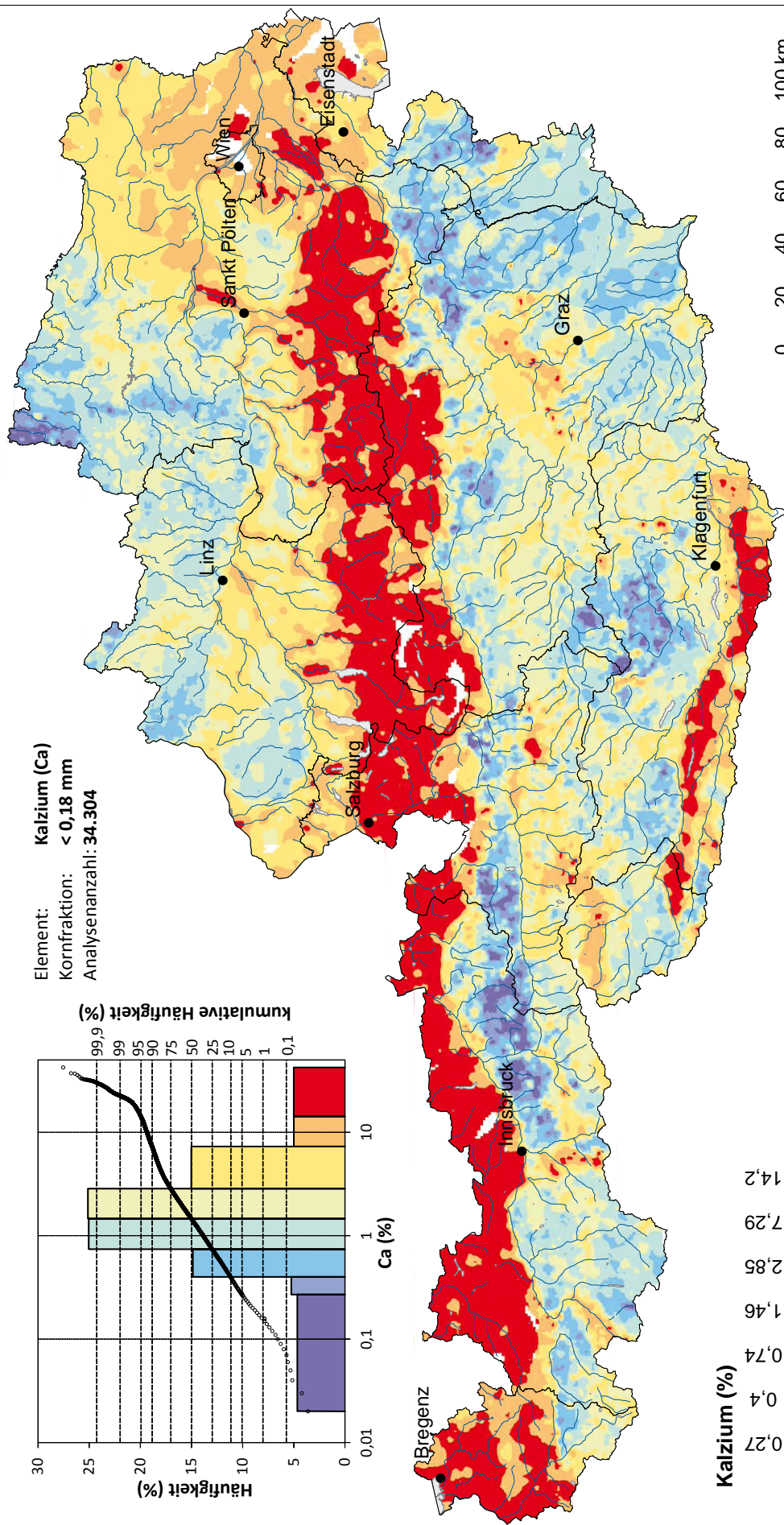
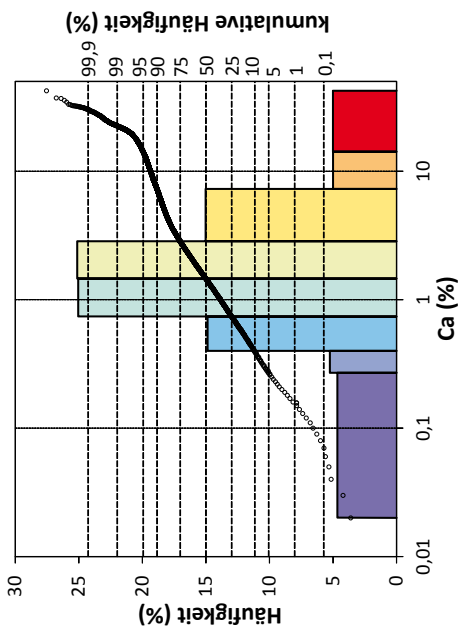


Abb. 40. Kalziumverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

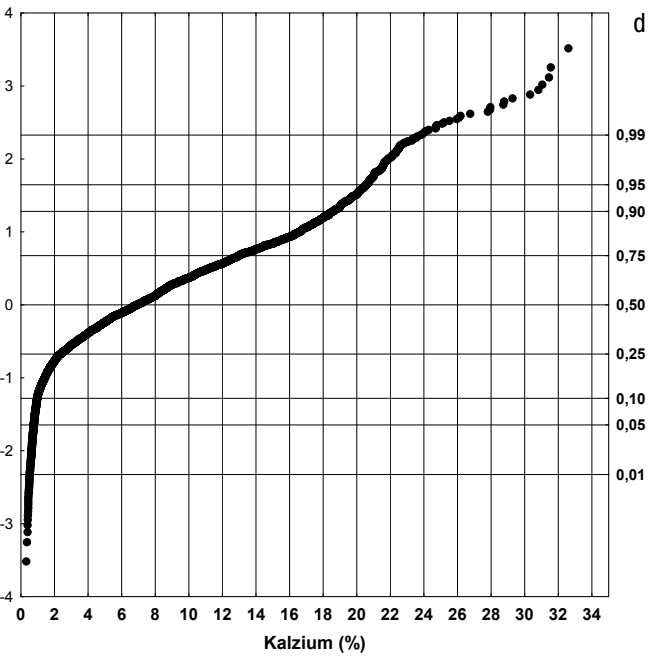
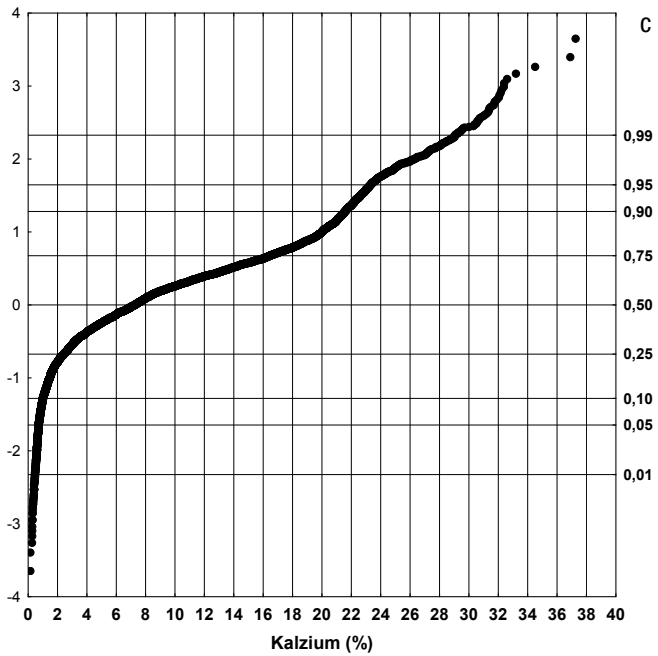
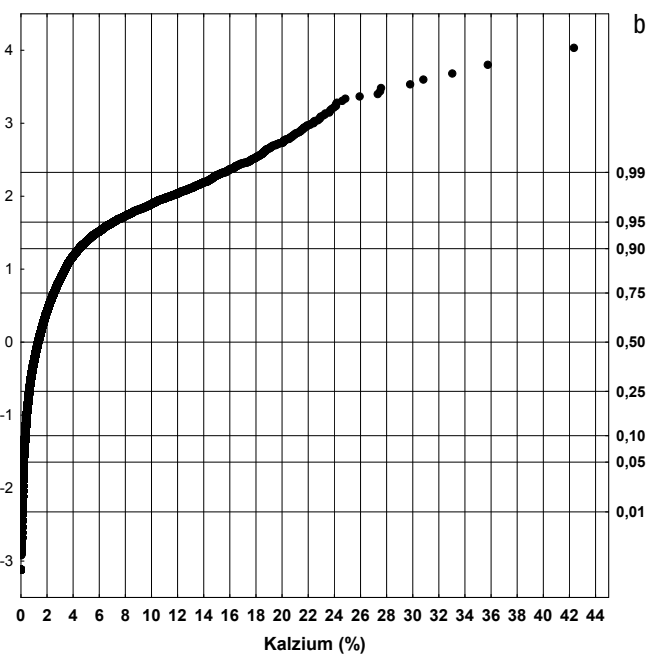
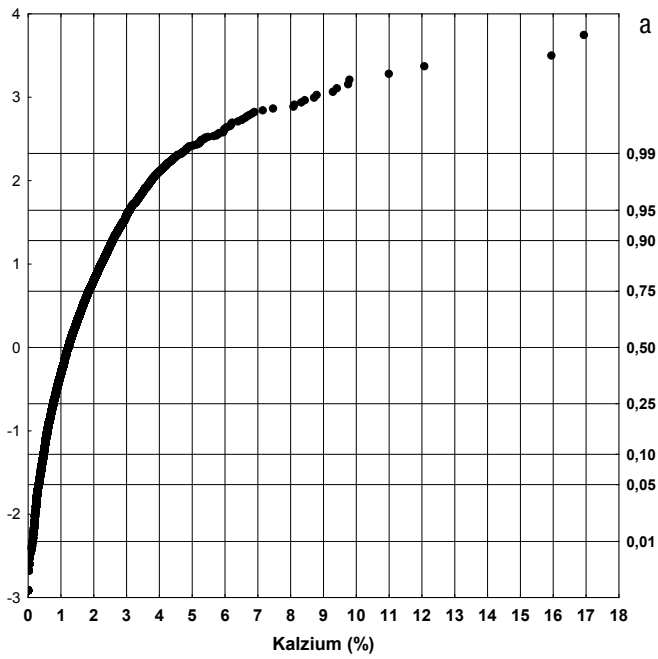


Abb. 41. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Kalzium in %; Böhmische Masse (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

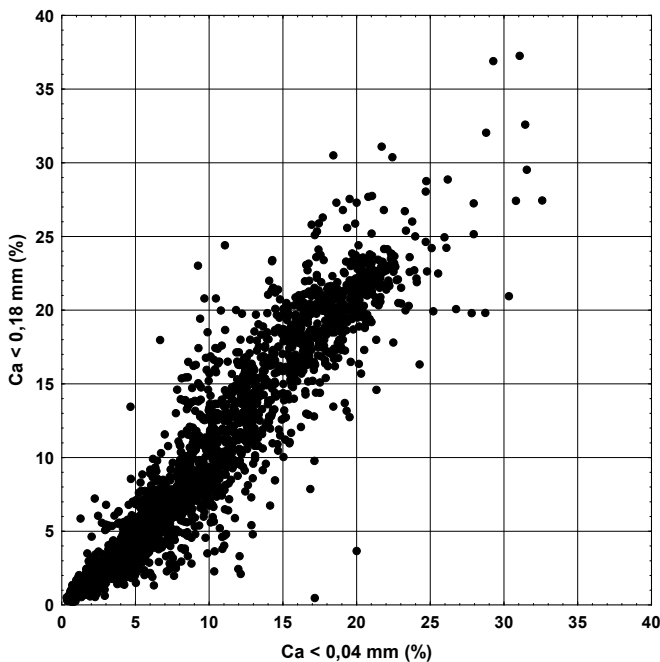


Abb. 42.
Vergleich der Kornfraktionen < 0,18 mm und < 0,04 mm für Kalzium (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Die Ca-Verteilung in den Bach- und Flusssedimenten verweist einerseits auf die Vorkommen von Karbonatgesteinen (Kalksteine, Dolomite, Kalkmergel, Marmore u.a.) in den Einzugsgebieten, andererseits spiegelt sie innerhalb der nichtkarbonatisch-kristallinen Serien die unterschiedliche Verbreitung Ca-führender Silikatminerale (Epidot, Amphibole, Plagioklase) wider.

Testverrechnungen der Analyseergebnisse für CaO und MgO (+ Glühverlust bei 1.000 °C » CO₂) im Bereich der Nördlichen Kalkalpen belegen, dass an Hand der Sedimentanalytik gebietsweise sogar eine Qualitätsaussage zu den (Rein-)Karbonaten im Einzugsgebiet möglich ist. Zumindest ist damit eine erste lithologisch-gesteinsgeochemische Charakterisierung der Einzugsgebiete durchaus aussagekräftig. Dies gilt nicht nur für die Nördlichen Kalkalpen, sondern auch für Drauzug und Karawanken.

Mit dieser Sedimentanalytik wird auch der durchwegs karbonatische Charakter der Molassezone und des Helveti-

kums in Vorarlberg belegt. Räumlich eng verknüpfte karbonatische und nichtkarbonatische Serien – wie z.B. in den oberen und unteren Penninischen Decken oder im Grazer Paläozoikum – werden durch die Verteilung der unterschiedlichen Ca-Konzentrationen nachgezeichnet. Vergleichbares gilt auch für Marmorserien in kristallinen Gesteinsabfolgen. Auch sehr lokale, meist isolierte Karbonatvorkommen werden nachgewiesen (z.B. Brennermesozoikum, Kalkspitzen in den Radstädter Tauern, Mesozoikum östlich des Krappfeldes).

Hinzuweisen ist auf das Phänomen, dass Flüsse, die in den Kalkalpen entspringen (z.B. Traun, Alm, Steyr, Ybbs, Traisen, Triesting, Piesting u.a.), ihre karbonatische Matrix bis zur Mündung beibehalten. Ansonsten lassen die eher niedrigen Ca-Konzentrationen im Bereich der Molassezone und der inneralpinen Becken darauf schließen, dass die Liefergebiete der quartären und neogenen Lockersedimentserien überwiegend aus nichtkarbonatischen Gesteinsserien waren.

Cd – Cadmium (Abb. 43–44)

Geogene Herkunft

Chalkophiles Spurenelement, häufig assoziiert mit Kalzium, Zink und Quecksilber; Spuren- und Nebenelement in Sulfiden (insbesondere in Sphalerit – bis zu 5 % – und Galmei). Geogen angereichert in zinkreichen Sulfidlagertstätten; reine Cadmiumminerale in Form von Sulfiden (Greenockit, Hawleyit), Karbonat (Oktavit) oder von Oxid (Monteponit) kommen eher selten vor. Cd-Anreicherungen erfolgen auch im sedimentären Milieu (Phosphate – im Mittel etwa 15 mg/kg, Kohlen – bis zu 30 mg/kg).

Häufigkeit (Cd in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	0,06 ⁶
ultrabasische Gesteine	0,05 ⁷
basische Gesteine	0,2 ²
intermediäre Gesteine	0,1 ¹
granitische Gesteine	0,2 ²
Tonschiefer	0,3 ⁵
Sandsteine	0,01 ⁸
Karbonatgesteine	0,03 ³
Unterböden	0,09 ⁴

Wichtige Cadmiumminerale

Greenockit (78 % Cd), Oktavit (61,5 %), Sphalerit (bis 5 %) Stannin (bis 1,5 %), Smithsonit (bis 0,3 %).

Cadmium als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm) ^{8,9}

Boulangerit	10
Bournonit	100
Chalkopyrit	80
Galenit	70
Rhodochrosit	100
Sphalerit	bis 50.000
Tennantit	10
Wurzit	1.000

Technogene Herkunft

Verwendung in Nickel-Cadmium-Batterien, Pigmenten, als Korrosionsschutz, Stabilisator für Kunststoffe, in Legierungen, Lagermetallen sowie für Neutronenabsorber in der Nukleartechnik, als Oberflächenschutz für Metalle, Stabilisatoren und Katalysatoren in der Organochemie und in Farben und Pigmenten. Ausbreitung in der Umwelt über Metallverhüttung (Zn, Cu), Düngemittel (Phosphatdünger), Reifenabrieb, Kohleverbrennung, Klärschlamm, Müllverbrennung u.a.

Verhalten in der Umwelt

Cadmium gilt als nicht-essenzielles Element für Pflanzen, Tiere und Menschen. Allgemein gilt Cadmium als hoch toxisches Schwermetall, das sogar in kleinsten Konzentrationen in verschiedenen Umweltkompartimenten eine schwerwiegende Gesundheitsgefahr darstellt.

Entscheidend für die Mobilität ist der pH-Wert, wobei die Mobilität in saurem Milieu zunimmt; Abnahme der Adsorption bei abnehmendem pH-Wert. Diese Mobilität wird beispielsweise durch die ständig zunehmende Versauerung von Unterböden verstärkt. Adsorption erfolgt vor allem an organischer Substanz und an Tonmineralen. Unter reduzierenden Bedingungen weniger mobil (möglicherweise aufgrund der Fällung von Cadmiumsulfid) als unter oxidierenden Bedingungen. Die Mobilität von Cadmium in wässrigen Phasen wird durch Karbonat-Ionen erniedrigt. In Sedimenten erhöhen die Abnahme des pH-Wertes, organische Komplexbildner, aber auch Redox-Reaktionen die Mobilität von Cadmium. Die wichtigste Cd-Quelle für den Menschen ist die Aufnahme über die Nahrungskette. Cadmium wird in unterschiedlichem Ausmaß in aquatischen Biota und in Pflanzen aufgenommen und tendiert dabei zur Akkumulierung; hohe bis höhere Gehalte finden sich bisweilen in Pilzen, Reis, Weizen und Blattgemüse.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁷ VINOGRADOV (1962), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

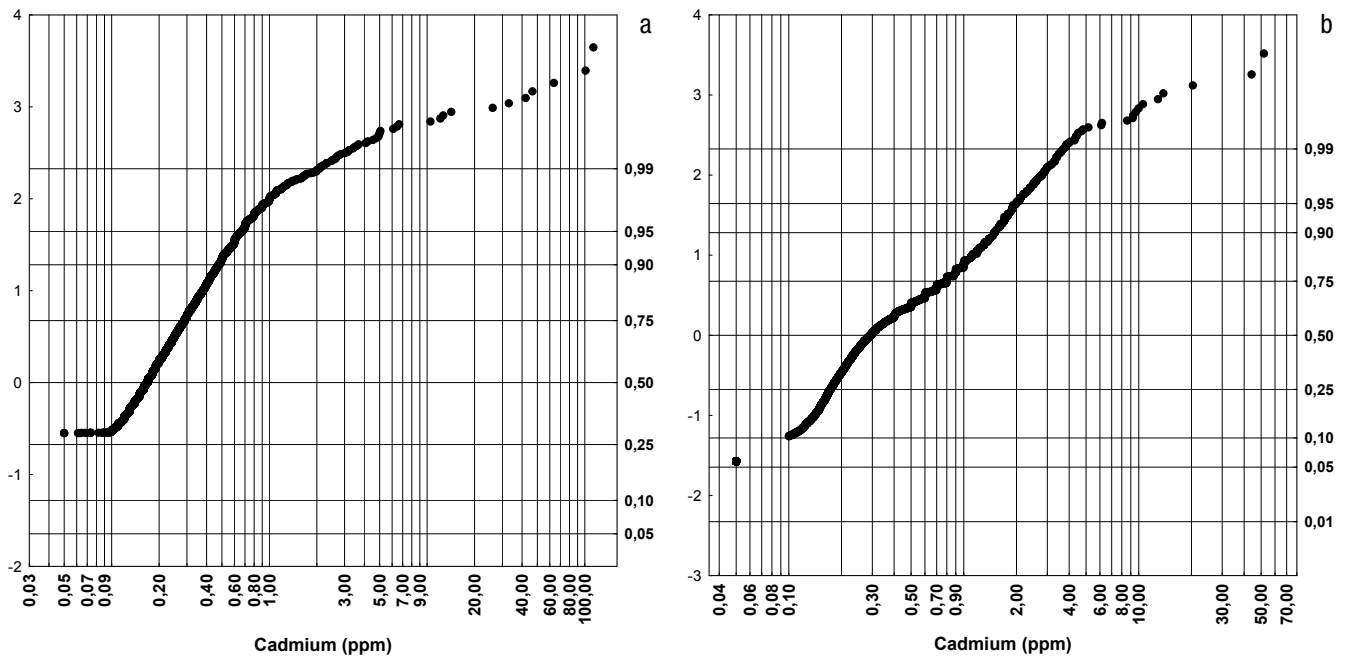


Abb. 43. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Cadmium in ppm; Bundesländerprojekte < 0,18 mm (a) und < 0,04 mm (b).

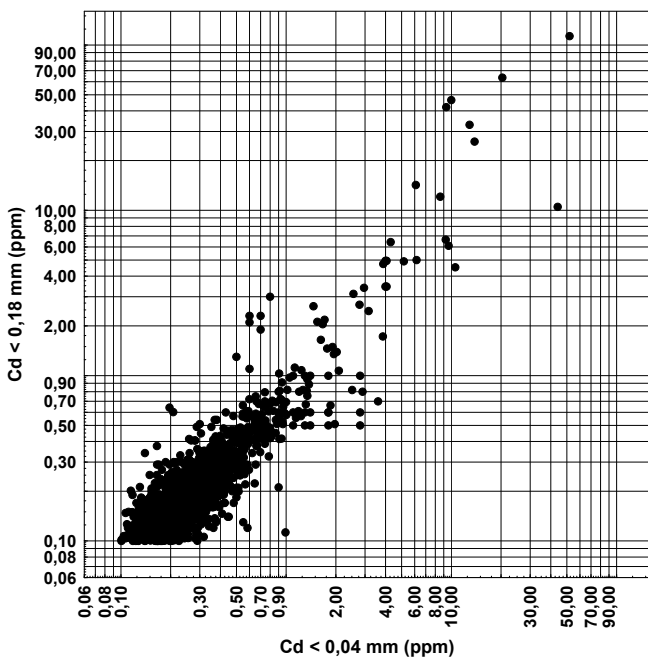


Abb. 44. Vergleich der Kornfraktionen < 0,18 mm und < 0,04 mm für Cadmium (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Das Element Cadmium stellte lange Zeit ein Problem für die Analysetechnik dar. Erst ab Mitte der 1990er Jahre konnten auch niedrige Konzentrationen gesichert nachgewiesen werden. Aus diesem Grund wird auch keine flächige Darstellung für die Analysedaten dieses Elements vorgelegt.

Die spezifischen Analyseergebnisse für die Projekte in Nieder- und Oberösterreich lassen zudem darauf schließen,

dass nicht nur technische Probleme mit der Analytik dieses Elements auftraten, sondern auch inhaltliche Brüche innerhalb der Durchführung eines Projektes infolge veränderter Bestimmungs-(Nachweis-) Grenzen entstanden. Bei der Verwendung der Cd-Analysedaten sind diese Probleme jeweils zu berücksichtigen. Als gesichert anzusehen sind die Analyseergebnisse für Cadmium im Umfeld der Pb-Zn-Vererzungen in den westlichen Tiroler Kalkalpen, im Drauzug und den Karawanken.

Ce – Cer (Abb. 45–48)

Geogene Herkunft

Häufigstes Element der Gruppe der lithophilen Seltenen Erden. Anreicherung mit zunehmender Alkalisierung der Magmen und vor allem an Schwermineralen (Monazit, Bastnäsit, Allanit) saurer Gesteine gebunden. Spuren- und Nebenelement in Ca-Mineralen, wie Apatit, Titanit, Epidot u.a. Starke Assoziation mit Lanthan; Ce/La-Verhältnis vorwiegend 2–3.

Häufigkeit (Ce in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	63 ⁶
ultrabasische Gesteine	8 ¹
basische Gesteine	48 ¹
intermediäre Gesteine	81 ¹
granitische Gesteine	92 ¹
Tonschiefer	82 ⁵
Sandsteine	22 ³
Karbonatgesteine	11 ³
Unterböden	54 ⁴

Wichtige Cerminerale

Bastnäsit (bis 98 % in Oxiden der Seltenen Erden), Monazit (ca. 30 % Ce-Oxid), Pyrochlor bzw. Koppit (5,8–6,9 % Ce), Lowchorrit mit 7,99 % Ce-Oxid, Loparit (16,29 % Ce-Oxid), Orthit (10–18 %), Parisit, Cerit, Xenotim, Euxenit, Betafit und Fergusonit.

Weitere Cerminerale

Braitschit	bis 6,8 % Ce
Britholit	22,5 % Ce ₂ O ₃
Cerianit	ca. 80 % CeO ₂
Florencit	bis 30 % (Ce+SEE) ₂ O ₃ *
Gadolinit	bis 24,5 % Ce ₂ O ₃
Iraqit	15,06 % (Ce+SEE) ₂ O ₃ *
Karnasurtit	17 % (Ce+SEE) ₂ O ₃ *
Keilhaut	bis 12 % (Y, Ce) ₂ O ₃
Laplandit	16,8 % (Ce+SEE) ₂ O ₃ *
Melanocerit	bis 56 % (Ce+SEE) ₂ O ₃ *
Okanoganit	15,4 % C ₂ O ₃
Vigezzit	10,5 % C ₂ O ₃
Yttrocerit	bis 14,1 % Ce

* SEE = Seltene Erden Elemente.

Cer als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Apatit	1.000
Eudialyt	1.000
Fluorit	100

Technogene Herkunft

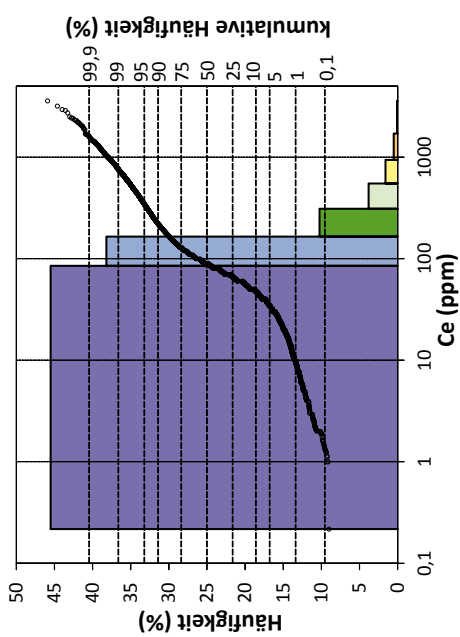
Verwendung in Zündsteinen, Schleifmitteln, Gläsern, Keramik, Legierungen, Bogenlampenkohlen, Pyrotechnik sowie als Katalysatoren. Technologischer Eintrag in die Umwelt ist unbedeutend.

Verhalten in der Umwelt

Wahrscheinlich nicht essenzielles Spurenelement für Organismen. Geringe Toxizität. Die Substitution von Kalzium durch Cer in Knochenmaterial kann zu Problemen im Skelettaufbau führen; verschiedene gesundheitsbeeinträchtigende Auswirkungen werden auch der direkten Inhalation von Cer-Staub zugeschrieben; Mobilität von Cer ist auf Grund der geringen Verwitterbarkeit der Schwerminerale sehr gering. In Bachsedimenten entsprechend der vorherrschenden geogenen Bindung in der Schwermineralfraktion angereichert.

¹ GOVETT (1983), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs



Element: Cer (Ce)
 Kornfraktion: < 0,18 mm
 Analysenanzahl: 34.306

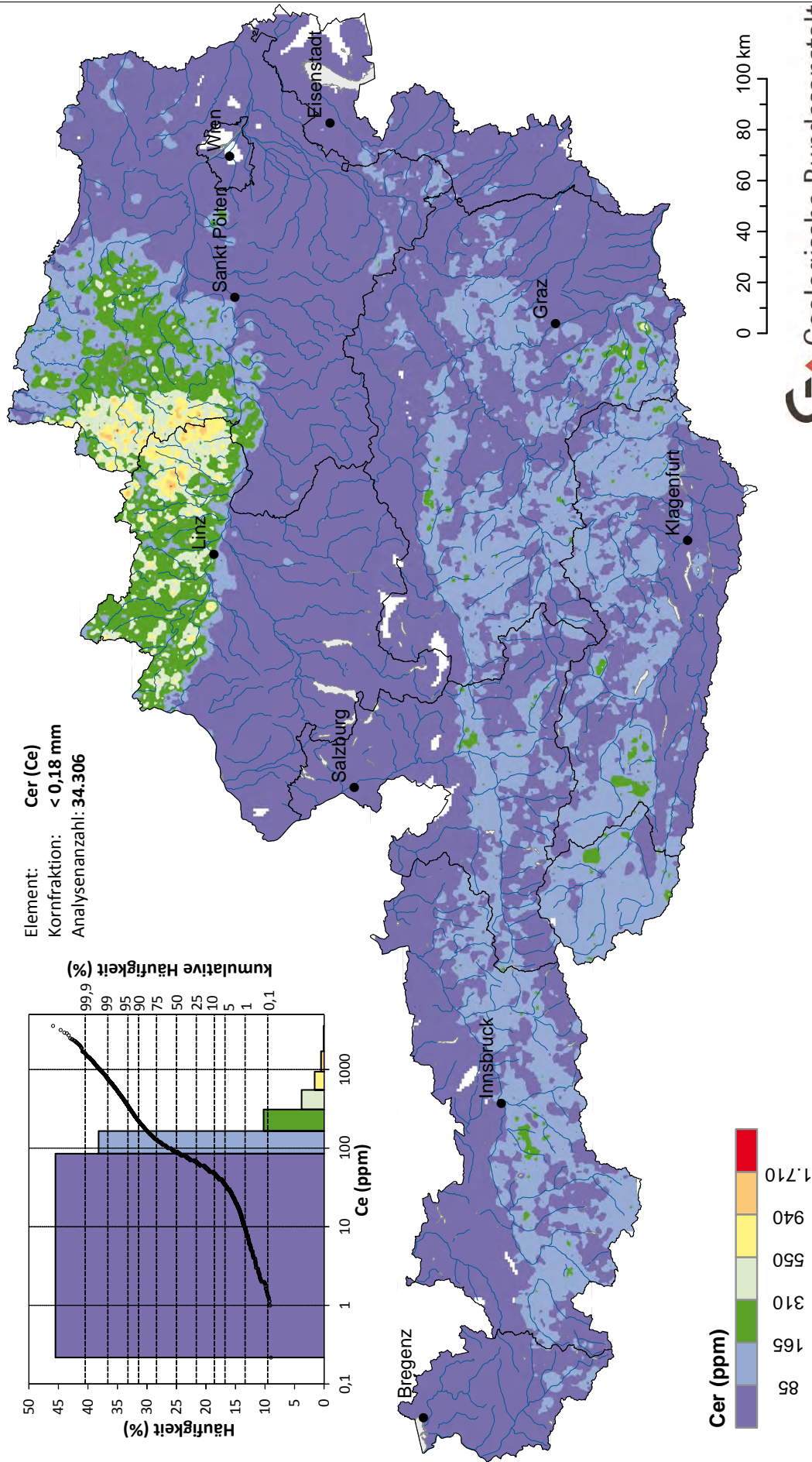


Abb. 45. Cerverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

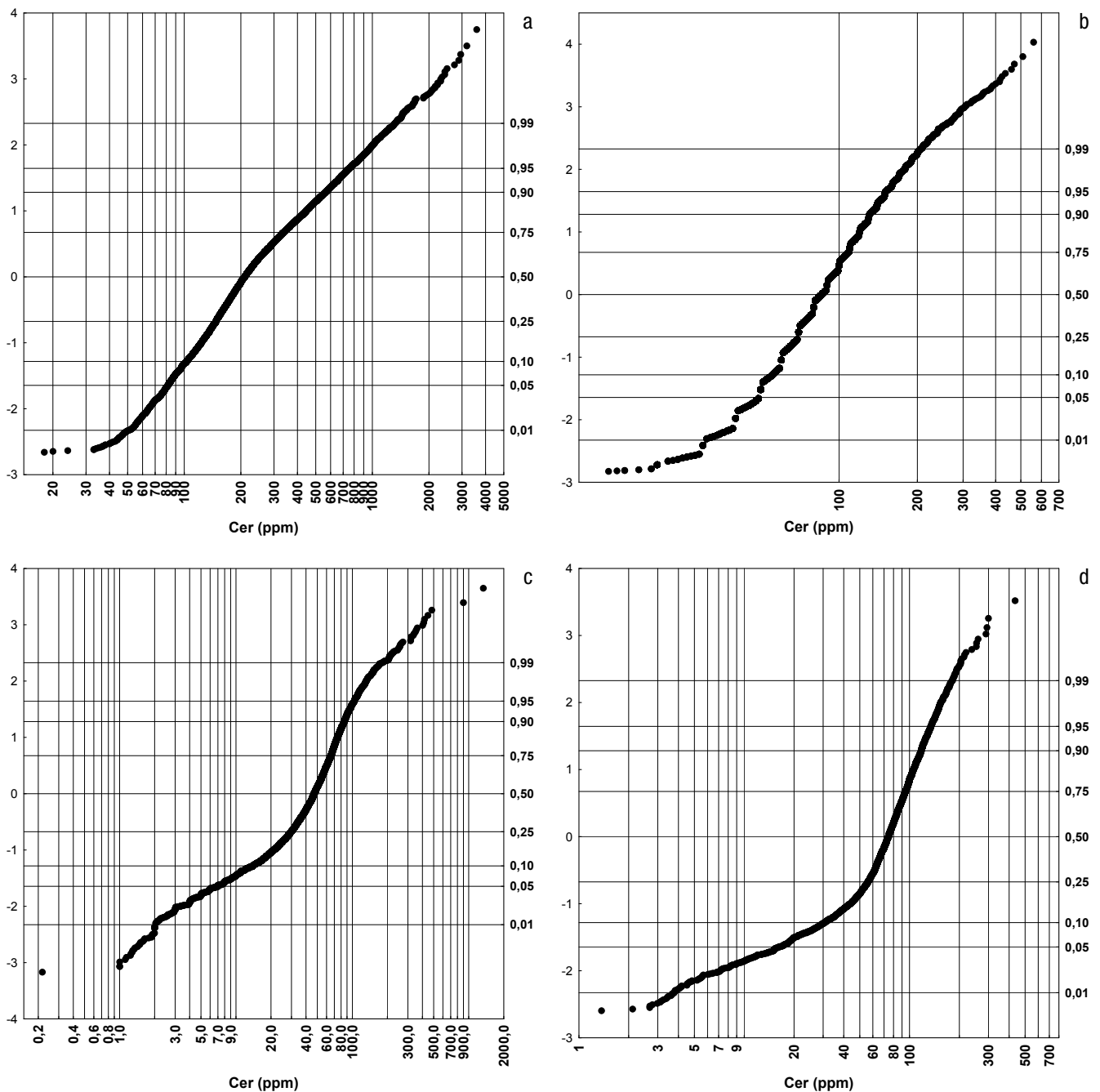


Abb. 46. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Cer in ppm; Böhmisches Masse (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Das Element Cer ist in den Bach- und Flusssedimenten an das Vorkommen von Schwermineralen gebunden (insbesondere Monazit). Die jeweilige Elementkonzentration im Sediment ist daher nicht nur von der Lithologie des Einzugsgebietes abhängig, sondern auch von den Transport- und Sedimentationsbedingungen im jeweiligen Bach-/Flussabschnitt. Minerale mit höherem spezifischen Gewicht („Schwerminerale“) werden im Bachverlauf verstärkt direkt unterhalb von Hindernissen abgelagert und damit an bestimmten Stellen angereichert. Auf Grund ihrer durchschnittlichen Korngröße finden sich diese Schwerminerale auch meist in der Feinstfraktion.

In der Gesamtübersicht für die Analyseergebnisse der Kornfraktion < 0,18 mm fallen die verbreitet hohen Konzentrationen (>> 500 ppm) in der Böhmisches Masse auf. Das hat drei Gründe:

- a. Die Granite und die entsprechenden Migmatite besitzen einen hohen Anteil an Cer-führenden Schwermineralen.
- b. Die ungestörte Verwitterung seit dem Neogen hat in der Verwitterungsaufgabe zu einer Anreicherung der meist sehr verwitterungsresistenten Schwerminerale geführt.
- c. Die spezifische Sedimentzusammensetzung und die Transportvorgänge führen zu einer weiteren Anreicherung der sehr feinkörnigen Schwerminerale.

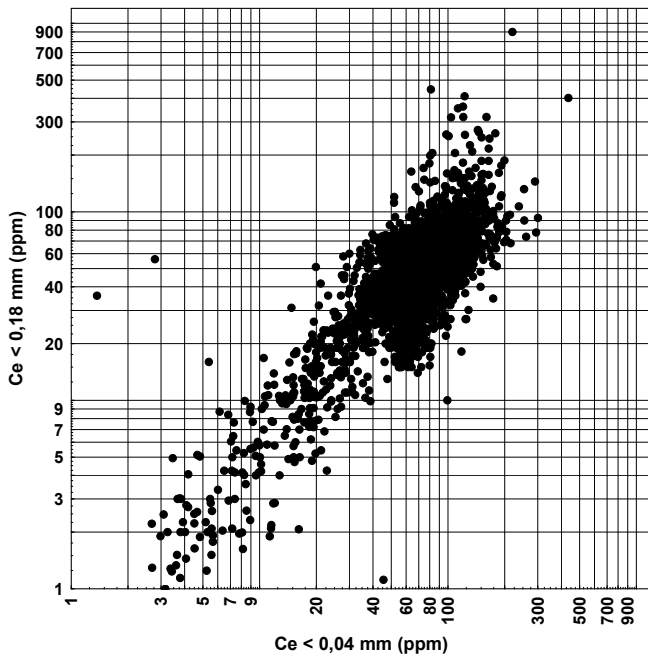


Abb. 47. Vergleich der Kornfraktionen <math>< 0,18 \text{ mm}</math> und <math>< 0,04 \text{ mm}</math> für Cer (Bundesländerprojekte).

Durch diese Dominanz der sehr hohen Cer-Konzentrationen in der Böhmischer Masse werden die Verteilungsmuster im übrigen Bundesgebiet bei der Verrechnung des Gesamtdatensatzes undeutlich, da dort kaum Cer-Konzentrationen > 500 ppm anzutreffen sind.

Um die Verteilungsmuster auch in Gebieten verbreitet niedrigerer Ce-Konzentrationen zu verdeutlichen, werden in Abbildung 48 die Analyseergebnisse der Kornfraktion <math>< 0,18 \text{ mm}</math> aus den Bundesländerprojekten getrennt dargestellt. Damit wird herausgearbeitet, dass die Konzentrationsminima mit den Karbonatgebieten verknüpft sind. Die größeren Flüsse innerhalb der Zentralzone führen natürlich höhere Schwermineralgehalte und werden somit auch durch höhere Ce-Konzentrationen charakterisiert. Sehr deutlich sind auch die Randeffekte entlang des Südrandes der Böhmischer Masse oder des Ostrandes der Karalpe zu sehen, wo Bäche und Flüsse aus dem Kristallin in die neogenen Becken übertreten. Die durchschnittlichen Ce-Konzentrationen in den quartären und neogenen Lockersedimenten sind ebenfalls nicht sehr hoch, heben sich aber deutlich von den Minima der Kalkalpen ab.

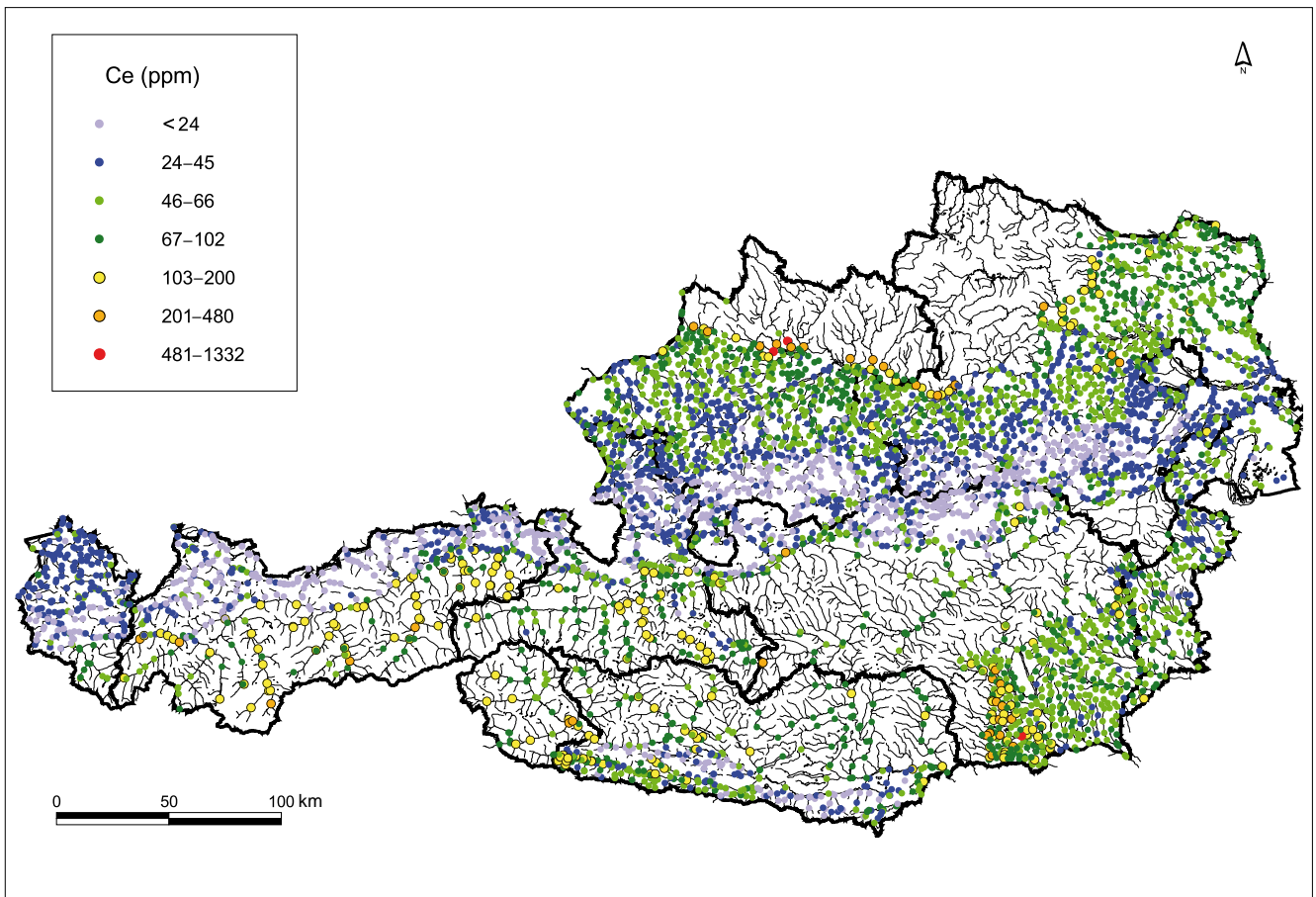


Abb. 48. Bach- und Flusssedimentgeochemie Kornfraktion <math>< 0,18 \text{ mm}</math>, Bundesländerprojekte; Cerverteilung.

Cl – Chlor (Abb. 49–51)

Geogene Herkunft

Element aus der Gruppe der Halogene; geogene Anreicherung in Evaporiten/Haselgebirge (Halit, Sylvit, Carnallit u.a.); primär höhere Hintergrundgehalte in Sedimenten mariner, aber auch arider Entstehung.

Häufigkeit (Cl in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	294 ⁶
ultrabasische Gesteine	85 ³
basische Gesteine	60 ²
intermediäre Gesteine	100 ¹
granitische Gesteine	200 ²
Tonschiefer	180 ⁵
Sandsteine	10 ³
Karbonatgesteine	150 ³

Wichtige Chlormineralie

Halit (61 % Cl), Sylvit (48 %), Sal-Ammoniak (38 %), Carnallit (38 %), Chlorargyrit (25 %), Atakamit (17 %), Kalomel (15 %), Boracit (9 %), Sodalith (7 %), Vanadinit (3 %).

Chlor als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Biotit	1.000
Feldspäte	10
Hauyn	100
Muskovit	100
Nephelin	1.000
Nosean	bis 10.000
Phlogopit	100
Pyroxene	100
Titanit	100

Technogene Herkunft

Verwendung als Ausgangsstoff für Chlorate und Perchlorate (Oxidationsmittel, Unkrautbekämpfung), als Bleichmittel in der Papier- und Zellstoffindustrie, als Zwischenprodukt in vielen organischen Synthesen, zur Desinfektion, als Pflanzenschutzmittel sowie u.a. zum Entzinnen von Weißblech. Eintrag in die Umwelt durch Salzstreuung auf Straßen, Deponiesickerwässern, Klärschlämmen u.a.

Verhalten in der Umwelt

Essenzielles Bioelement. In oxidierter Form hoch toxisch; Bildung toxischer Chlorverbindungen durch Verbrennungsprozesse; hohe Bioakkumulation organischer Chlorverbindungen (DDT, PCBs etc.); Cl-Ionen werden in Unterböden kaum adsorbiert; sehr hohe Löslichkeit und Mobilität.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs

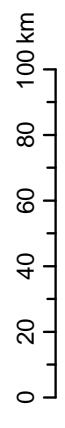
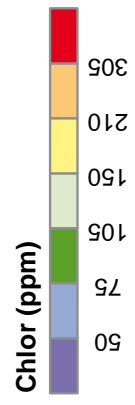
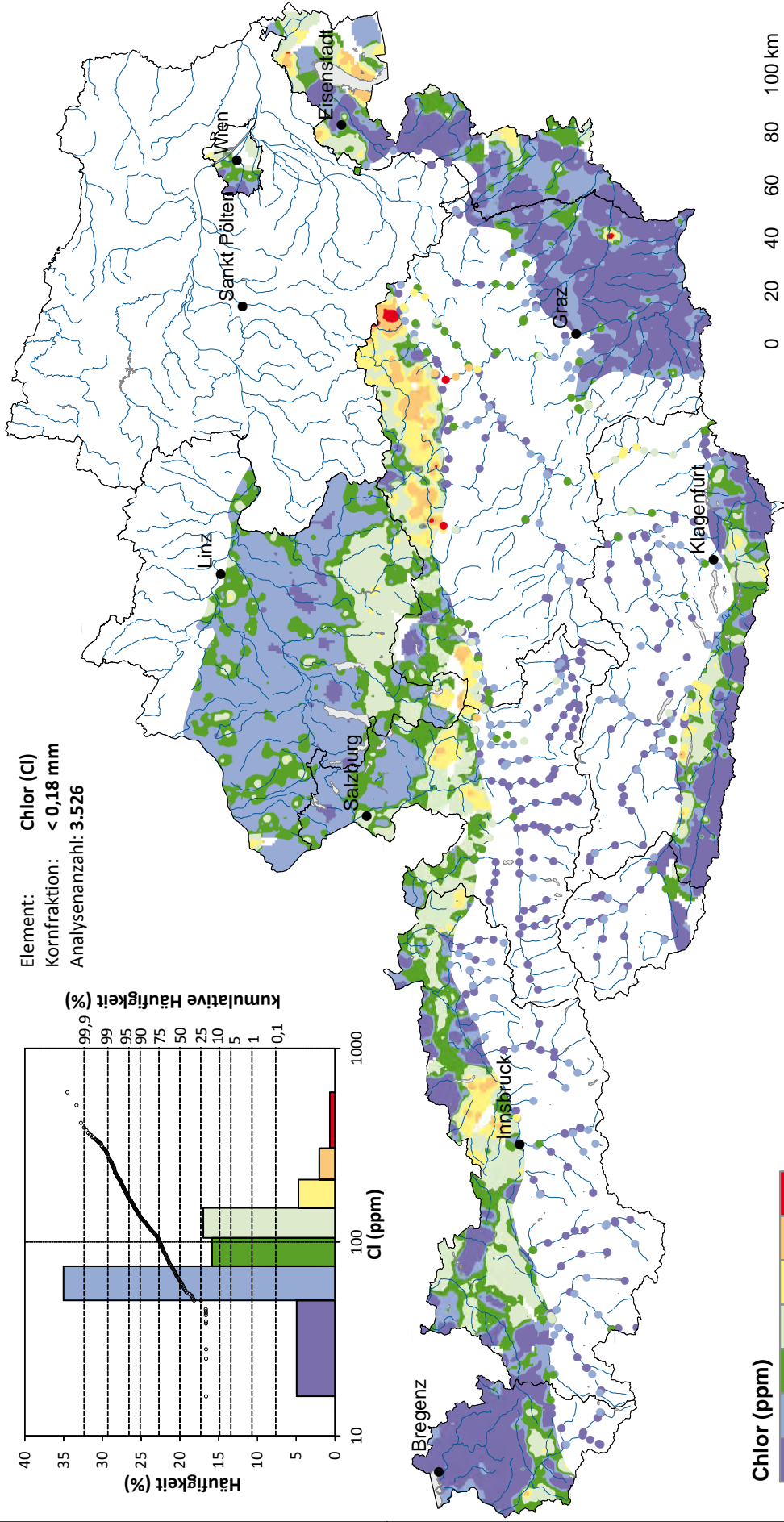
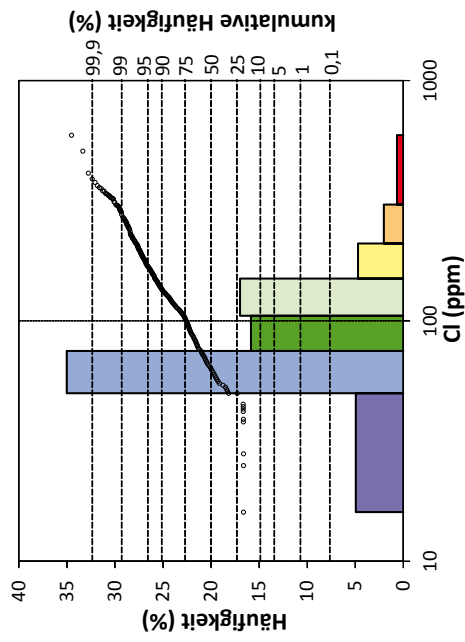


Abb. 49. Chlorverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

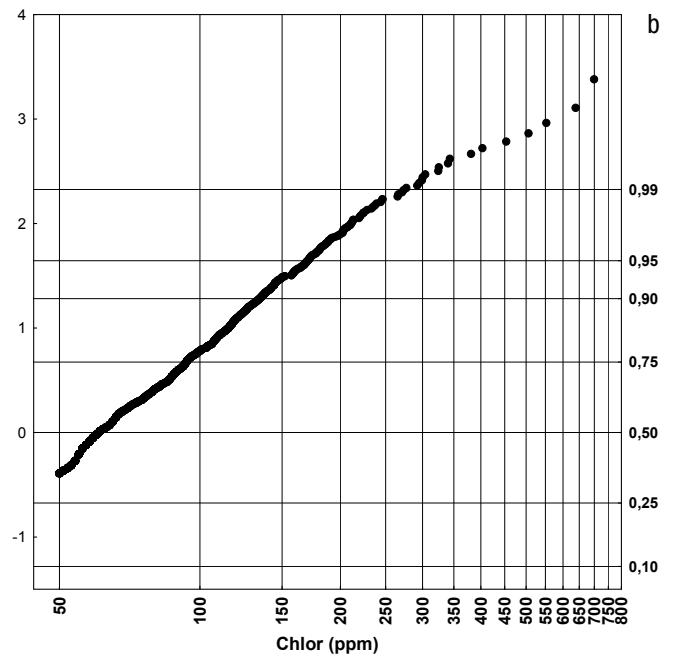
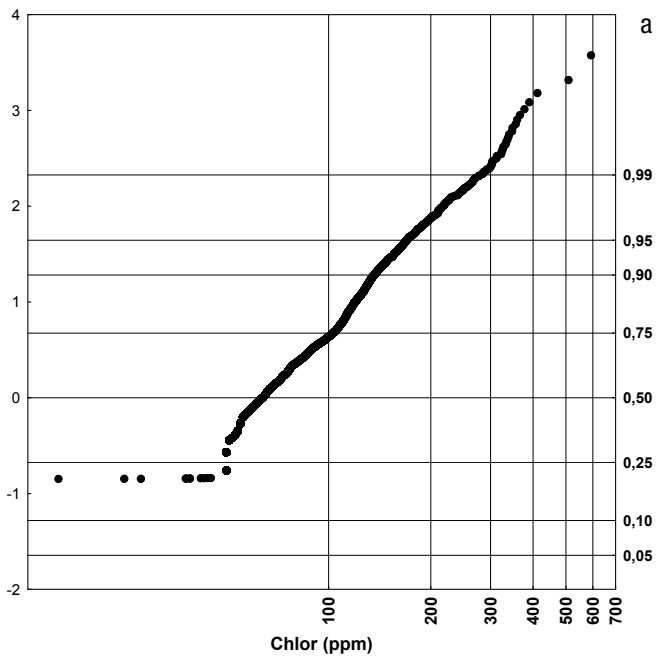


Abb. 50.
Kumulative Häufigkeitsverteilung für Chlor in ppm; Bundesländerprojekte < 0,18 mm (a) und < 0,04 mm (b).

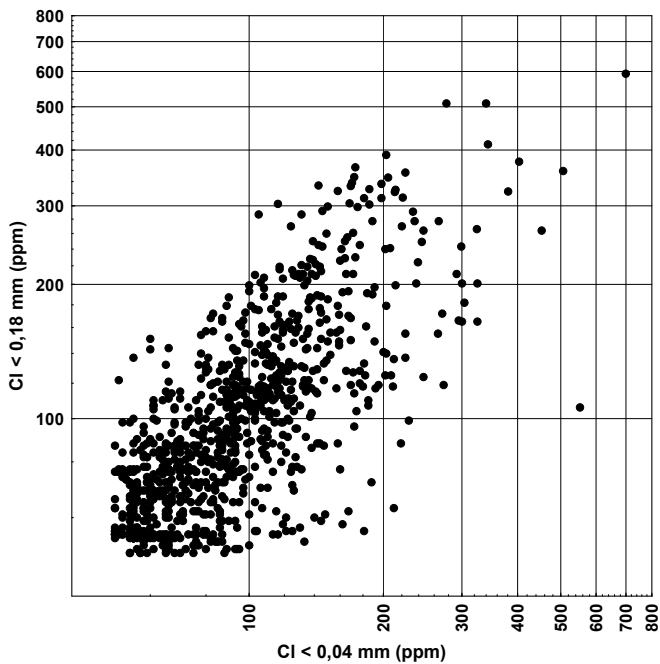


Abb. 51.
Vergleich der Kornfraktionen $< 0,18 \text{ mm}$ und $< 0,04 \text{ mm}$ für Chlor (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Zu Chlorgehalten in Bach- und Flusssedimenten lagen bis vor relativ kurzer Zeit keine Informationen vor. Erst durch die erweiterte Analytik im Rahmen der Bundesländerprojekte sind Überlegungen möglich, welche Aussagen durch diese Analysedaten möglich werden. Einschränkend ist jedoch festzuhalten, dass am Niederösterreich-Probensatz Chlor nicht bestimmt wurde und nur in der Analytik für die Daten von Oberösterreich und Wien eine Bestimmungsgrenze $< 50 \text{ ppm}$ erreicht wurde.

Aus der räumlichen Verteilung der Cl-Konzentrationen in den Sedimenten ist zumindest ein Schluss sofort möglich – es besteht ein enger Zusammenhang zwischen höheren Cl-Konzentrationen und bestimmten Gesteinstypen (Fazies?) in den Kalkalpen. Klar abgrenzbar, werden durch diese Daten Schneealpe, Hochschwab, Gesäuse, Dachstein, Tennengebirge und Karwendel herausgehoben. Diese Zusammenhänge wären im Detail zu prüfen.

Ob auch räumliche Muster in den Cl-Konzentrationen auf Einflüsse aus der Intensivlandwirtschaft zurückzuführen wären, sollte ebenfalls abgeklärt werden.

Co – Cobalt (Abb. 52–54)

Geogene Herkunft

Spurenelement der Eisengruppe mit lithophilen und chalkophilen Eigenschaften; assoziiert mit Nickel, Kupfer, Blei und Eisen in Fe-Mg-Silikaten wie Olivine, Pyroxene, Amphibole; Minerale Linneit $(\text{Co,Ni})_3\text{S}_4$, Cobaltit $(\text{Co,Fe})\text{AsS}$, Safflorit CoAs_2 u.a.; als Spuren- und Nebenelement in zahlreichen anderen Sulfiden (Pyrit, Sphalerit u.a.).

Häufigkeit (Co in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	15 ⁶
ultrabasische Gesteine	150 ³
basische Gesteine	48 ²
intermediäre Gesteine	10 ¹
granitische Gesteine	1 ²
Tonschiefer	19 ⁵
Sandsteine	0,3 ³
Karbonatgesteine	0,1 ³
Unterböden	9 ⁴

Wichtige Cobaltminerale

Linneit (58 % Co), Cobaltin (36 %), Erythrin (30 %), Smaltin (28 %), Safflorit (28 %), Carollit (48,6 %), Cattierit (42 %).

Cobalt als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Ankerit	100
Annabergit	bis 33.600
Arsenopyrit	1.000
Augit	100
Chalkanthit	100
Chalkopyrit	bis 2.000
Chloanthit	bis 63.000
Josephinit	bis 14.000
Löllingit	bis 60.000
monokline Pyroxene	100
Nickelin	1.000
Olivin	100
Pentlandit	bis 25.000
Pyrit	> 25.000
Pyrrhotin	bis 8.500
Rammelsbergit	bis 26.000
Sphalerit	bis 3.000

Technogene Herkunft

Die mengenmäßig größten Anwendungsbereiche betreffen Batterien und Superlegierungen (insbesondere in der Luftfahrtindustrie). Weitere Verwendung findet Cobalt in Dauermagnetwerkstoffen, Farbstoffen (z.B. in Gläsern), Katalysatoren (für Entschwefelung der Kohle), zur Härtung von Kunststoffen und in der Medizin (Cobalt-Isotop Co-60 für Krebsbehandlung). Eintrag in die Umwelt bei Verhüttung von verschiedenen Metallen (Ni, Ag, Pb, Cu). Aufgrund der geringeren Produktionsrate ist die technogene Umweltdispersion eher gering, eventuelle technogene Verbreitung durch Hüttenschlacken, Kohlekraftwerke und Düngemittel.

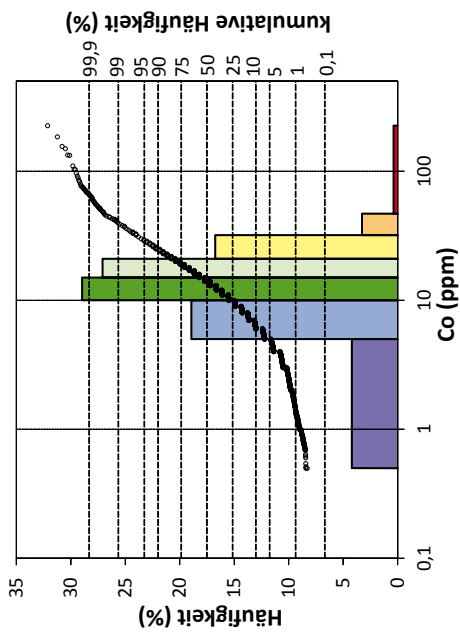
Verhalten in der Umwelt

Essenzielles Element (Zentralatom des Vitamins B12). Cobaltmetallstaub und schwerlösliche Cobaltsalze in höheren Dosen toxisch, allerdings ist in vielen Gebieten eher Co-Mangel ein Problem als toxische Konzentrationen. Es besteht aber ein metabolischer Bezug zu Eisen und Kupfer mit Tendenz zu Anämie bei Cobaltüberangebot.

Unter oxidierenden Bedingungen mittelmäßig mobil, im reduzierenden Milieu Fällung mit Sulfiden. Unter sauren pH-Bedingungen ist Cobalt um vieles mobiler als bei neutralen und basischen pH-Werten. Adsorption vor allem an Mn- und Fe-Oxiden. Co-Gehalte in Unterböden < 5 mg/kg gelten als Co-unterversorgt (Erkrankung des Weideviehs).

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs



Element: Cobalt (Co)
 Kornfraktion: < 0,18 mm
 Analysenanzahl: 34.304

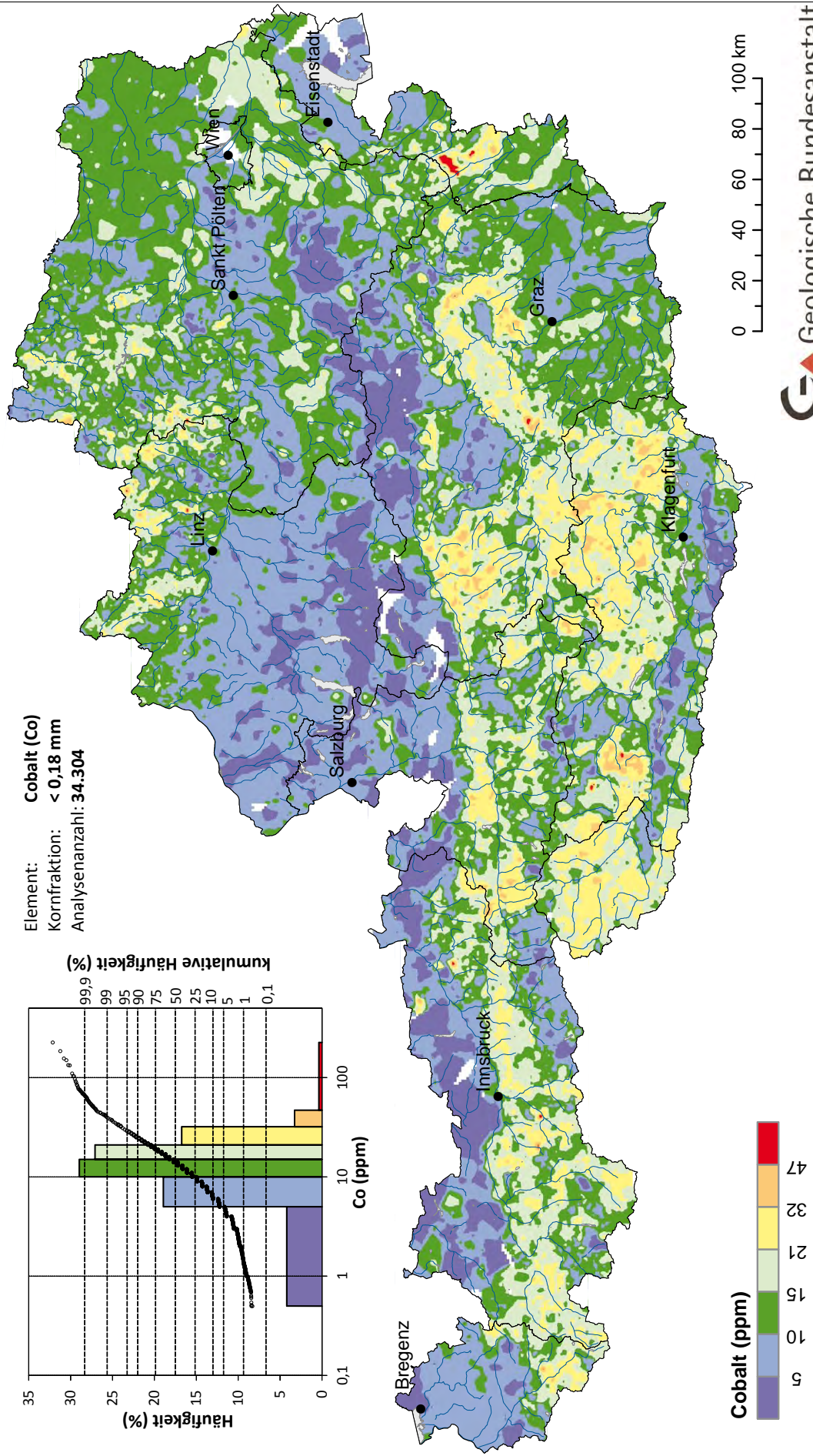


Abb. 52. Cobaltverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

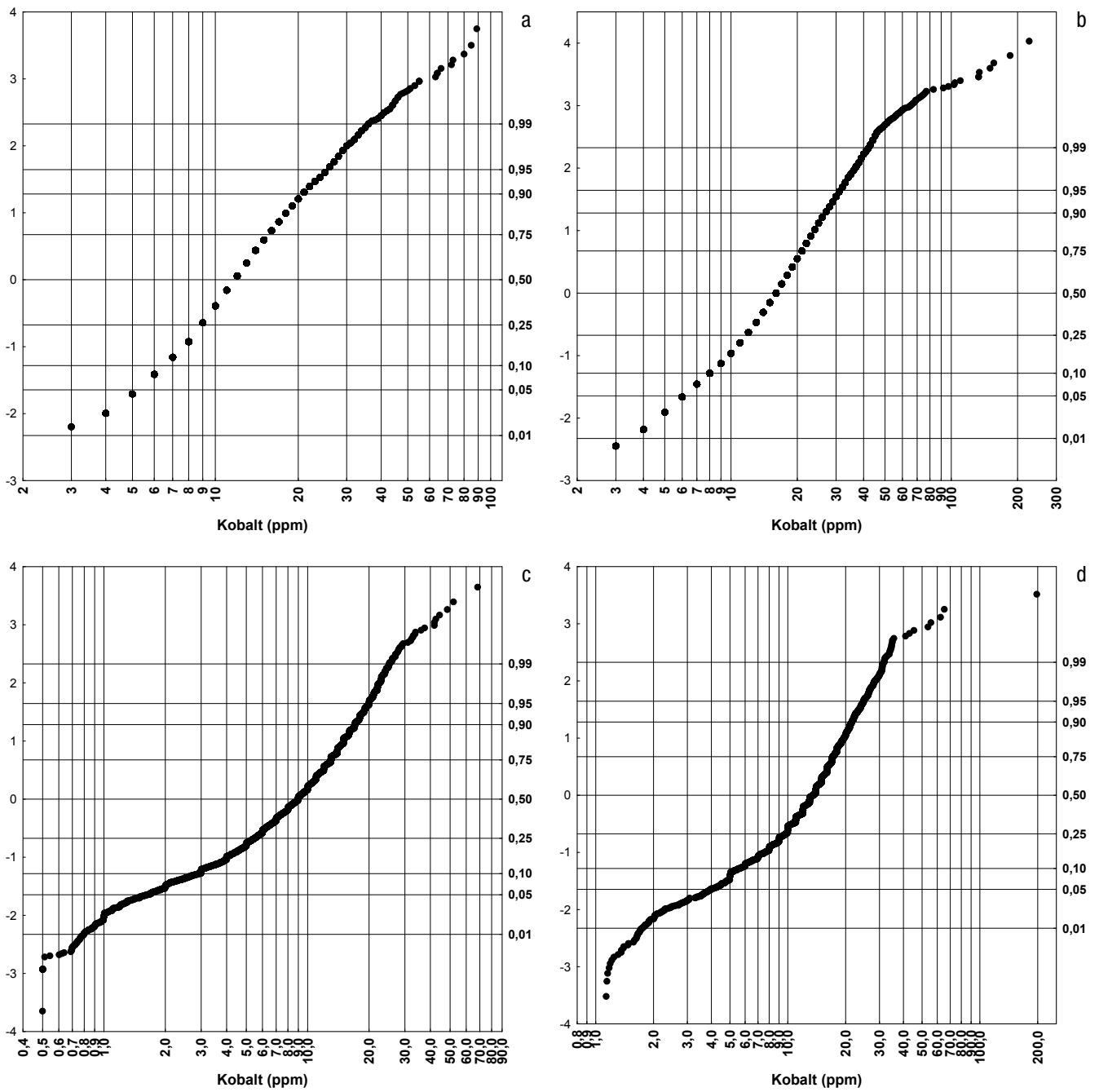


Abb. 53. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Cobalt in ppm; Böhmisches Massiv (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

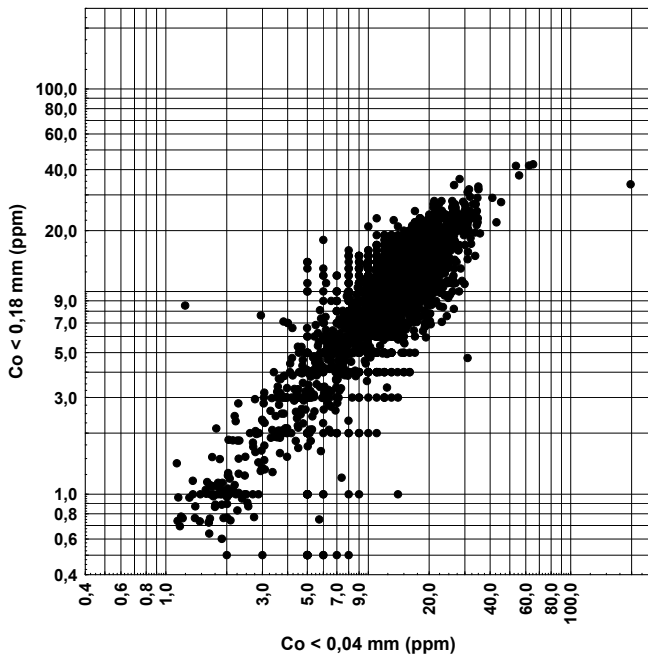


Abb. 54.
Vergleich der Kornfraktionen $< 0,18 \text{ mm}$ und $< 0,04 \text{ mm}$ für Cobalt (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Bei der Interpretation der räumlichen Verteilung von Cobalt in den Bach- und Flusssedimenten ist zu bedenken, dass für dieses Element ein sehr enger Konzentrationsbereich betrachtet wird. Die niedrigsten, nachgewiesenen Werte liegen bei 0,5 ppm, der Median ist 14 ppm und praktisch 99 % der Daten sind Werte $< 40 \text{ ppm}$. Trotzdem zeigt die räumliche Verteilung dieses Elements sehr komplexe und weitgehend interpretierbare Muster.

Dies spricht einerseits für die Qualität der Analytik, andererseits wird es an der Tatsache liegen, dass die Kon-

zentrationen von Cobalt eng mit einer meist feinverteilten Sulfidführung in den Gesteinsserien in Zusammenhang zu bringen sind. Neben der Sulfidführung sind auch bestimmte Gesteinstypen, wie Serpentine und andere basische Gesteine, Träger erhöhter Co-Konzentrationen.

Die kleinräumig wechselnden Konzentrationen zwischen 5 und 20 ppm im Bereich der Flyschzone, der Molasse und der alpinen Becken sind wahrscheinlich eher den anthropogenen Einflüssen zuzurechnen.

Cr – Chrom (Abb. 55–57)

Geogene Herkunft

Lithophiles Spuren- bis Nebenelement; assoziiert mit Magnesium, Eisen, Nickel und Cobalt. Leitelement für Basite und Ultrabasite. Chrom tritt in zahlreichen Mineralen (Pyroxene, Amphibole, Glimmer, Chlorite) als Begleit- und Spurenelement auf; Chromit FeCr_2O_4 und Chromspinell sind die bedeutendsten Cr-Mineralphasen.

Häufigkeit (Cr in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	73 ⁶
ultrabasische Gesteine	1.600 ³
basische Gesteine	200 ²
intermediäre Gesteine	50 ¹
granitische Gesteine	4 ²
Tonschiefer	90 ⁵
Sandsteine	35 ³
Karbonatgesteine	11 ³
Unterböden	62 ⁴

Wichtige Chromminerale

Chromit (47 % Cr), Krokoit (16 %), Kämmererit (~ 5 %).

Chrom als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Aktinolith	100
Anatas	100
Andalusit	100
Augit	100
Brookit	100
Chrysoberyll	100
Cyanit	bis 12.000
Diaspor	bis 0,5 % Cr_2O_3
Diopsid	1.000
Korund	bis 10.000
Muskovit	bis 26.000
Olivin	1.000
Omphacit	100
Pennin	100
Pyrop	1.000
Pyroxene	100
Rutil	100
Spessartin	100
Spinell	1.000
Thuringit	100
Turmalin	bis 75.000
Wulfenit	bis 5.600

Technogene Herkunft

Verwendung in Stahl- und Speziallegierungen, für hochfeuerfeste Werkstoff, Gießereisande, als Bestandteil von Farben und Pigmenten, als Gerbstoff und für die Holzimprägnation; Gewässerbelastung hauptsächlich aus Gerbereien und Galvanikbetrieben; partikulärer Eintrag aus metallverarbeitender Industrie.

Verhalten in der Umwelt

Bisher als wenig essenzielles Bioelement eingestuft. Der menschliche Organismus braucht in geringen Mengen Chrom für die Insulinausschüttung und für den Protein- und Kohlehydratstoffwechsel. Cr^{6+} , welches natürlich kaum auftritt, weist eine bedeutend höhere Toxizität auf als Cr^{3+} und gilt als kanzerogen.

Cr^{3+} gilt unter allen natürlichen Bedingungen als sehr immobil; technogen eingebrachtes Cr^{6+} ist allerdings sehr mobil abhängig von der Sorption an Fe-, Al- und Mn-Oxiden und der normalerweise raschen Reduktion zu Cr^{3+} .

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs

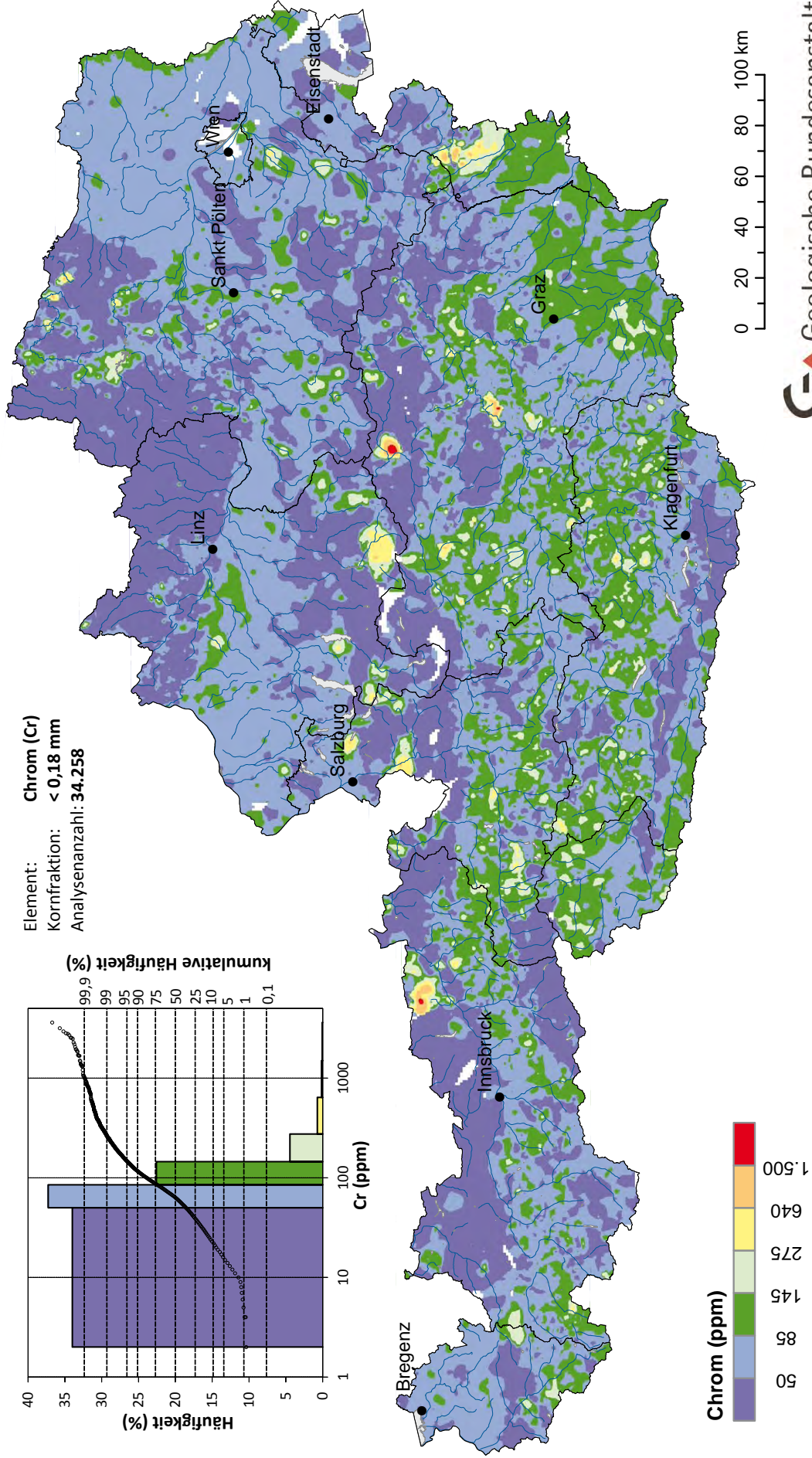
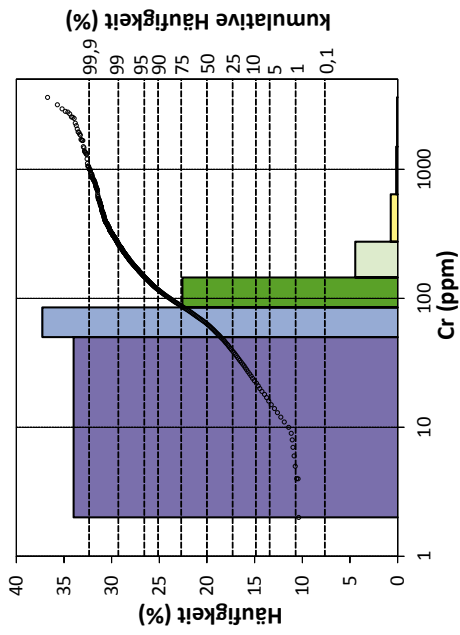


Abb. 55. Chromverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

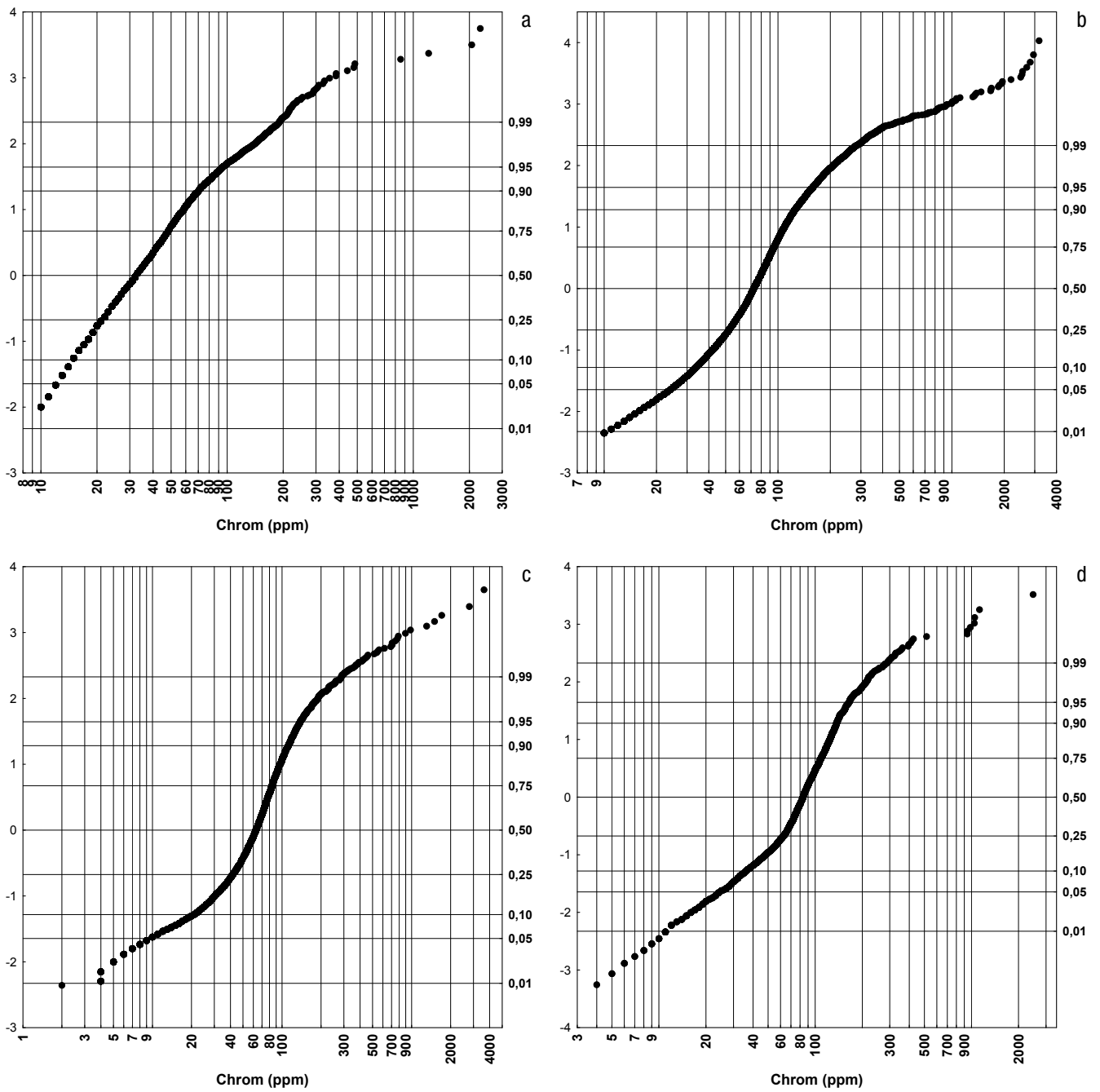


Abb. 56. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Chrom in ppm; Böhmishe Masse (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

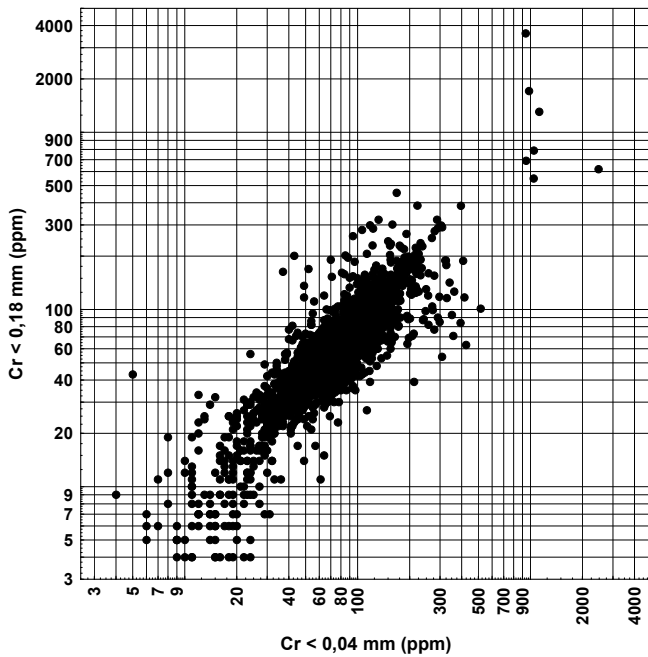


Abb. 57.
Vergleich der Kornfraktionen < 0,18 mm und < 0,04 mm für Chrom (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Die räumliche Verteilung von Chrom in den Bach- und Flusssedimenten ist eng korreliert mit der Verbreitung von basischen und ultrabasischen Gesteinsserien. Besonders deutlich wird das an den eher kleinräumigen Vorkommen von Serpentiniten, die durch sehr hohe Cr-Konzentrationen markiert werden (Rechnitz/Burgenland, Preg-Kraubath, westlich Trieben oder nördlich Heiligenblut). Basische Gesteinsserien wirken sich durch größer flächige, relativ ein-

heitliche Cr-Konzentrationsverteilungen zwischen ca. 100 und 250 ppm aus.

Auffällig sind lokale Bereiche mit sehr hohen Cr-Konzentrationen (> 600 ppm) in den Nördlichen Kalkalpen. Diese kleinräumigen „Anomalien“ sind mit Vorkommen von Kreidesedimenten (Gosau-Formation) verknüpft. Der entsprechende Cr-Gehalt ist auf die Chromitführung in diesen Sedimentserien zurückzuführen. Wahrscheinlich erfolgt noch eine zusätzliche lokale Anreicherung durch die Transportprozesse in den Bächen.

Cu – Kupfer (Abb. 58–60)

Geogene Herkunft

Chalkophiles Spurenelement, eng assoziiert mit Vanadium, Eisen, Nickel, Cobalt, aber auch Arsen; Höchstgehalte in basischen und intermediären Gesteinstypen; Kupfer kommt vorwiegend in den Sulfidmineralen Chalkopyrit (Kupferkies) CuFeS_2 , Bornit Cu_5FeS_4 , Malachit $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ bzw. in Fahlerzen vor. Spuren- und Nebenelement in anderen Sulfiden, aber auch in Fe-Mg-Silikatmineralen.

Häufigkeit (Cu in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	27 ⁶
ultrabasische Gesteine	40 ⁴
basische Gesteine	100 ²
intermediäre Gesteine	35 ¹
granitische Gesteine	10 ²
syenitische Gesteine	5 ²
Tonschiefer	39 ⁵
Sandsteine	10 ²
Karbonatgesteine	4 ³
Unterböden	14 ⁴

Wichtige Kupferminerale

Gediegenes Kupfer, Cuprit (88,8 % Cu), Tenorit (79,8 %), Chalkopyrit (bis 34,5 %), Bornit (bis 69 %), Cubanit (bis 23 %), Chalcocit (79,8 %), Covellin (bis 66,5 %), Enargit (bis 48,6 %), Fahlerz (22–53 %), Malachit (bis 72 %), Azurit (bis 55 %), Atakamit (bis 49,5 %), Brochantit (bis 56 %), Chalkantit (bis 25 %).

Kupfer als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Boulangerit	1.000
Carnotit	1.000
Cobaltin	100
Galenit	bis 3.000
Josephinit	bis 12.000
Linneit	1.000
Magnetit	100
Miargyrit	bis 10.000
Millerit	bis 10.000
Pentlandit	bis 17.000
Platin	1.000
Pyrargyrit	100
Pyromorphit	1.000
Pyrrhotin	bis 7.000
Rammelsbergit	100
Silber (gediegen)	1.000
Skutterudit	100
Smaltin	100
Sphalerit	bis 50.000

Technogene Herkunft

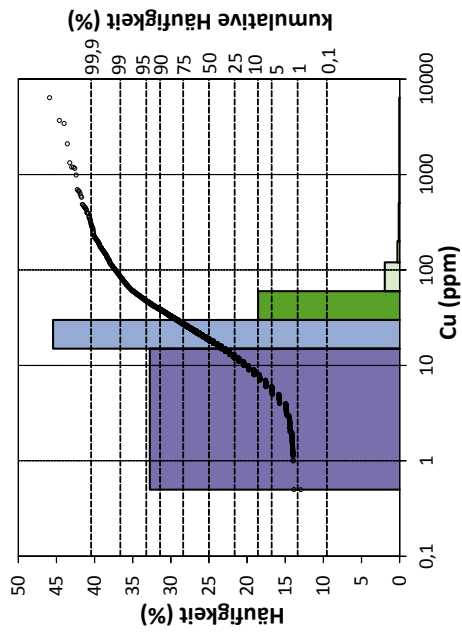
Verwendung als Metall in Legierungen (Bronze, Messing, Tombak, Gelbguss, Weißguss, Neusilber) und in der Elektrotechnik, Leitungsrohre, in Pigmenten, medizinischen Präparaten, Fungiziden, galvanischen Oberflächenbeschichtungen. Eintrag in die Umwelt vor allem bei der Metallgewinnung und -verhüttung, in der Landwirtschaft bei Einsatz als Pflanzenschutzmittel und Ausbringung von Schweinegülle (Kupfer beschleunigt das Wachstum bei Schweinen).

Verhalten in der Umwelt

Essenzielles Spurenelement für Pflanzen und Tiere; in hohen Dosen toxisch. Menschen und höhere Wirbeltiere sind relativ unempfindlich auf hohe Cu-Konzentrationen, Mikroorganismen hingegen sind sehr empfindlich. Wechselwirkung mit Eisen und Molybdän. Sulfidisch gebundenes Kupfer wird durch Oxidation mobilisiert. In reduzierendem Milieu Fällung als Sulfid. Unter stärker sauren Bedingungen mobil, bei neutralen bis basischen pH-Werten immobil. Sorption an organischer Substanz und Tonmineralen. Im Bachsediment überwiegt Bindung an Feinfraktion und organischer Substanz. Mangelerscheinungen bei Pflanzen treten bei Cu-Gehalten in Unterböden von < 5 mg/kg auf.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs



Element: **Kupfer (Cu)**
 Kornfraktion: **< 0,18 mm**
 Analysenanzahl: **34.341**

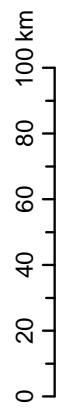
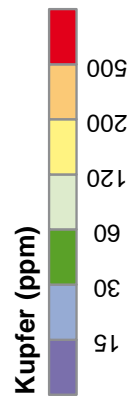
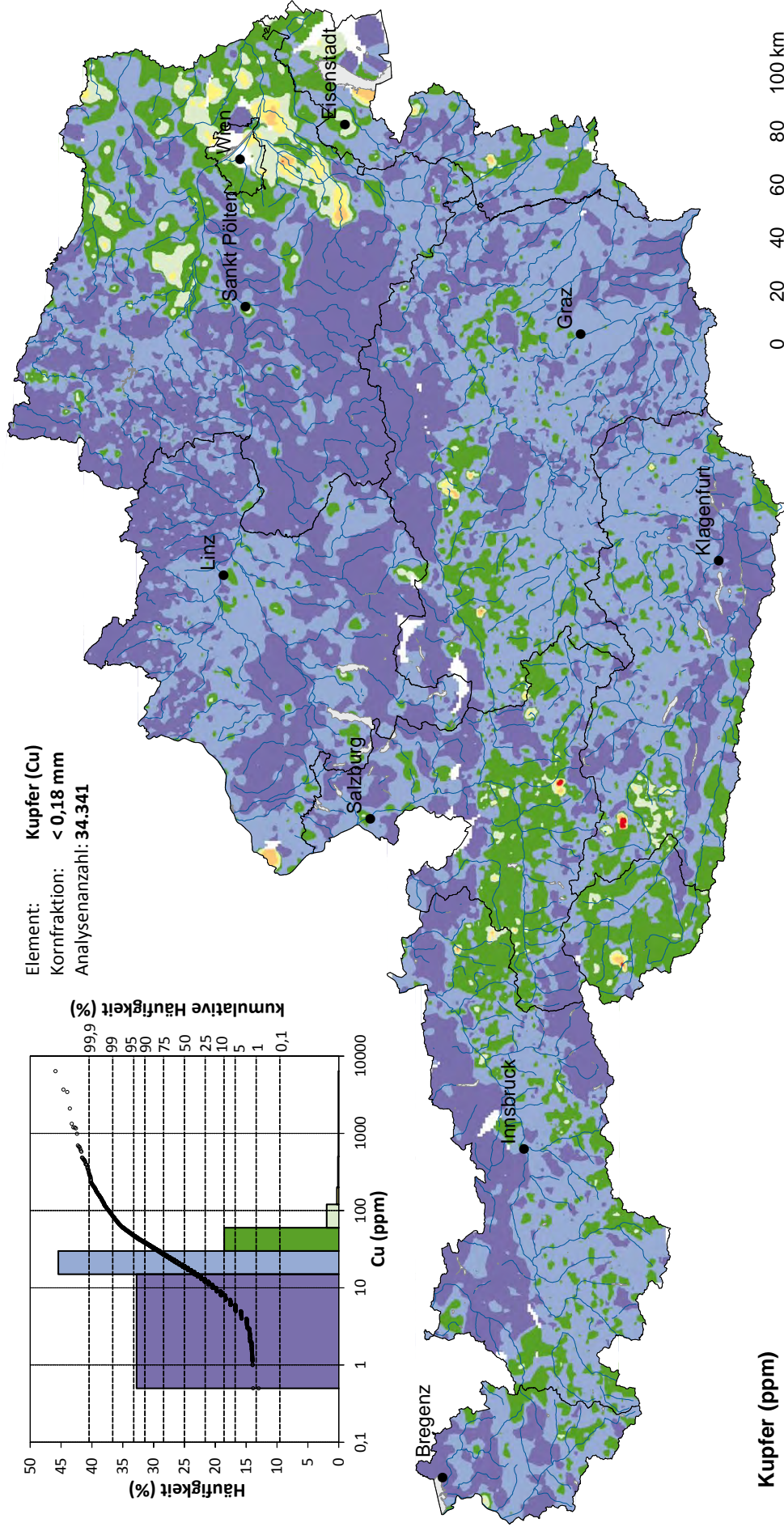


Abb. 58. Kupferverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

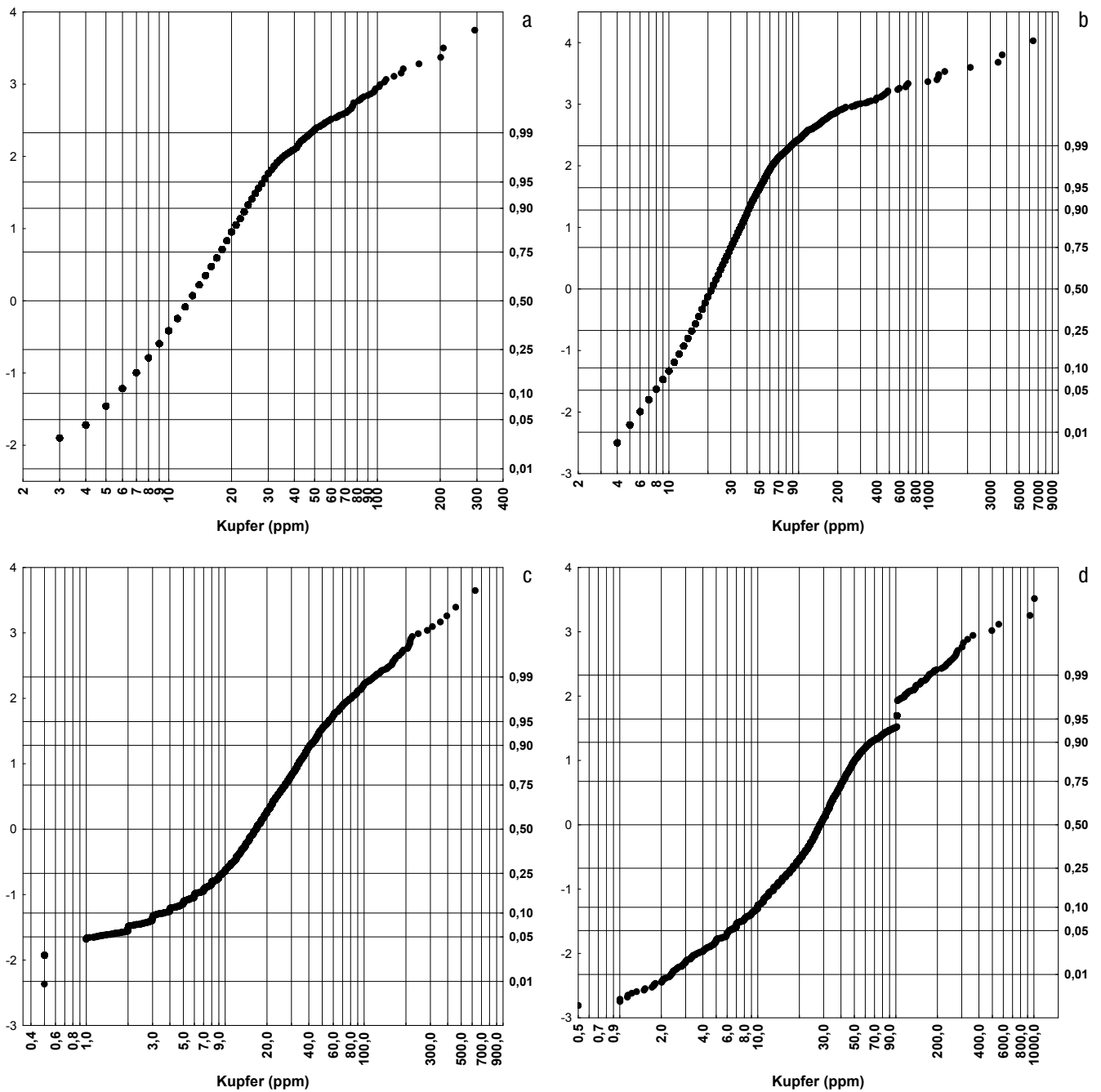


Abb. 59. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Kupfer in ppm; Böhmisches Masse (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

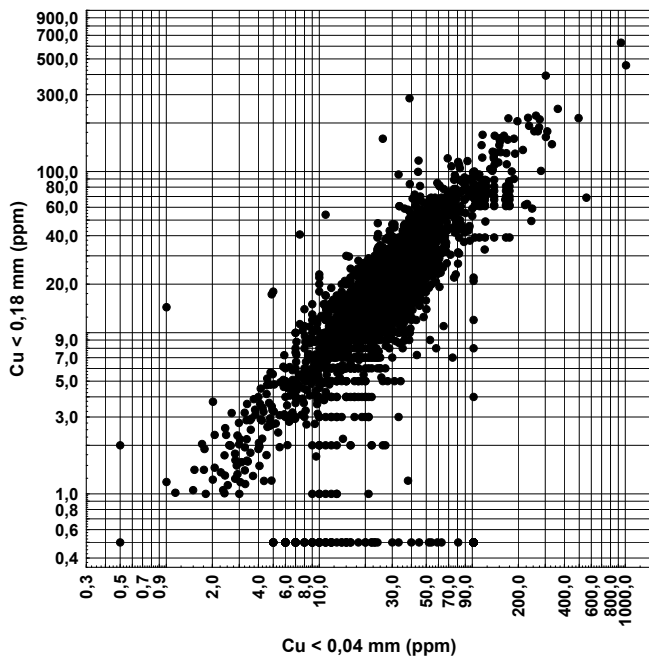


Abb. 60.
Vergleich der Kornfraktionen < 0,18 mm und < 0,04 mm für Kupfer (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Die räumliche Verteilung der Cu-Konzentrationen in den Bach- und Flusssedimenten dürften hauptsächlich drei Ursachen haben:

- Kleinregional bis regional etwas höhere Grundgehalte (etwa 30 bis 120 ppm) in basischen und ultrabasischen Gesteinsserien.
- Lokale, kleinräumige „Anomalien“ höherer Konzentrationen (> und >> 120 ppm) in direktem Konnex mit Chalkopyrit- oder Polysulfidvererzungen (z.B. Walchen, Großarl, Kleinfragant, Blindis, Jochberg/Kupferplatte, Röhrerbühel u.a.).

- Vereinzelte Probepunkte mit Cu-Konzentrationen > 120 ppm im Weinviertel und südlichen Wiener Becken – möglicherweise im Zusammenhang mit dem Weinbau zu sehen; in jedem Fall aber anthropogen bedingt.

Es fällt auf, dass zahlreiche Cu-Mineralisationen oder Altbergbauareale mit Zielrohstoff Kupfer durch die Bachsedimentgeochemie nicht oder eher undeutlich nachgewiesen werden. Wie Detailuntersuchungen dazu belegen, führt die hohe Mobilität von Kupfer in den natürlichen Systemen dazu, dass Lösungsvorgänge gegenüber Transportvorgängen im Sediment überwiegen.

F – Fluor (Abb. 61–63)

Geogene Herkunft

Aufgrund der hohen Reaktionsfreudigkeit kommt Fluor in der Natur nicht elementar vor, sondern in Form seiner Verbindungen in Fluorit CaF_2 , als Neben- und Spurenelement in Fluorapatit $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$, Topas $\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{FOH})_2$, Apatit, Glimmern, Turmalin und Amphibolen. Fluorit ist häufig ein Begleiter von Erzmineralen in Gängen.

Häufigkeit (F in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	557 ⁶
ultrabasische Gesteine	100 ³
basische Gesteine	400 ²
intermediäre Gesteine	500 ¹
granitische Gesteine	850 ²
Tonschiefer	740 ⁵
Sandsteine	270 ³
Karbonatgesteine	330 ³

Wichtige Fluorminerale

Kryolit (54 % F), Fluorit (49 %), Topas (9 %), Amblygonit (6 %), Apatit (4 %).

Fluor als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Almandin	100
Amphibole	1.000
Ascharit	1.000
Axinit	100
Biotit	X.000 *
Glaukophan	1.000
Muskovit	bis 40.000
Pargasit	bis 19.000
Phlogopit	bis 60.000
Turmalin	bis 10.000
Vesuvian	bis 40.000

* X.000 – Wert liegt im 1.000er Bereich

Technogene Herkunft

Verwendung in der Uranproduktion (Trennung von Isotopen für Kernbrennstoffe, im Brennstoffkreislauf), als Flussmittel (Stahl- und Aluminiumherzeugung), in Kunststoffen (z.B. Teflon, Hostaflon), zur Herstellung von FCKW (Kältemittel und Treibgase) in Raketentreibstoffen und Schädlingsbekämpfungsmitteln.

Verbreitung in der Umwelt durch industrielle Emissionen aus der Aluminium-, Email-, Keramik-, Zement- und Ziegelindustrie, aus Kraftwerken (besonders bei Braunkohlefeuerung) und Müllverbrennungsanlagen sowie durch den Einsatz von FCKW, möglicherweise auch durch Düngemittel. Durch Verwitterung oder Gewinnung bestimmter mineralischer Komponenten (z.B. Aluminium- oder Rohphosphatgewinnung) werden fluoridhaltige Verbindungen an die Umwelt abgegeben.

Verhalten in der Umwelt

Essenzielles Bioelement. In höheren Dosen und in einigen Verbindungen hoch toxisch. Mobilität von Fluor ist im Allgemeinen als hoch einzustufen. Sorption an Al-Oxide; Fällung mit Ca (CaF_2).

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs

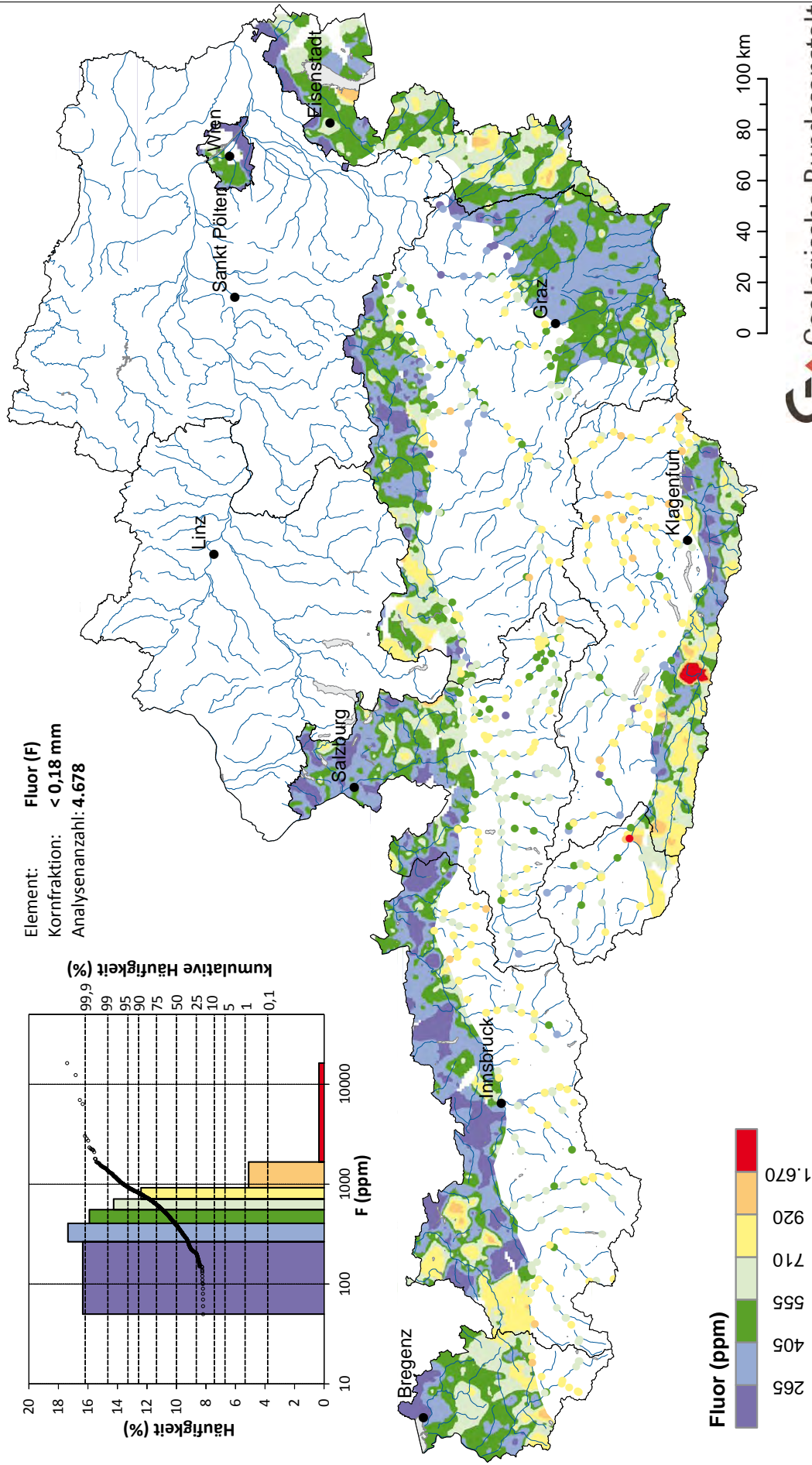
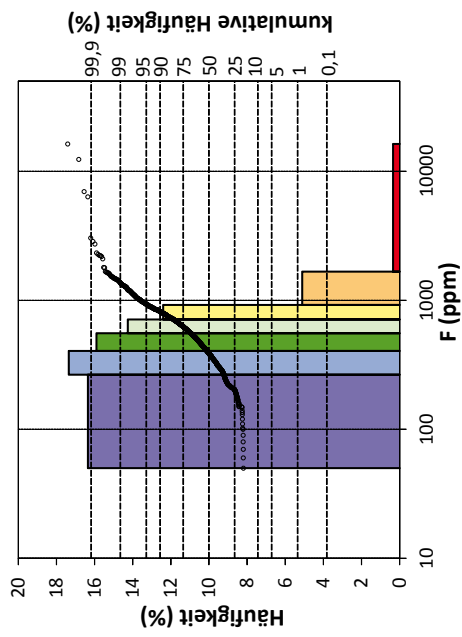


Abb. 61. Fluorverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

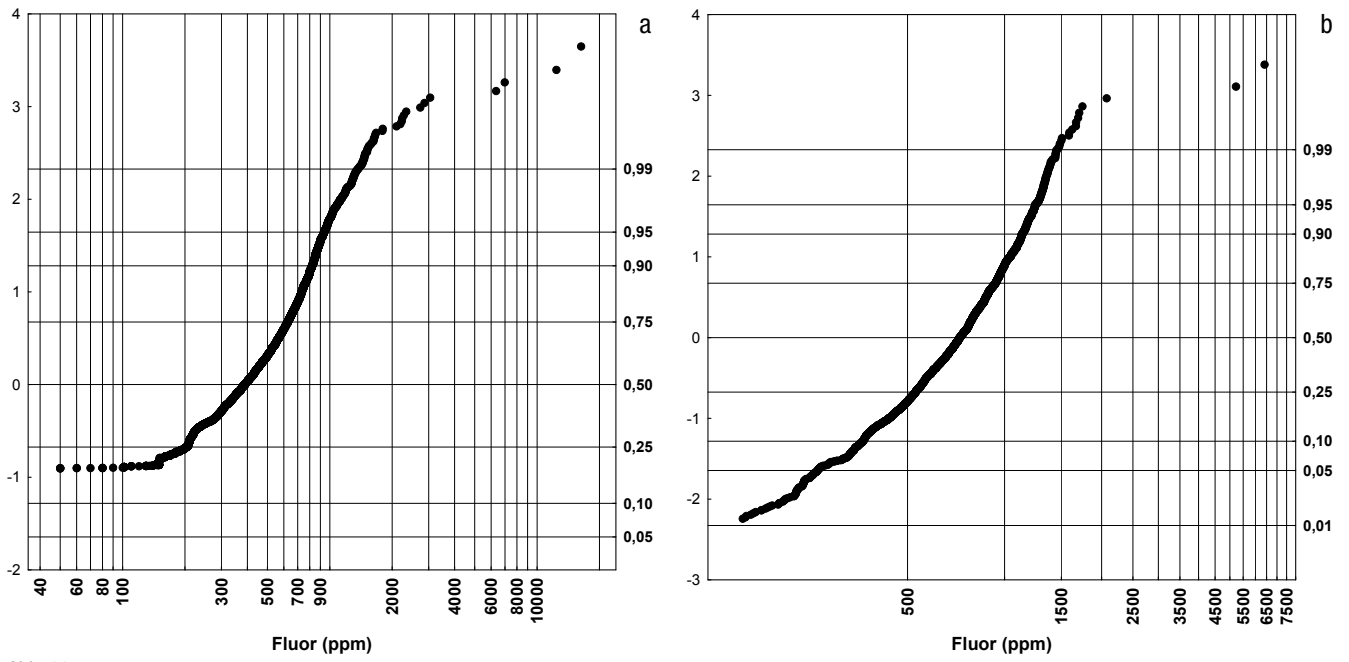


Abb. 62.
Kumulative Häufigkeitsverteilung für Fluor in ppm; Bundesländerprojekte < 0,18 mm (a) bzw. < 0,04 mm (b).

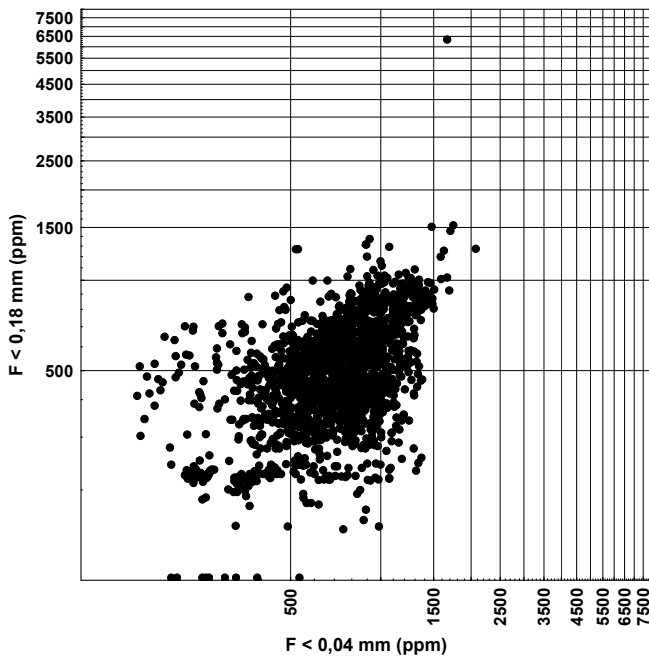


Abb. 63.
Vergleich der Kornfraktionen < 0,18 mm und < 0,04 mm für Fluor (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Geochemisch steht das Element Fluor eher als Parameter in Wässern im Vordergrund von Forschung und systematischer Analytik. Über Gehalte und Verteilung in Bachsedimenten lagen bis vor kurzem keine Daten vor. Geogen kommen für Fluor mehrere Quellen in Frage:

- Fluor kann im Gitter von gesteinsbildenden Silikaten – wie Glimmer oder Amphibole – eingebaut sein. Das kann zu höheren Grundgehalten in bestimmten Kristallinserien führen.
- Flussspat ist häufiges Nebenmineral oder Gangart bei (poly-)sulfidischen Vererzungen. Entsprechend hohe Konzentrationen finden sich z.B. im Umfeld der Blei-Zink-Lagerstätten im Drauzug. Der Probepunkt mit der höchsten gemessenen Konzentration ist direkt unterhalb der ehemaligen Aufbereitung im Bergbauareal Bleiberg-Kreuth situiert.

- Höhere Fluorgehalte in Apatit und ähnlichen Phosphormineralen.

Der letzte Punkt könnte auch der Grund sein, dass Phosphordünger meist auch höhere Fluorgehalte besitzen. Höhere Hintergrundgehalte von Fluor in Tal- und Beckenlagen mit Intensivlandwirtschaft könnten darauf zurückzuführen sein.

Zusammenfassend ist aber festzuhalten, dass über die jeweiligen tatsächlichen Quellen von Fluor in den meisten Fällen noch zu wenig Fachinformation vorliegt.

Wie der Vergleich der Konzentrationen in den beiden Kornfraktionen zeigt, wird Fluor in der Fraktion < 0,04 mm angereichert.

Fe – Eisen (Abb. 64–66)

Geogene Herkunft

Gesteinsbildendes Hauptelement, vierthäufigstes in der Erdkruste, dritthäufigstes im Erdmantel. Geogene Anreicherung durch liquidmagmatische, hydrothermale bis sedimentäre Lagerstättenbildungen.

Vorkommen in Oxiden (z.B. Magnetit Fe_3O_4 , Hämatit Fe_2O_3), Verwitterungsprodukten von Fe-führenden Mineralen (Fe-Hydroxide, wie Goethit/Limonit $\text{FeO}(\text{OH})$), Karbonaten (Siderit FeCO_3), Sulfiden (Pyrit, Markasit FeS_2 , Pyrrhotin Fe_{1-x}S) sowie in Fe-führenden Silikaten (Biotit, Olivin, Pyroxene, Amphibole, Glimmer).

Häufigkeit (Fe in M-%)

obere kontinentale Erdkruste	5,2 ⁶
ultrabasische Gesteine	9,4 ³
basische Gesteine	8,6 ²
intermediäre Gesteine	5,8 ¹
granitische Gesteine	2,7 ²
Tonschiefer	4,7 ⁵
Sandsteine	1,0 ³
Karbonatgesteine	0,4 ³
Unterböden	2,6 ⁴

Wichtige Eisenminerale

Magnetit (71,4 % Fe), Hämatit (70 %), Goethit (60–63 %), Siderit (48 %), Chamosit (33 %), Thuringit (29–31 %), Markasit (47 %), Pyrit (47 %), Ilmenit (37 %), Pyrrhotin (64 %), Limonit (60 %).

Eisen als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Beryll	bis 12 %
Boehmit	bis 50.000
Bourmonit	bis 50.000
Braunit	bis 10 %
Calcit	bis 13 % FeO
Chloritoid	bis 24.000
Chrysokoll	bis 50.000
Cobaltin	bis 8 %
Dolomit	bis 44.000
Illit	bis 23.000
Magnesit	bis 5,4 %
Millerit	bis 20.000
Nickelin	bis 27.000
Perowskit	bis 6,9 %
Phlogopit	bis 9 %
Rhodonit	bis 12 %
Rutil	bis 8 %
Sapphirin	bis 7 %
Skutterudit	bis 5,8 %
Smaltin	bis 7,3 %
Sphalerit	bis 20 %
Thorit	bis 50.000
Titanit	bis 46.000
Turmalin	bis 7 %
Vesuvian	bis 6,2 %
Wollastonit	bis 7 %

Technogene Herkunft

Technisch häufig genutztes Metall. Vorwiegende Verwendung als Stahl, in Stahllegierungen, als Gießereieisen, in Ferriten und im Strahlenschutz (Fe-59 als Radioindikator). Umweltdispersion vor allem durch Metallverhüttung und -verarbeitung (Eisenabfälle, Rost, Pigmente, Flugstaub), durch Verbrennungsprozesse (Flugasche der Kohleverbrennung), aber auch durch Düngemittel und Herbizide (in Form von Fe-Sulfaten).

Verhalten in der Umwelt

Essenzielles Bioelement für alle Organismen. Eisenmangel meist größeres Problem für Organismen als Toxizität durch hohe Konzentrationen; Interferenzen bei der wichtigen Fe-Absorption im menschlichen Organismus werden durch hohe Gehalte an Cobalt, Zink, Kupfer und Mangan verursacht. Unter oxidierenden Bedingungen weitgehend immobil. Mobilisierung bei Reduktion von Fe^{3+} zu Fe^{2+} . Bei saurem pH-Wert mobiler als unter neutralen und basischen Bedingungen. Eisenhydroxide sorbieren Anionkomplexe (As, Sb, P, Se u.a.). Mitfällung weiterer Metalle mit Fe-Oxiden und Fe-Hydroxiden.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs

Element: Eisen (Fe)
 Kornfraktion: < 0,18 mm
 Analysenanzahl: 34.304

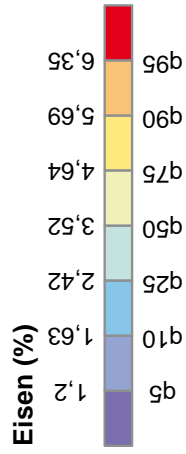
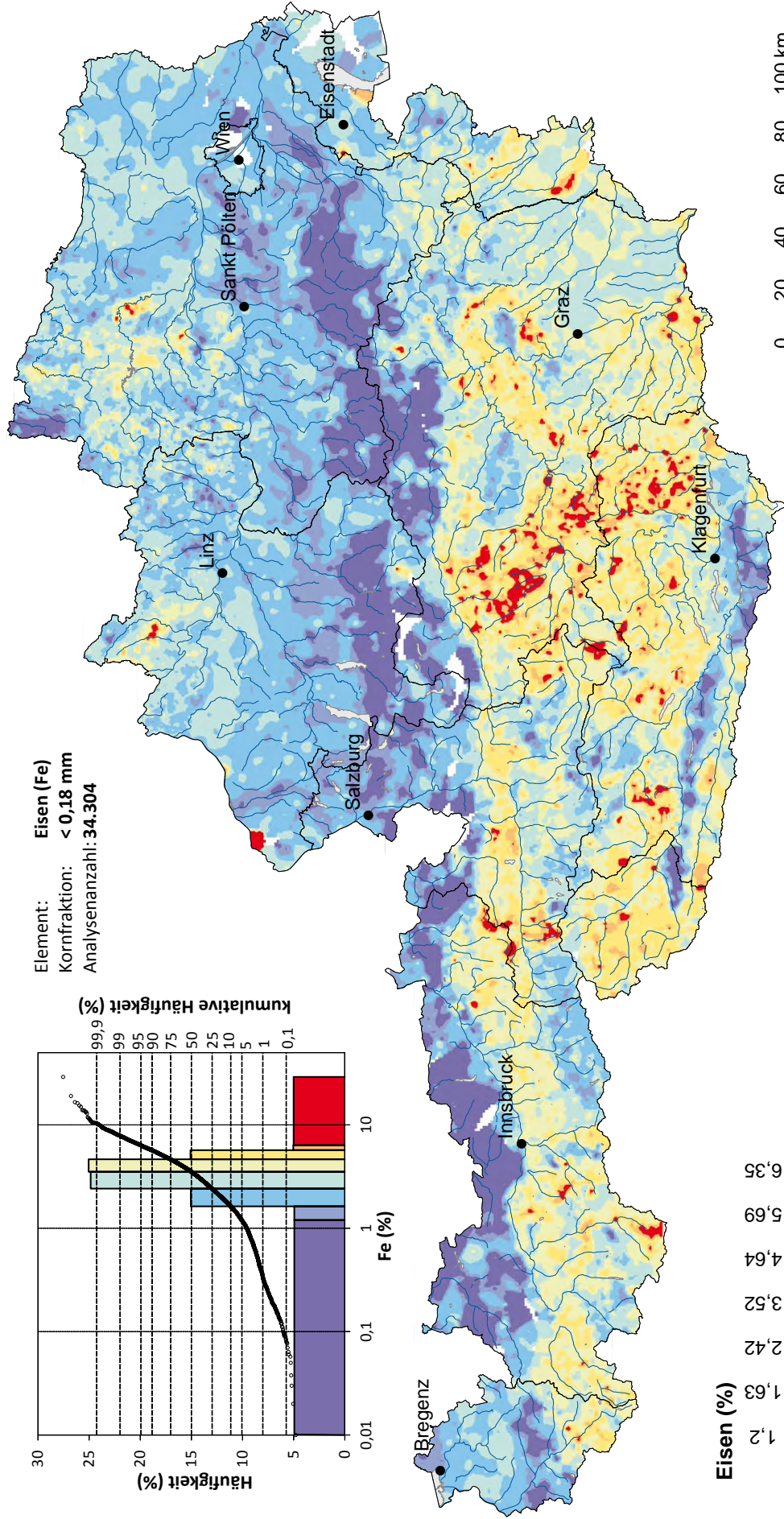
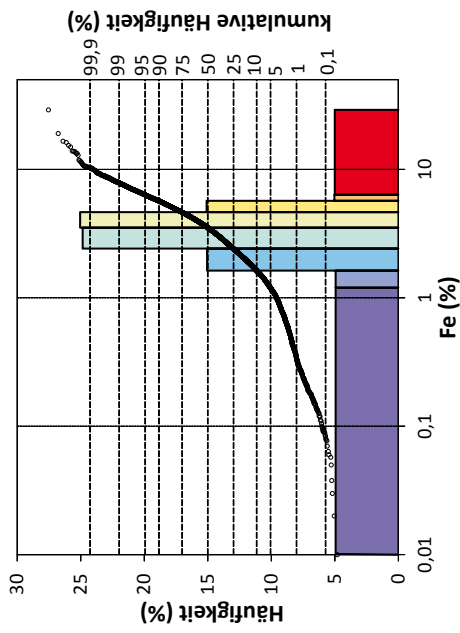


Abb. 64. Eisenverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

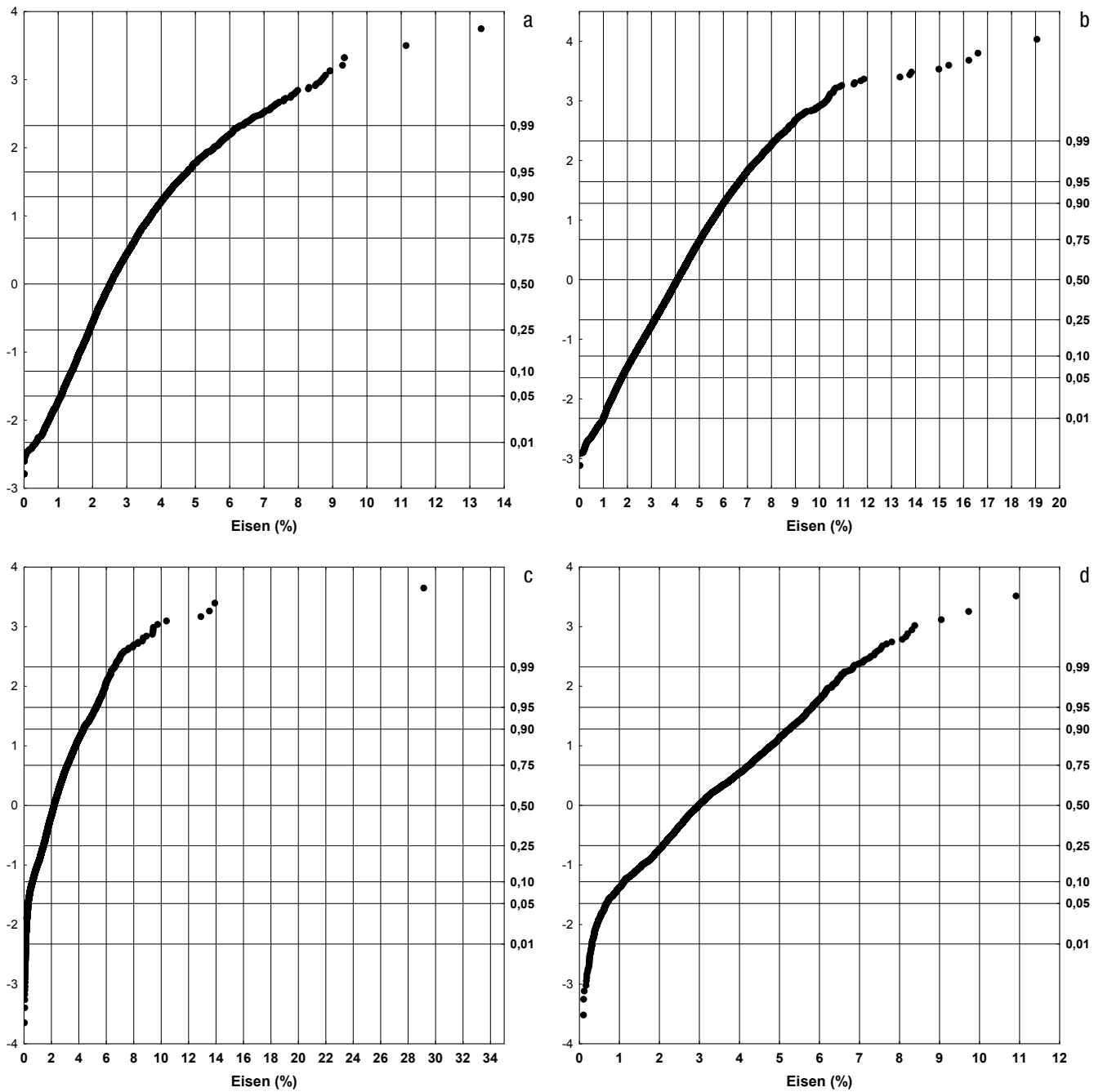


Abb. 65. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Eisen in %; Böhmische Masse (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

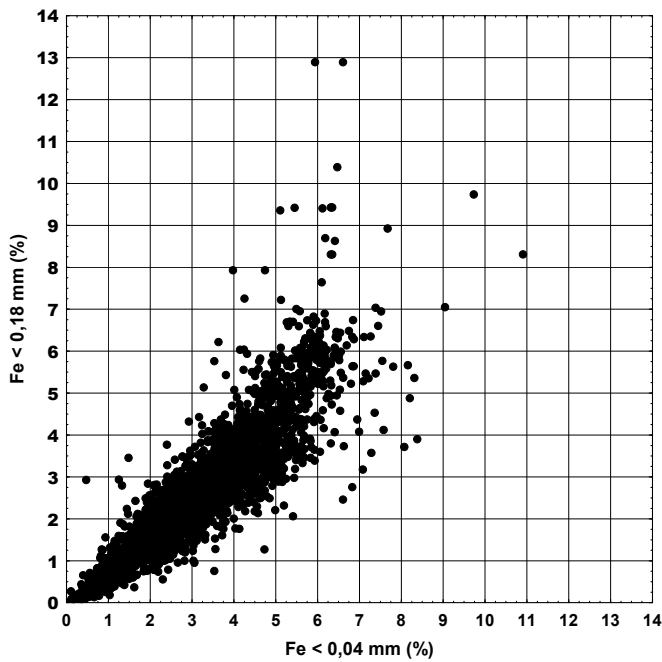


Abb. 66.
Vergleich der Kornfraktionen < 0,18 mm und < 0,04 mm für Eisen (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Obwohl die menschliche Nutzung von Eisen in unserer Zivilisation so weit verbreitet ist, dürfte die räumliche Fe-Verteilung in den Bach- und Flusssedimenten praktisch nur die geologisch-geochemische Situation wiedergeben. Dies liegt an der weiten Verbreitung von Eisen in Fe-führenden Silikaten, Sulfiden (Pyrit, Markasit) und in der Form von Oxiden. Die Verwitterung dieser Minerale führt dann in weiterer Folge zu den entsprechenden Fe-Gehalten in den

Böden (Eisenhydroxide). Der Fe-Gehalt in den Bachsedimenten resultiert dann aus den Fe-führenden Mineralen und den über die Erosion eingebrachten Verwitterungsprodukten. In der Flächenverteilung werden durch hohe Fe-Konzentrationen in den Sedimenten die Vorkommen von basischen Gesteinen und Fe-reichen Paragneisen und Glimmerschiefern besonders hervorgehoben. Die großen Vorkommen von Fe-Karbonaten (z.B. Steirischer Erzberg oder Hüttenberg) gehen in den großflächigen Verteilungsmustern unter.

Ga – Gallium (Abb. 67–69)

Geogene Herkunft

Lithophiles Spurenelement, getarnt durch Aluminium (Al/Ga 500–10.000); Anreicherung in Alkalimagmen, Differentiaten und fluiden Phasen; chalkophile Eigenschaften in mittel- bis niedrigthermalen Lösungen; vor allem gebunden an Aluminiumsilikate (z.B. Feldspäte, Amphibole, Glimmer); wirtschaftliche Gewinnung derzeit nur aus Fe-Hydroxiden und als Nebengemengteil in Bauxit und Sphalerit. Assoziiert mit Aluminium, Zink und vielen Schwermineralen.

Häufigkeit (Ga in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	19 ⁶
ultrabasische Gesteine	1,5 ³
basische Gesteine	12 ²
intermediäre Gesteine	20 ²
granitische Gesteine	18 ²
Tonschiefer	19 ⁵
Sandstein	12 ³
Karbonatgesteine	4 ³
Unterböden	14 ⁴

Wichtige Galliumminerale

Gallit, Germanit (0,7–2 % Ga), Sphalerit (0,02–0,3 %), Bauxite (25–1.000 ppm).

Gallium wird auch aus Aschen, Flugstaub, Schlämmen und Laugen gewonnen.

Gallium als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Amphibole	10
Biotit	10
Chamosit	100
Epidot	10
Feldspäte	10
Granat	X00
Ilmenit	10
Kassiterit	40
Klinochlor	100
Magnetit	10
Mikroclin	Ø 30
Muskovit	10
Plagioklase	10
Quarz	X0
Tennantit	100
Vesuvian	10
Wurzit	10
Kohleaschen	10–50

Technogene Herkunft

Überwiegende Verwendung in der Elektronikindustrie (integrierte Schaltungen, Ga-Halbleiter, Transistoren, Laserdioden, LED, Solarzellen), in Legierungen, als Hochtemperatur-Thermometer und im nuklearmedizinischen Bereich. Geringe Produktion vor allem als Nebenprodukt bei der Al-, Zn-Elektrolyse. Technogene Beeinflussung der Umwelt mit Gallium im Bereich der Aluminium-, Kupfer- und Zinkverhüttung am ehesten zu erwarten. Gallium tritt aber auch bei Kohlekraftwerken, Müllverbrennungsanlagen und einigen chemischen Industrieprozessen auf.

Verhalten in der Umwelt

Wie Aluminium kein bioessenzielles Spurenelement; intra-venös mäßig giftig für Säugetiere; Gallium ist wie Aluminium relativ immobil unter normalen Umweltbedingungen, da die dominante Hydroxidphase Ga(OH)₃ eine geringe Löslichkeit aufweist. Eine hohe Mobilität tritt im sauren Milieu auf. Acid-Mine Drainages von Sulfidlagerstätten weisen daher mitunter sehr hohe Ga-Konzentrationen auf.

² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs

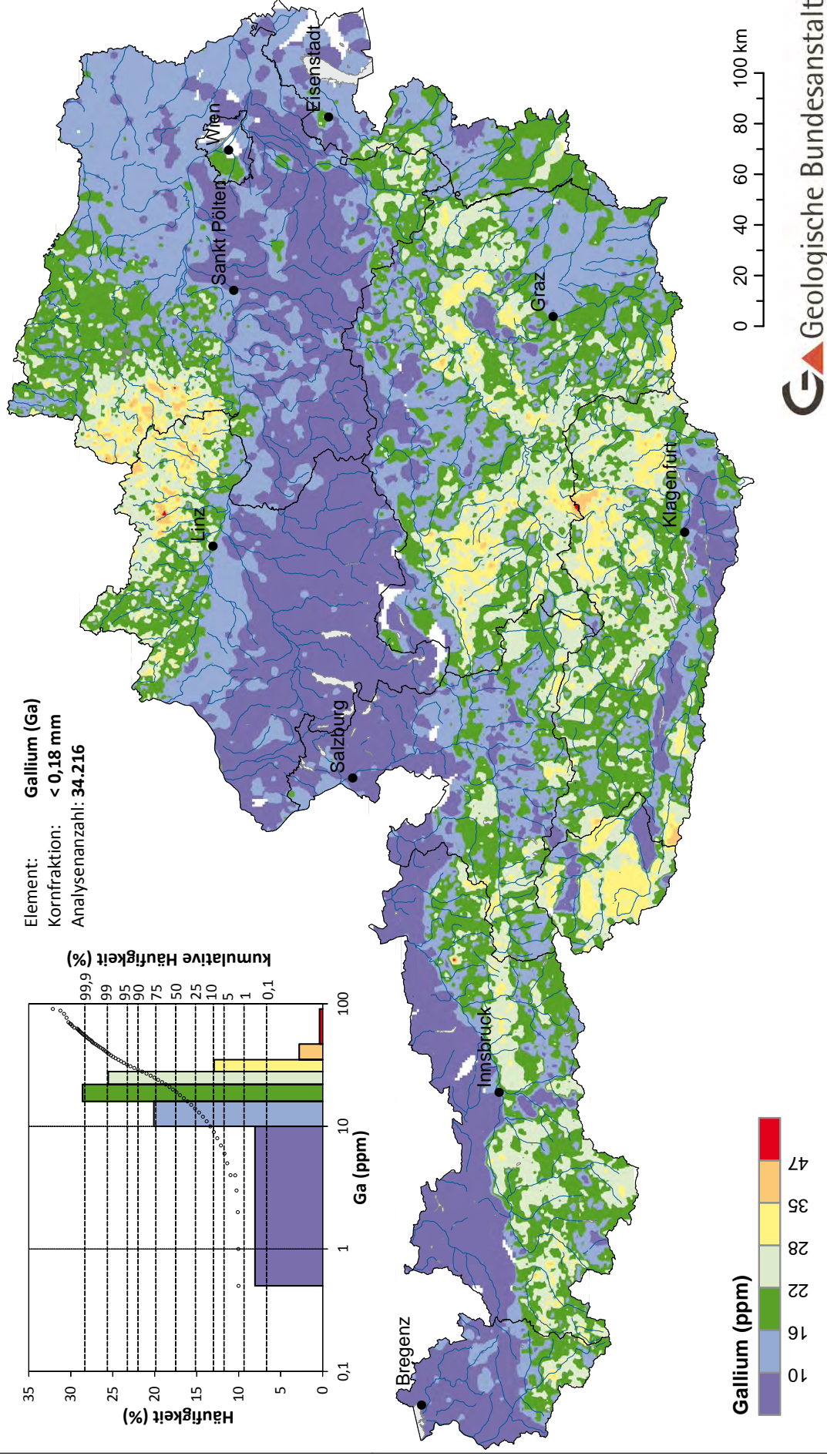
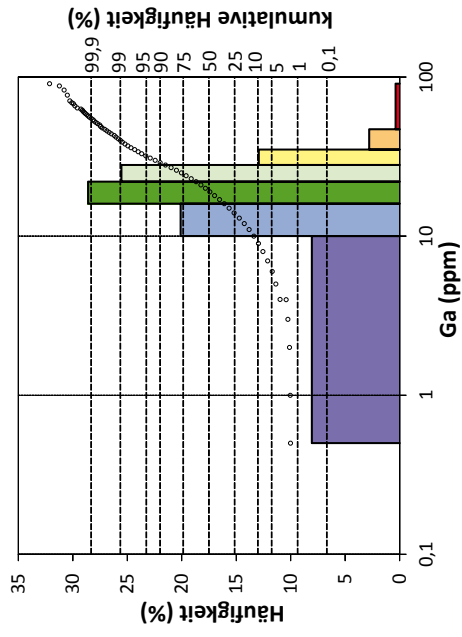


Abb. 67.
Galliumverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

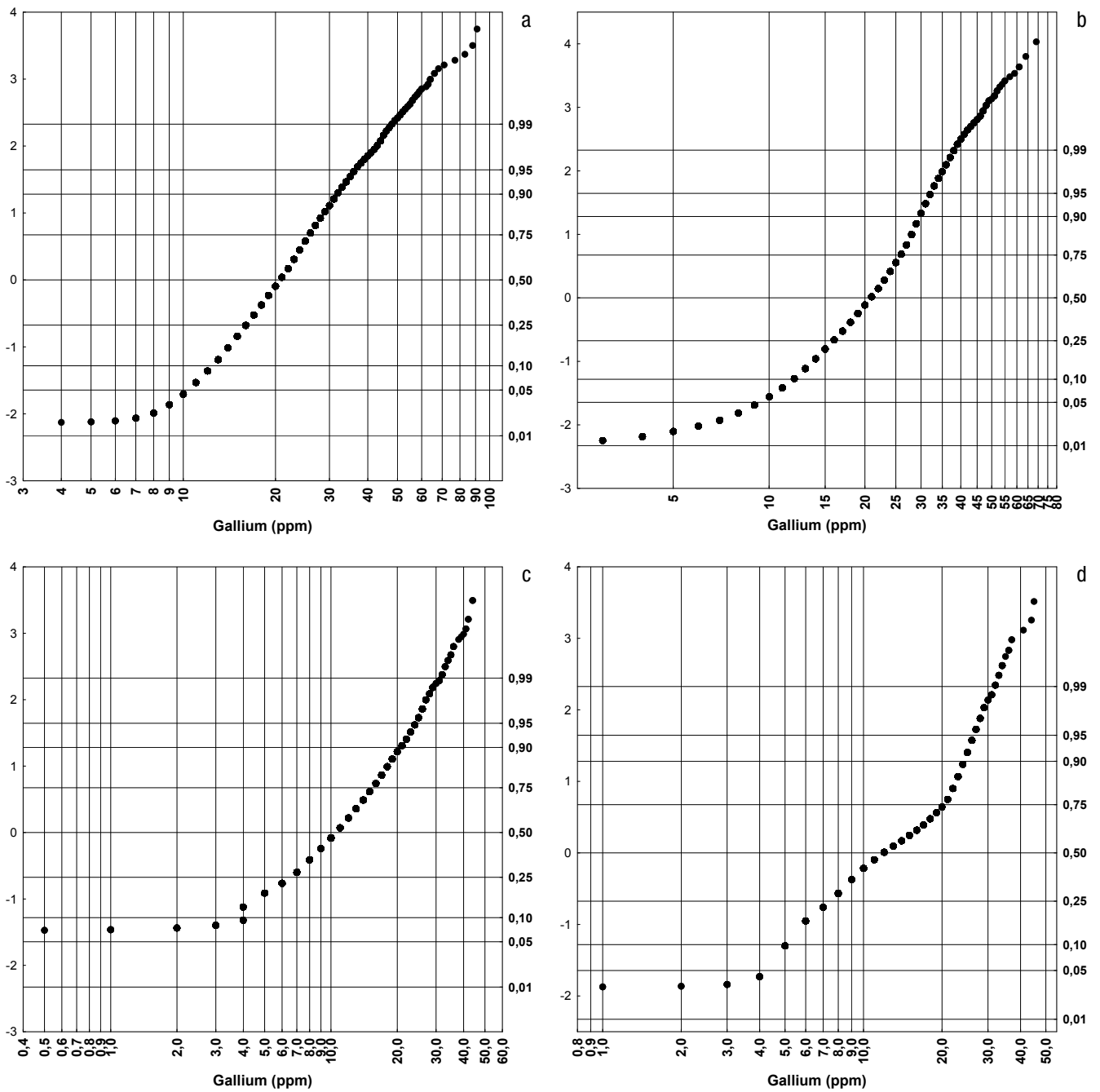


Abb. 68. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Gallium in ppm; Böhmisches Mass (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

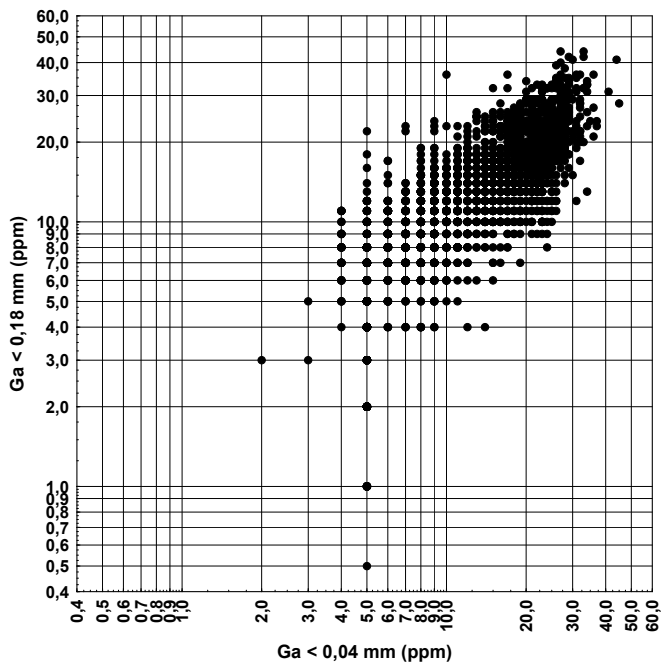


Abb. 69.
Vergleich der Kornfraktionen $< 0,18 \text{ mm}$ und $< 0,04 \text{ mm}$ für Gallium (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Gallium ist in den Bach- und Flusssedimenten nur in einem engen Konzentrationsbereich anzutreffen. Die Bestimmungsgrenzen liegen (außer im Projekt Niederösterreich) bei 2 und 4 ppm; der höchste gemessene Wert in der Zentralzone ist 69 ppm, der höchste gemessene Wert im gesamten Datensatz (in der Böhmischen Masse) 91 ppm. Trotzdem ergibt die flächige Verteilung von Gallium in den Bach- und Flusssedimenten bei entsprechender Klassenwahl ein deutliches und interpretierbares Muster. Kleinregionale Gebiete höherer Konzentrationen (etwa $> 30 \text{ ppm}$) korrelieren mit aluminiumreichen Mineralverteilungen (Feldspäte, Glimmer).

Die höchsten Konzentrationen von Gallium in der Zentralzone sind im Bereich der zahlreichen polysulfidischen Vererzungen südlich Brixlegg und Wörgl zu finden. Möglicherweise könnte hier ein Zusammenhang von Gallium mit Sphalerit zu suchen sein. Ein ähnlicher Zusammenhang wäre im Gitschtal (westlich Hermagor) zu erforschen, in dem an mehreren Probepunkten Ga-Konzentrationen $> 35 \text{ ppm}$ gefunden wurden. Im Umfeld der ausgedehnten Pb-Zn-Vererzungen im Raum Bleiberg oder in den westlichen Tiroler Kalkalpen sind keine höheren Ga-Konzentrationen zu finden.

Hg – Quecksilber (Abb. 70–72)

Geogene Herkunft

Spuren- bis Nebenelement mit chalkophilen Eigenschaften; Hauptmineral ist Cinnaberit HgS; kommt teilweise auch in Form von gediegenem Quecksilber vor; Neben- und Spurenelement in Sulfiden (insbesondere Fahlerz, Sphalerit).

Häufigkeit (Hg in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	0,05 ⁶
ultrabasische Gesteine	0,01 ²
basische Gesteine	0,08 ²
intermediäre Gesteine	0,08 ²
granitische Gesteine	0,08 ²
Tonschiefer	0,20 ⁵
Sandsteine	0,03 ³
Karbonatgesteine	0,04 ³
Unterböden	0,02 ⁴

Wichtige Quecksilberminerale

Cinnaberit (86,2 % Hg), gediegen Quecksilber, Kalomel (73,9 %), Hg-Fahlerz (bis 17 %), Livingstonit (22 %), Coloradoit (61 %).

Quecksilber als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm) ^{8,9}

Baryt	10
Gold	1.000
Silber	100
Smaltin	10
Sphalerit	bis 10.000

Technogene Herkunft

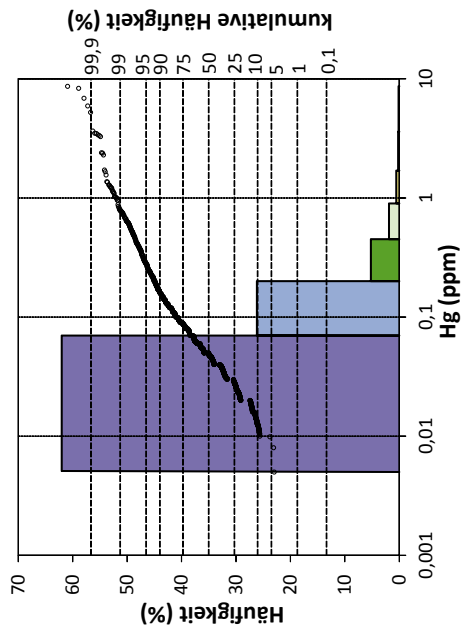
Verwendung in Batterien, in Legierungen (Amalgam), bei der Chlor-Alkali-Elektrolyse, Goldgewinnung, Katalysatoren, Quecksilberdampfgleichrichter, Quecksilber-Kathoden, Hg-Lampen, Desinfektionsmittel, Holzschutzmittel, Zahnheilkunde, Pharmazie, ehemals als Pflanzenschutzmittel. Eintrag in die Umwelt durch Abwässer (medizinischer Bereich), Klärschlamm, Verbrennungsprozessen in kalorischen Kraftwerken, Bergbau und Verhüttung.

Verhalten in der Umwelt

Biologisch verfügbares, hoch toxisches Element; kein essenzielles Spurenelement. Hoch toxisch sind vor allem organische Hg-Verbindungen; unter oxidierenden Bedingungen mobiler als unter reduzierenden (Sulfidfällung). Bei sauren pH-Werten hohe Mobilität, neutral bis basisch gering mobil. Reines Quecksilber ist flüchtig. Durch Mikroorganismen Umwandlung zu organischen Hg-Verbindungen. Adsorption vor allem an organischer Substanz und Tonmineralen, unterschiedlich für verschiedene Hg-Verbindungen. Anreicherungsprozesse sind über den Nahrungsmittel-Transferpfad zu beobachten.

² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs



Element: Quecksilber (Hg)
 Kornfraktion: < 0,18 mm
 Analysenanzahl: 4.677

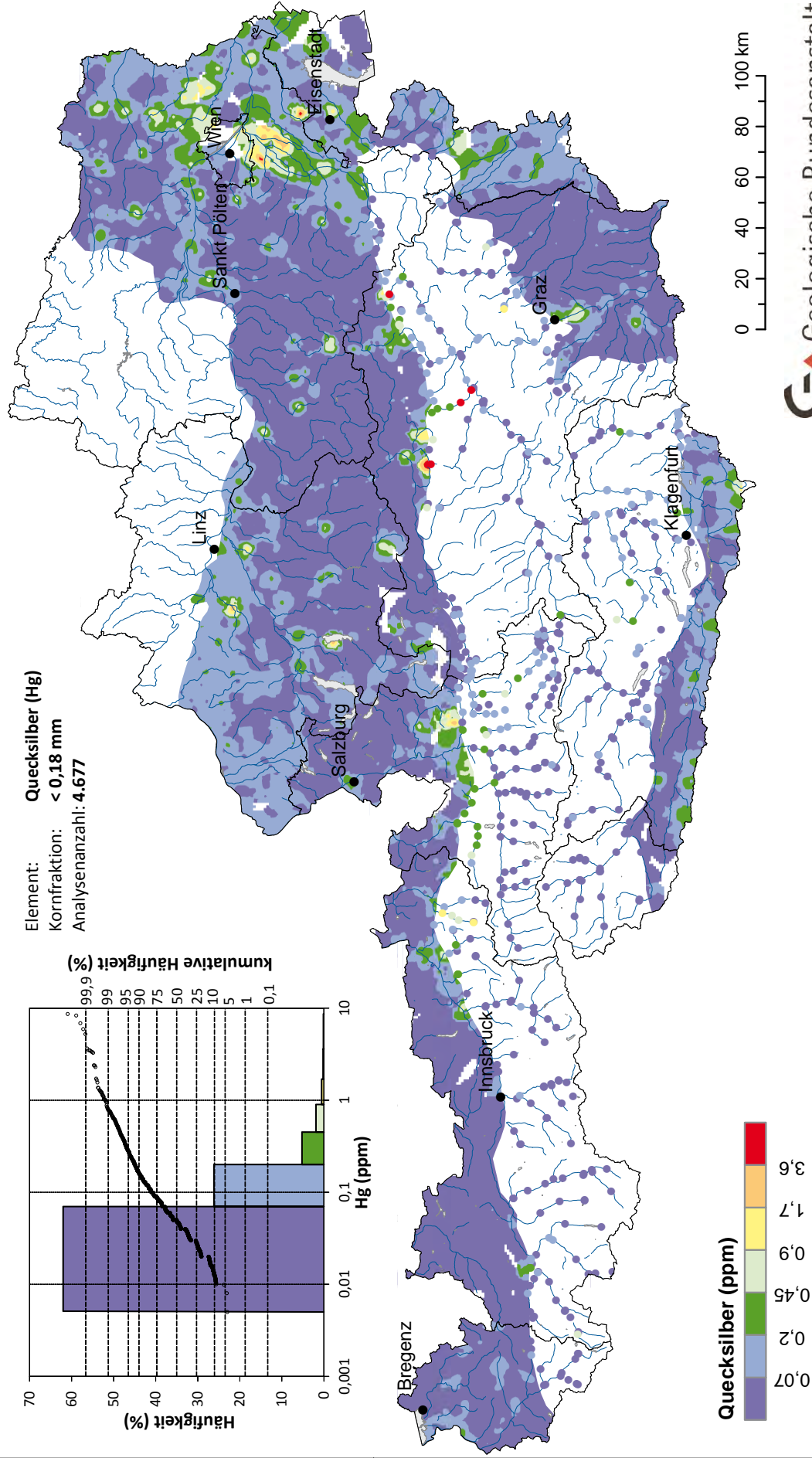


Abb. 70.
 Quecksilberverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

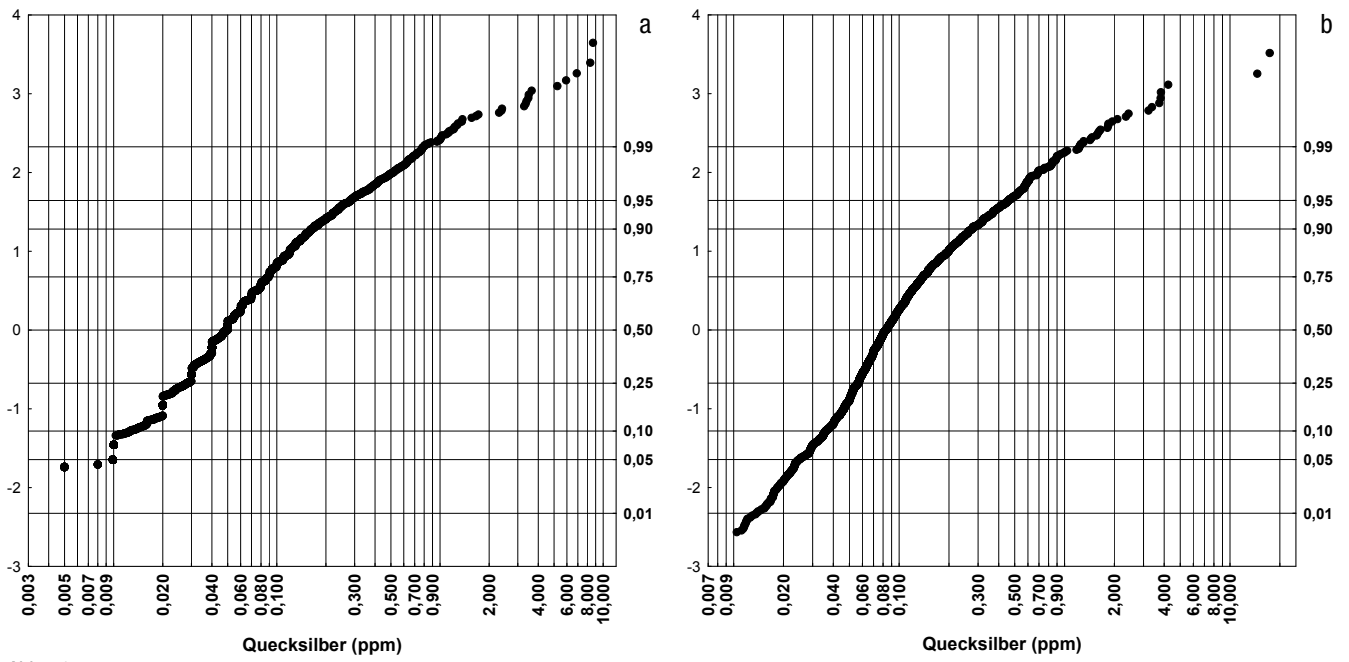


Abb. 71.
 Kumulative Häufigkeitsverteilung für Quecksilber in ppm; Bundesländerprojekte < 0,18 mm (a) bzw. < 0,04 mm (b).

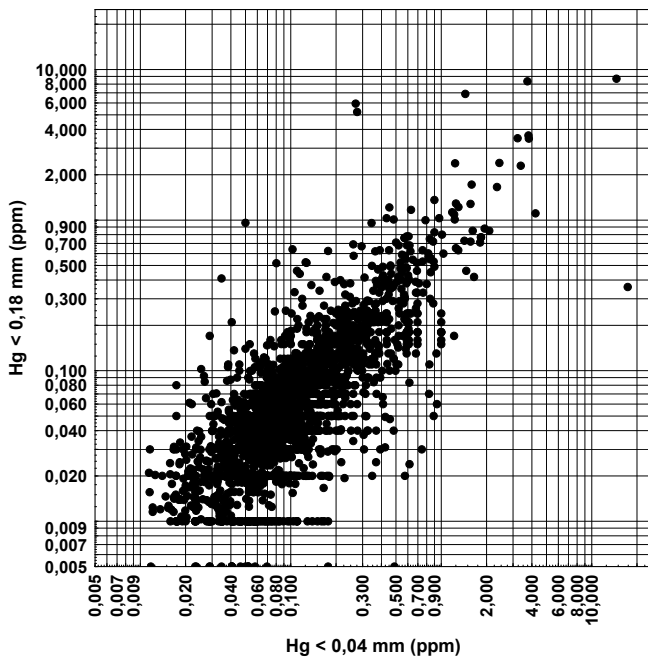


Abb. 72.
Vergleich der Kornfraktionen < 0,18 mm und < 0,04 mm für Quecksilber (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Daten über das Element Quecksilber in Bach- und Fluss-sedimenten gibt es erst seit den Bundesländerprojekten. Mehr als in 99 % dieser Analyseergebnisse sind die Hg-Konzentrationen < 1 ppm. Eine erste Übersicht zur flächigen Verteilung von Quecksilber in Bach- und Fluss-sedimenten zeigt sowohl geogene Zusammenhänge zu höheren Konzentrationen, als auch Hinweise auf anthropogen-technogene Belastungen.

Geogene Quellen sind einerseits Hg-führende Fahlerze in polysulfidischen Vererzungen (z.B. Kitzbüheler Alpen, Basis Tennengebirge sowie Östliche Grauwackenzone im Bereich Radmer und westlich Mürzzuschlag), andererseits

das Vorkommen von Cinnaberit im Zusammenhang mit Sideritvererzungen (z.B. Steirischer Erzberg). Deutlich wird auch das Areal des ehemaligen Quecksilberbergbaus Vel-lacher Kotschna in Südkärnten herausgearbeitet.

Im Vordernbergerbach wirkt sich die Hg-Führung in den Sideriterzen bis zur Mündung in die Mur aus, wobei auch die Emissionen bei der Verhüttung dieser Erze in Donawitz einen Beitrag liefern.

Höhere und hohe Hg-Konzentrationen im Marchfeld und im südlichen Wiener Becken sind auf anthropogen-technogene Quellen zurückzuführen. Eine entsprechende Detailbearbeitung fehlt aber noch.

K – Kalium (Abb. 73–75)

Geogene Herkunft

Gesteinsbildendes Hauptelement der Erdkruste, das sich mit steigender Alkalisierung der Silikatmagmen in der oberen Erdkruste anreichert; assoziiert mit Spurenelementen wie Rubidium, Caesium, Barium, Thallium, Strontium und Blei. Kalium tritt vor allem in Kalifeldspäten und Feldspatvertretern (Leuzit) sowie in Glimmern (Muskovit, Biotit) und Tonmineralen (Illit) auf, daneben auch in Evaporitmineralen wie Polyhalit, Carnallit und Sylvin.

Häufigkeit (K in M-%)

obere kontinentale Erdkruste	2,3 ⁶
ultrabasische Gesteine	0,03 ³
basische Gesteine	0,8 ²
intermediäre Gesteine	2,3 ¹
granitische Gesteine	3,3 ²
Tonschiefer	2,7 ⁵
Sandsteine	1,1 ³
Karbonatgesteine	0,3 ³
illitische Unterböden	1,7 ⁴

Wichtige Kaliumminerale

Carnallit (14,07 % K), Glaserit (31,88 %), Kainit (15,70 %), Kaliumsulfat (44,88 %), Krugit (8,94 %), Langbeinit (18,84 %), Leonit (21,33 %), Polyhalit (12,97 %), Schönit (19,42 %), Sylvin (52,44 %), Syngenit (23,81 %), Carnotit (10,44 %), Kalifeldspäte (13–16 % K₂O), Muskovit (7,3–13,9 % K₂O), Illit (3–11 % K₂O), Biotit (6–11 % K₂O).

Kalium als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8, 9}

Aegirin	1.000
Albit	1.000
Amphibole	1.000
Analcim	bis 60.000
Anglesit	100
Anhydrit	1.000
Beryll	100
Datolith	1.000
Elbait	1.000
Fassait	1.000
Jadeit	1.000
Nosean	1.000
Omphacit	bis 24.000
Orthit	100
Perowskit	100
Plagioklase	1.000
Prehnit	1.000
Serpentin	100
Sodalith	1.000
Spodumen	1.000
Topas	1.000
Tremolit	1.000
Turmalin	100
Vermiculit	5.000
Vesuvian	1.000

Technogene Herkunft

Verwendung in verschiedenen Chemikalien, Düngemitteln, Legierungen, Alkaliphotozellen, Kühlmitteln, Wärmeaustauscher, Schießpulver. Der technogene Eintrag in die Umwelt fällt wegen der unproblematischen Eigenschaften von Kalium kaum ins Gewicht.

Verhalten in der Umwelt

Essenzielles Bioelement für alle Organismen. Mit Ausnahme der rar auftretenden Hyperkaliämie (Elektrolytstörung infolge K-Überschusses) sind keine toxischen Wirkungen bekannt. Mobilität von Kalium ist auf Grund der starken Sorption an Tonmineralen unter allen Redox- und pH-Bedingungen als gering einzustufen.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs

Element: Kalium (K)
 Kornfraktion: < 0,18 mm
 Analysenanzahl: 33.922

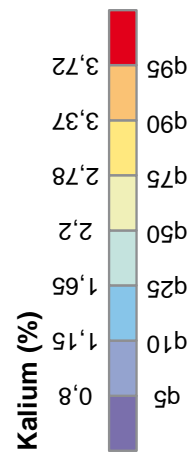
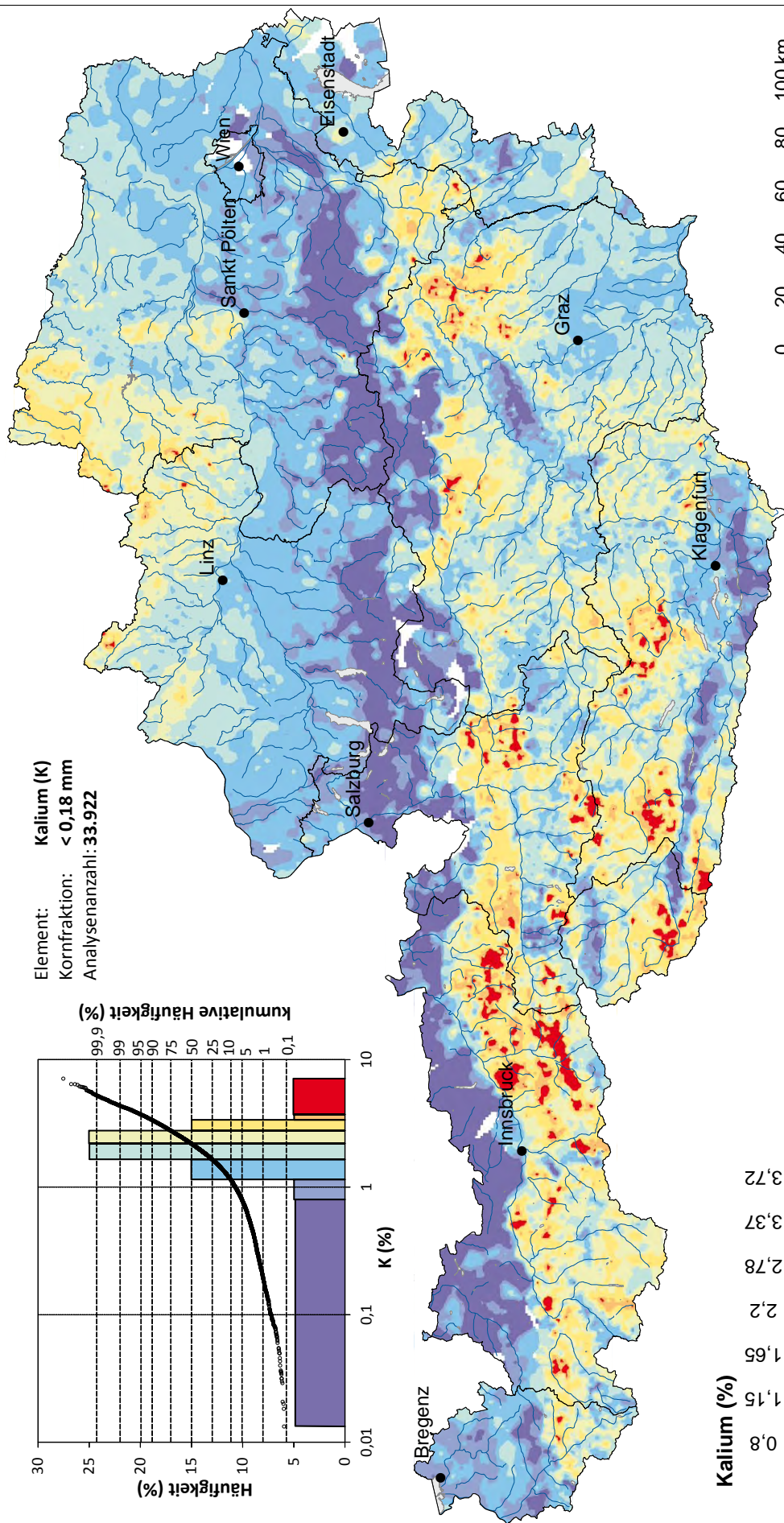
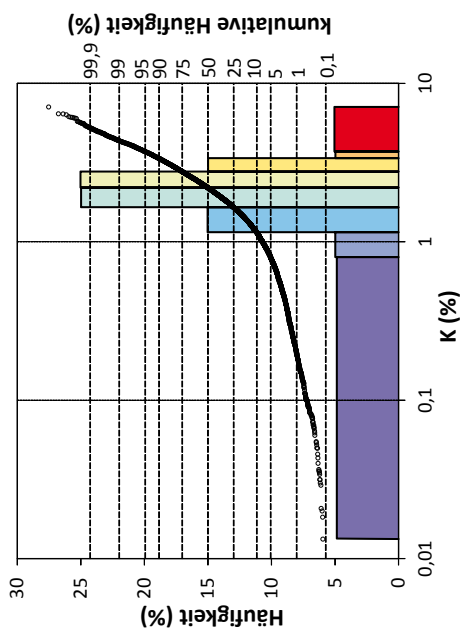


Abb. 73.
 Kaliumverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

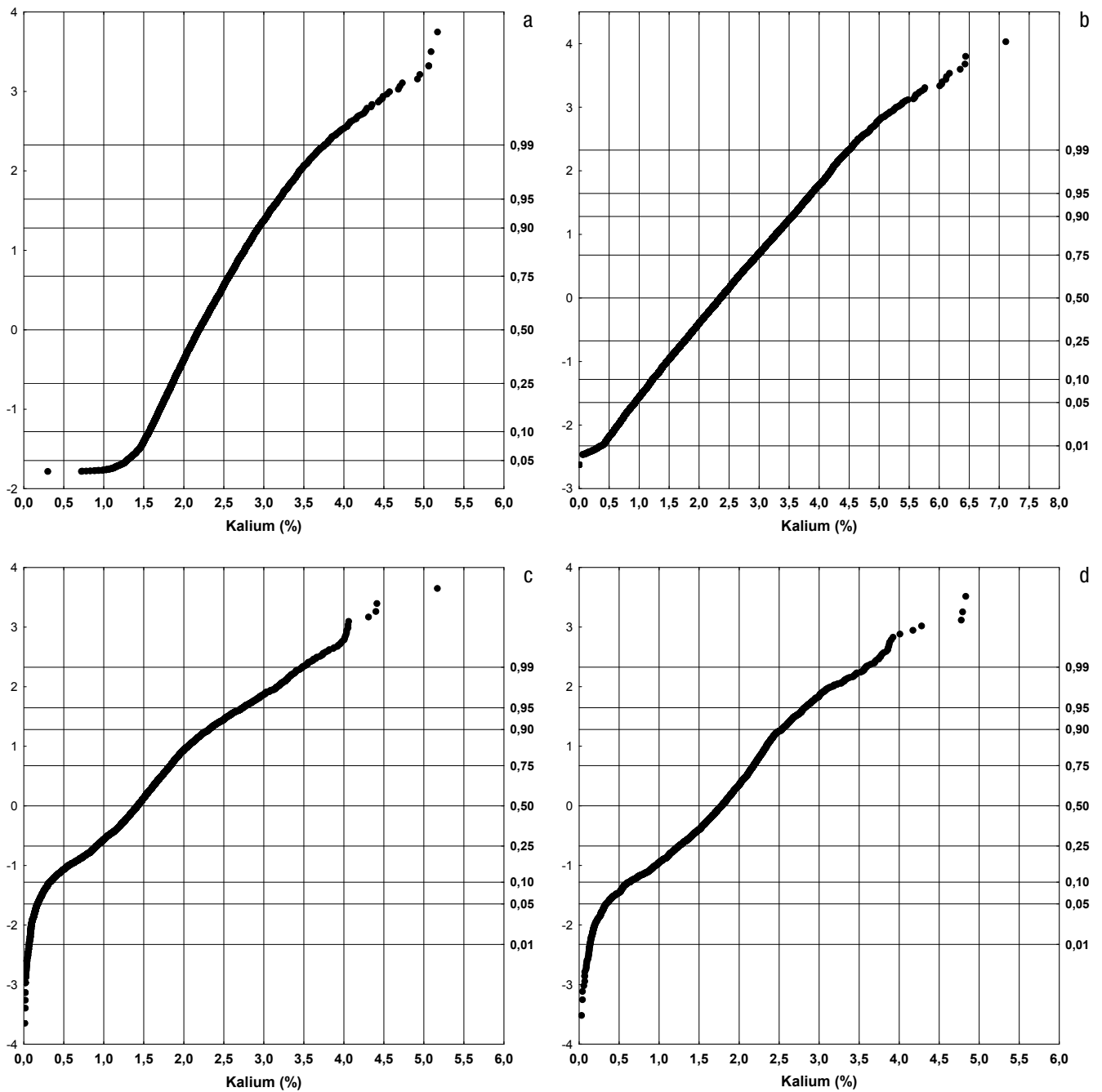


Abb. 74. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Kalium in %; Böhmische Masse (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

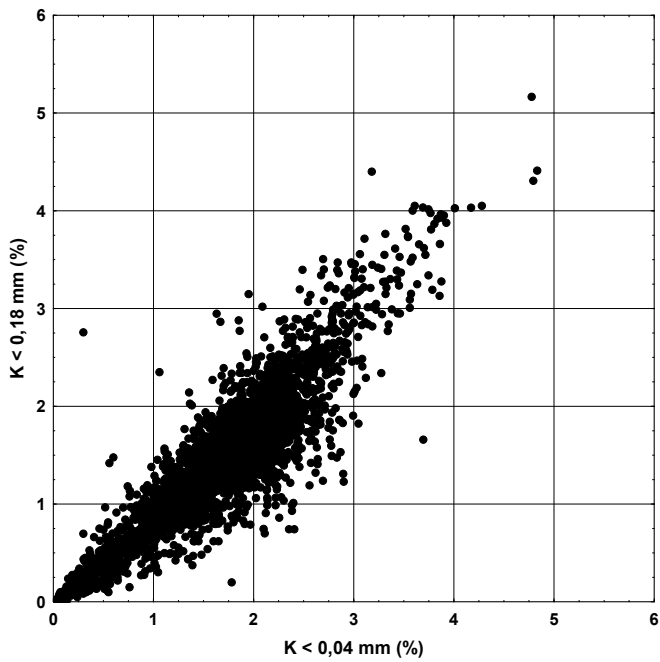


Abb. 75.
Vergleich der Kornfraktionen $< 0,18 \text{ mm}$ und $< 0,04 \text{ mm}$ für Kalium (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Die räumliche Kaliumverteilung in den Bach- und Fluss-sedimenten korreliert direkt mit der lithologisch bedingten Verteilung von Kalium führenden Feldspäten, Glimmern und Tonmineralen.

Obwohl Kalium auch verbreitet als Düngemittel in der Landwirtschaft eingesetzt wird, dürften die räumlichen Muster von den geogenen Grundgehalten dominiert werden.

Die Minima der K-Konzentrationen liegen somit in den Karbonatgebieten der Nördlichen Kalkalpen, im Drauzug und den Karawanken sowie in allen Gebieten mit Marmoren, Kalkglimmerschiefern oder Kalkphylliten.

La – Lanthan (Abb. 76–79)

Geogene Herkunft

Erstes Element der Gruppe der Seltenen Erden; Anreicherung mit zunehmender Alkalisierung der Magmen; Ce/La-Verhältnis vorwiegend 2 bis 3. Tritt vor allem in Ce-haltigen Schwermineralen auf (Monazit, Bastnäsit, Allanit, Cerit, Davidit). Auch in Ca-haltigen Mineralen wie Apatit, Titanit und Epidot. Als Spurenelement auch in Biotit, Pyroxenen, Feldspäten und Zirkon. Sehr stark mit Cer assoziiert (hohe Korrelation).

Häufigkeit (La in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	31 ⁶
ultrabasische Gesteine	0,X ³
basische Gesteine	10 ²
intermediäre Gesteine	45 ²
granitische Gesteine	40 ²
Tonschiefer	48 ⁸
Sandsteine	7,5 ⁸
Karbonatgesteine	4 ⁸
Unterböden	26 ⁴

Wichtige Lanthanminerale

Monazit (bis 56 % Se_2O_3), Allanit (bis 12,7 % Se_2O_3), Parisit, Cerit, Bastnäsit (\varnothing 10 % Se_2O_3)¹, Iraqit (bis 6,78 % La_2O_3), Rhabdophan (> 60 % Se_2O_3).

Weitere Lanthanminerale

Braitschit	
Davidit	
Karnasurtit	
Lanthanit	
Okanoganit	
Röntgenit	
Stillwellit	
Törnebohmit	
Tundrit	
Vitusit	
Pyrochlor	2–13,3 % $(\text{Ce}, \text{La})_2\text{O}_3$
Samarskit	0,37–1,07 % La_2O_3

Lanthan als Spurenelement in ppm⁸

Apatit	100
Eudialyt	1.000

Technogene Herkunft

Vielfache technische Verwendung, meist mit Cer und anderen Seltenen Erden in Zündsteinen, optischen Gläsern, Schleifmitteln, Batterien, Katalysatoren, keramischen Sondermassen, Kathoden und Supraleitern; in verschiedenen Legierungen (mit Cobalt, Nickel, Titan) wird Lanthan für Magnetwerkstoffe, Akkumulatoren und medizinische Werkzeuge verwendet. Technogen verursachter Eintrag in die Umwelt ist unbedeutend. Technogener Eintrag im Bereich des SEE-Bergbaus, der Ölindustrie und bei Elektronikabfällen.

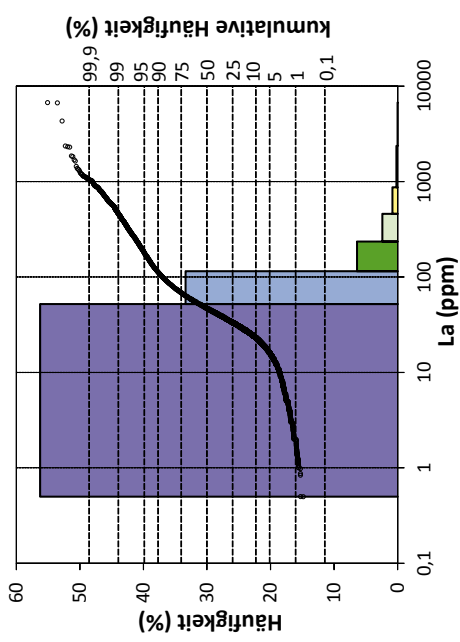
Verhalten in der Umwelt

Lanthan wird als biologisch inaktives und für Organismen nicht essenzielles Spurenelement angesehen. Bezüglich toxischer Wirkungen sind kaum Daten verfügbar; aus der Lanthan verarbeitenden Industrie gibt es jedoch Hinweise auf eine gewisse Toxizität gasförmiger Lanthanphasen und Gesundheitsgefährdung durch Inhalation von SEE-Stäuben bzw. durch Akkumulation von SEE in Knochen, Zähnen, Leber und Lunge.

Mobilität unter allen Redox- und pH-Bedingungen gering. In Bachsedimenten Anreicherung in der Schwermineralfraktion.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs



Element: Lanthan (La)
 Kornfraktion: < 0,18 mm
 Analysenanzahl: 34.306

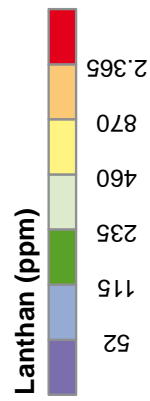
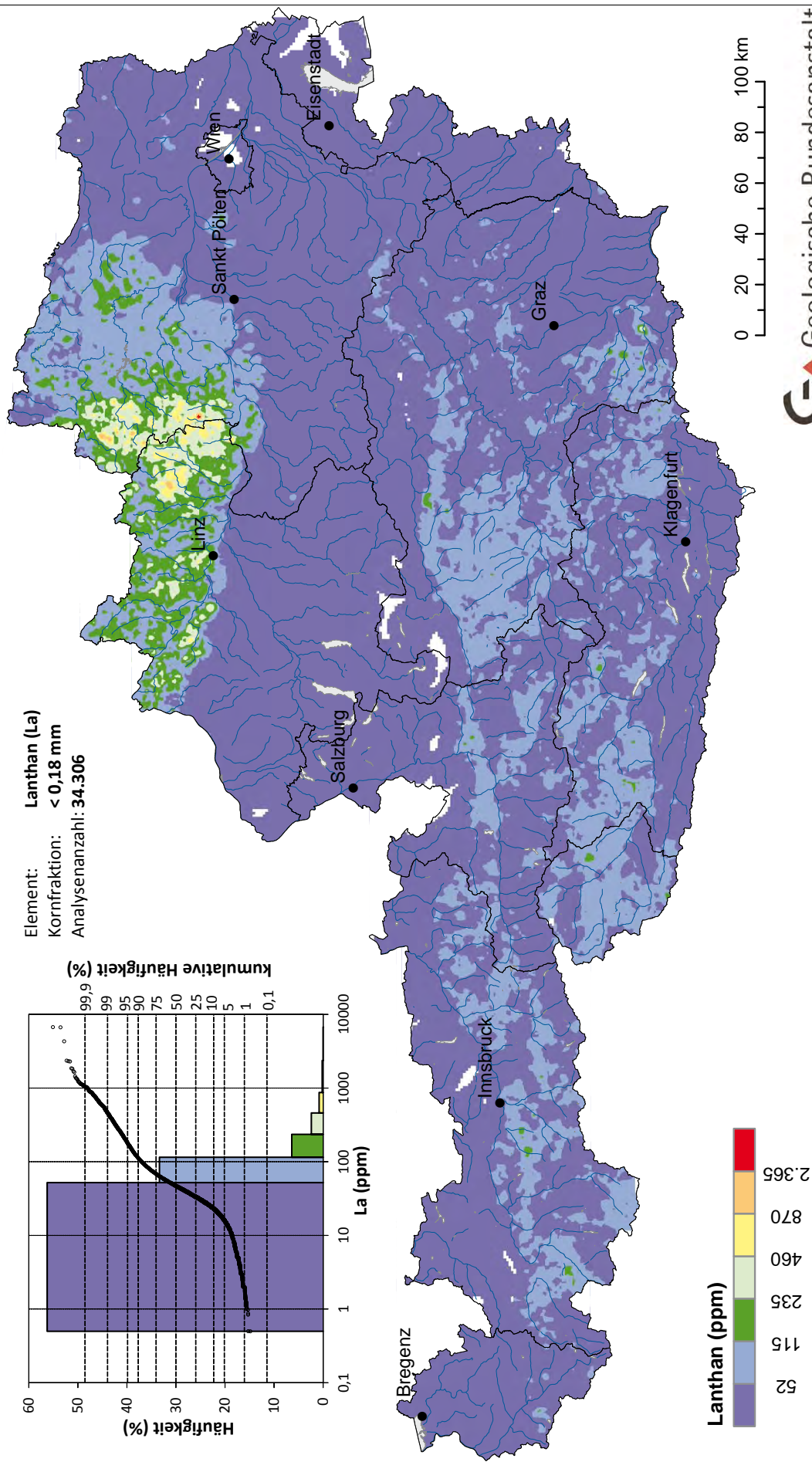


Abb. 76.
 Lanthanverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

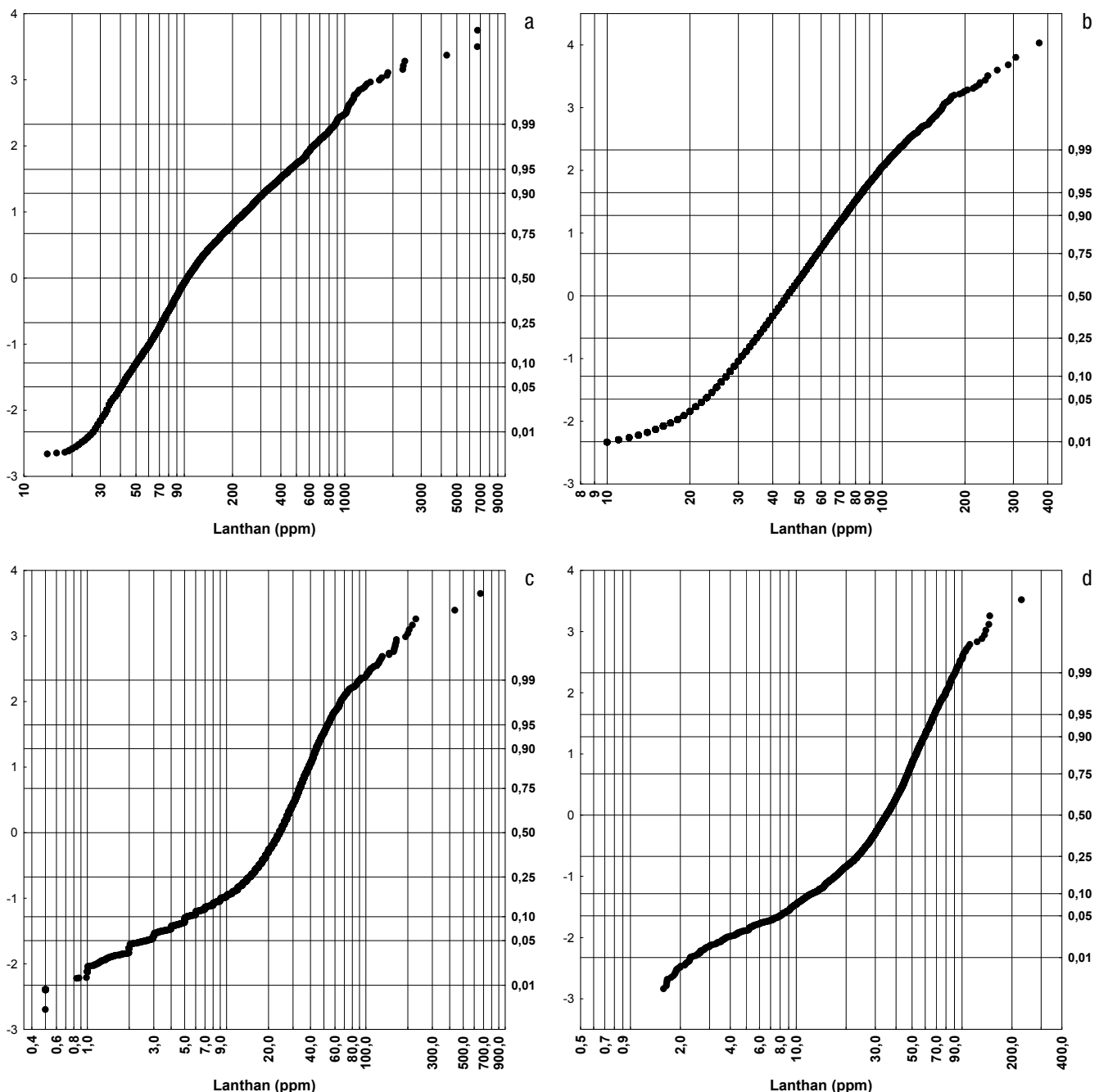


Abb. 77. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Lanthan in ppm; Böhmishe Masse (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Das Element Lanthan ist wie Cer in den Bach- und Fluss-sedimenten an das Vorkommen von Schwermineralen gebunden (insbesondere Monazit, Orthit). Die jeweilige Elementkonzentration im Sediment ist daher nicht nur von der Lithologie des Einzugsgebietes abhängig, sondern auch von den Transport- und Sedimentationsbedingungen im jeweiligen Bach-/Flussabschnitt. Minerale mit höherem spezifischen Gewicht („Schwerminerale“) werden im Bachverlauf verstärkt direkt unterhalb von Hindernissen abgelagert und damit an bestimmten Stellen angereichert. Auf Grund ihrer durchschnittlichen Korngröße finden sich diese Schwerminerale auch meist in der Feinstfraktion.

In der Gesamtübersicht für die Analyseergebnisse der Kornfraktion < 0,18 mm fallen die verbreitet hohen Konzentrationen (>> 400 ppm) in der Böhmischen Masse auf. Das hat wie bei den anderen analysierten SEE drei Gründe:

- Die Granite und die entsprechenden Migmatite besitzen einen hohen Anteil an La-führenden Schwermineralen.
- Die ungestörte Verwitterung seit dem Neogen hat in der Verwitterungsaufgabe zu einer Anreicherung der meist sehr verwitterungsresistenten Schwerminerale geführt.
- Die spezifische Sedimentzusammensetzung und die Transportvorgänge führen zu einer weiteren Anreicherung der sehr feinkörnigen Schwerminerale.

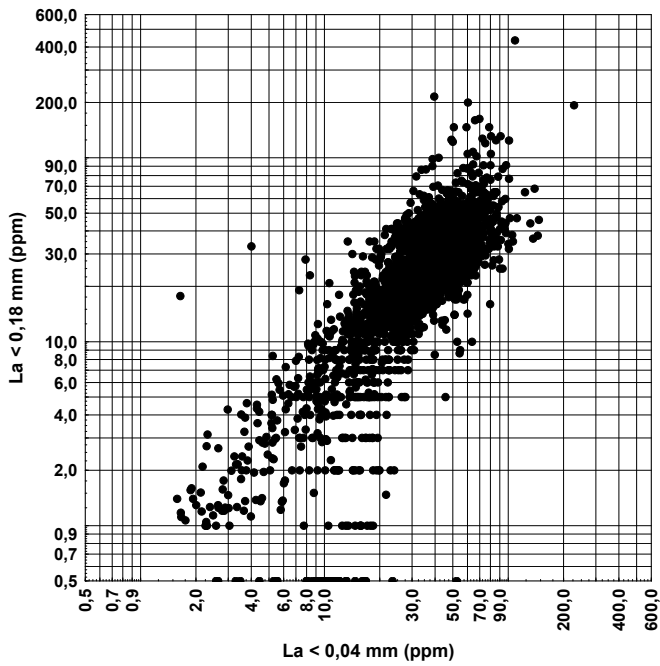


Abb. 78.
Vergleich der Kornfraktionen < 0,18 mm und < 0,04 mm für Lanthan (Bundesländerprojekte).

Durch diese Dominanz der sehr hohen La-Konzentrationen in der Böhmischen Masse werden die Verteilungsmuster im übrigen Bundesgebiet undeutlich, da dort kaum La-Konzentrationen > 500 ppm anzutreffen sind.

Um die Verteilungsmuster auch in Gebieten verbreitet niedrigerer La-Konzentrationen zu verdeutlichen, werden in Abbildung 79 die Analyseergebnisse der Kornfraktion < 0,18 mm aus den Bundesländerprojekten getrennt dargestellt. Damit wird herausgearbeitet, dass die Konzentrationsminima mit den Karbonatgebieten verknüpft sind. Die größeren Flüsse innerhalb der Zentralzone führen natürlich höhere Schwermineralgehalte und werden somit auch durch höhere La-Konzentrationen charakterisiert. Sehr deutlich sind auch die Randeﬀekte z.B. entlang des Südrandes der Böhmischen Masse oder des Ostrandes der Koralpe zu sehen, wo Bäche und Flüsse aus dem Kristallin in die neogenen Becken übertreten. Die durchschnittlichen La-Konzentrationen in den quartären und neogenen Lockersedimenten sind ebenfalls nicht sehr hoch, heben sich aber deutlich von den Minima der Kalkalpen ab.

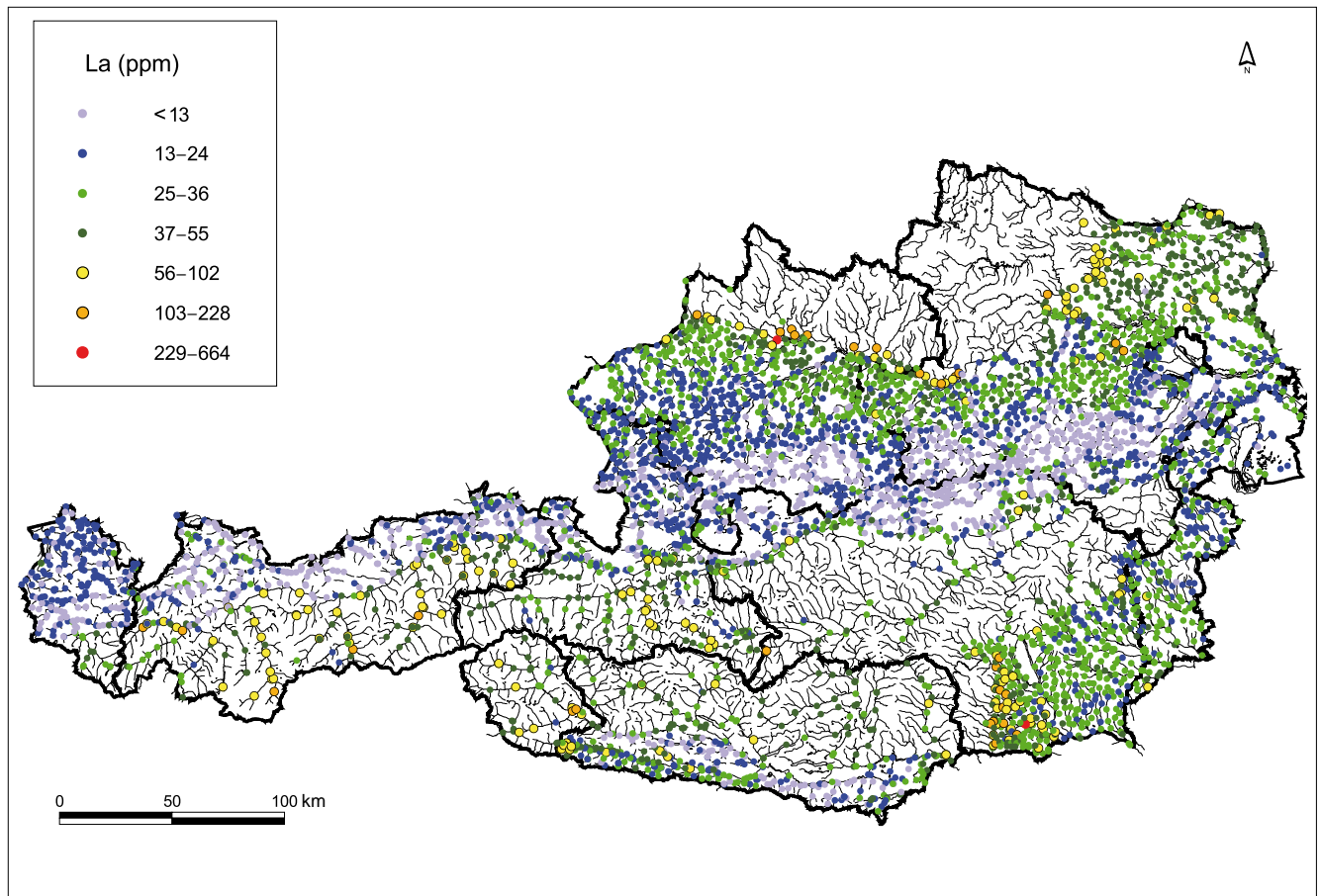


Abb. 79.
Bach- und Flusssedimentgeochemie Kornfraktion < 0,18 mm, Bundesländerprojekte; Lanthanverteilung.

Li – Lithium (Abb. 80–83)

Geogene Herkunft

Lithium ist ein lithophiles Metall, das vor allem in silikatischen Mineralen vorkommt. Wirtschaftliche Hauptminerale sind Spodumen $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$, Lepidolite $\text{K}_2\text{Li}_3\text{Al}_4\text{Si}_7\text{O}_{21}(\text{OH},\text{F})_3$, Petalit, Amplygonite, Jadrait $\text{NaLi}[\text{B}_3\text{SiO}_7(\text{OH})]$ u.a. Als Neben- und Spurenelement kommt es häufig in Kalifeldspat, Glimmern (Biotit), Amphibolen und Tonmineralen vor, wo es Kalium, Natrium und Magnesium substituiert.

Häufigkeit (Li in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	41 ⁶
ultrabasische Gesteine	0,5 ⁷
basische Gesteine	10 ²
intermediäre Gesteine	21 ¹
granitische Gesteine	0 ²
Tonschiefer	66 ⁵
Sandsteine	15 ⁵
Karbonatgesteine	20 ⁵

Wichtige Lithiumminerale

Amblygonit (3,5–10 % Li_2O), Spodumen (Ø 4–7 % Li_2O), Lepidolith (1,3–6,06 % Li_2O), Petalit (1–4,5 % Li_2O), Zinnwaldit (1,58–1,6 % Li), Lithiophililit (4,4 % Li), Triphylin (4,4 % Li), Holmquistit (2,4–3,6 % Li_2O).

Lithium als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Amphibole	bis 800
Axinit	100
Beryll	100
Biotit	bis 700
Carnallit	100
Muskovit	bis 1.000
Nephelin	bis 35
Phlogopit	100
Plagioklase	bis 15
Pyroxene	10
Vesuvian	100

Technogene Herkunft

Flussmittel in der Keramikindustrie, Zusatz zu Spezialglasuren, UV-durchlässiges Glas für Linsen, Legierungen (mit Pb, Al), Klimaanlage, Li-Akkumulatoren, Zusatz zu Schmiermitteln, für medizinische Zwecke, Zündvermittler in der Wasserstoffbombe, Bauteile von Raketenkapseln und als „Getter“-Metall. Verbreitung in der Umwelt weitgehend unbekannt, ist auf Grund geringer Toxizität wahrscheinlich unkritisch. Bei Pflanzen ist eine gewisse Toxizität ab einer Konzentration von 60 ppm bekannt.

Verhalten in der Umwelt

Essenzielles Spurenelement. Mangel an Lithium kann mentale Probleme verursachen. Überdosierungen führen aber zu toxischen Reaktionen. Lithium ist feuergefährlich und gibt bei der Verbrennung reizende und giftige Dämpfe an die Umwelt ab.

Mobilität unter allen Redox- und pH-Bedingungen gering. Adsorption an Mn-Oxide und an Tonminerale.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁷ VINOGRADOV (1962), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs

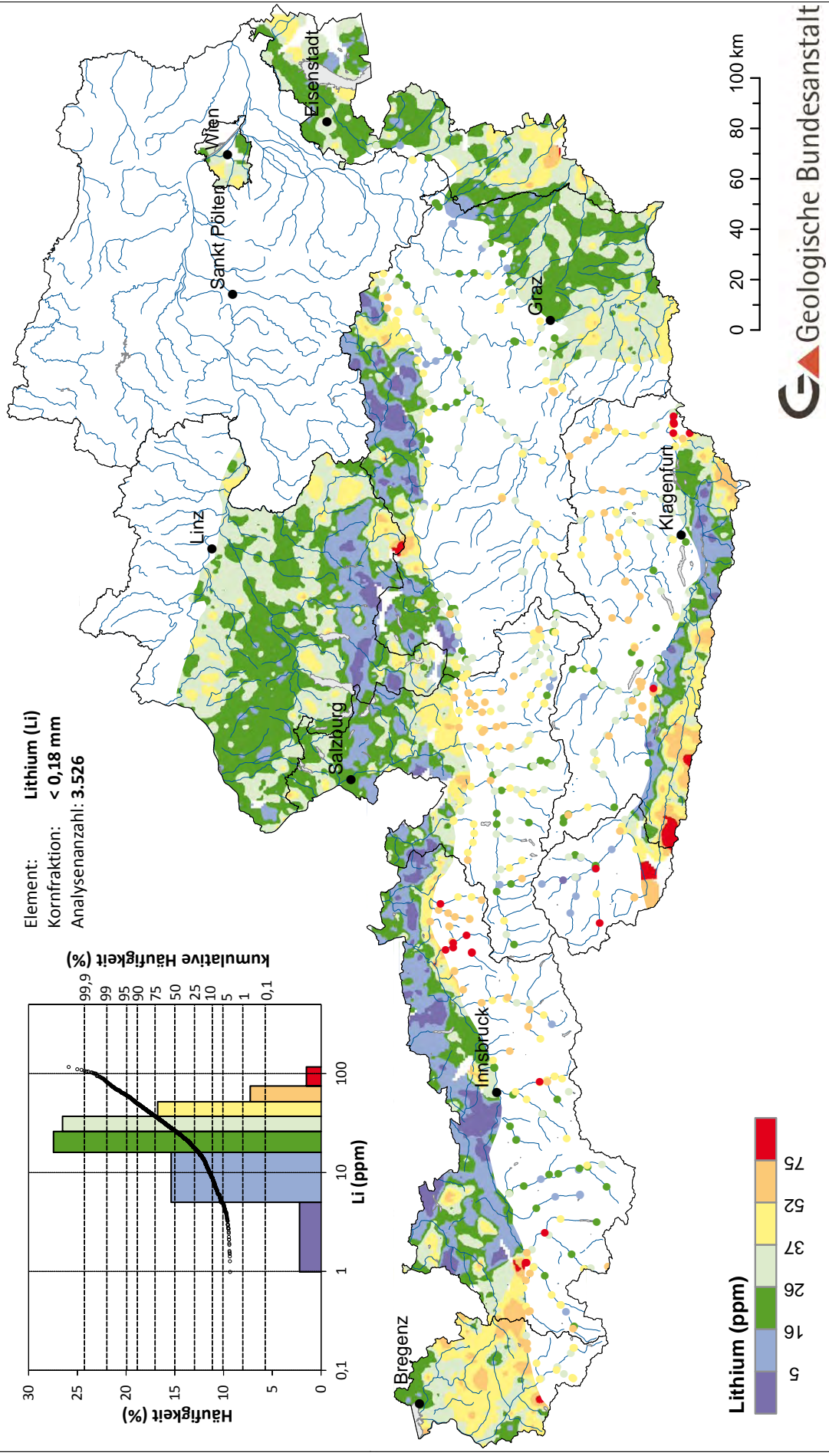
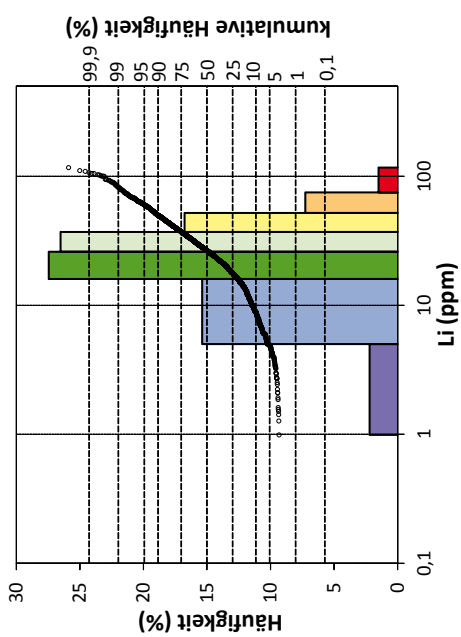


Abb. 80. Lithiumverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

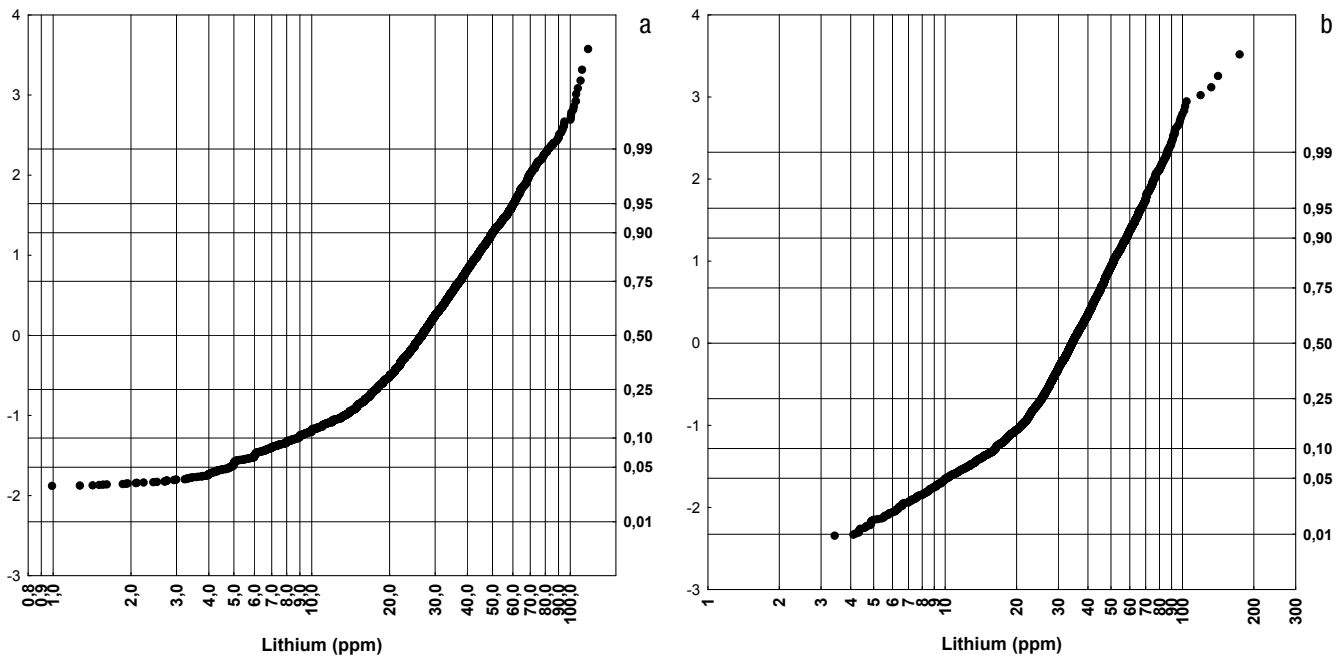


Abb. 81.
Kumulative Häufigkeitsverteilung für Lithium in ppm; Bundesländerprojekte < 0,18 mm (a) bzw. < 0,04 mm (b).

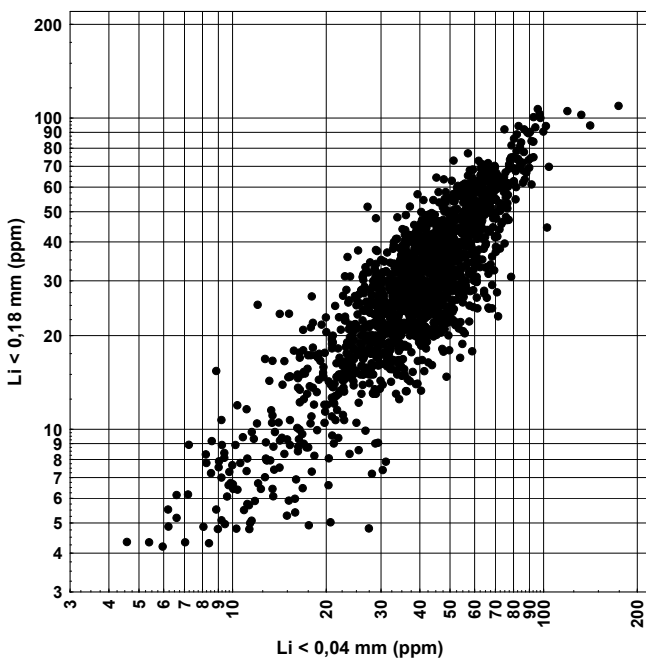


Abb. 82.
Vergleich der Kornfraktionen < 0,18 mm und < 0,04 mm für Lithium (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Das Element Lithium wurde erst in den Bundesländerprojekten in die Analytikliste aufgenommen. Es liegen aber auch keine Li-Werte für die Kornfraktion < 0,18 mm aus dem Bundesland Niederösterreich vor.

Das Element Lithium substituiert die Elemente Kalium, Natrium und Magnesium im Gitter von Feldspäten, Glimmern und Amphibolen. Die räumliche Verteilung dieses Elements in den Bach- und Flusssedimenten korreliert somit mit dem Vorkommen dieser gesteinsbildenden Minerale. Da in den Gebieten, in denen Spodumen führende Pegmatite vorkommen, Bachsedimentanalysen nur aus den Hauptflüssen vorliegen, lässt die Bachsedimentgeochemie keine spezifischen Hinweise auf diese Lithiumquellen zu.

Zur Ergänzung wird in Abbildung 83 die Lithiumverteilung für das Bundesland Niederösterreich an Hand der Ergebnisse nach der Kornfraktion < 0,04 mm dargestellt. Die regionalen Muster nach den geologischen Einheiten entsprechen vollständig den Ergebnissen der Kornfraktion < 0,18 mm in den anderen Bundesländern.

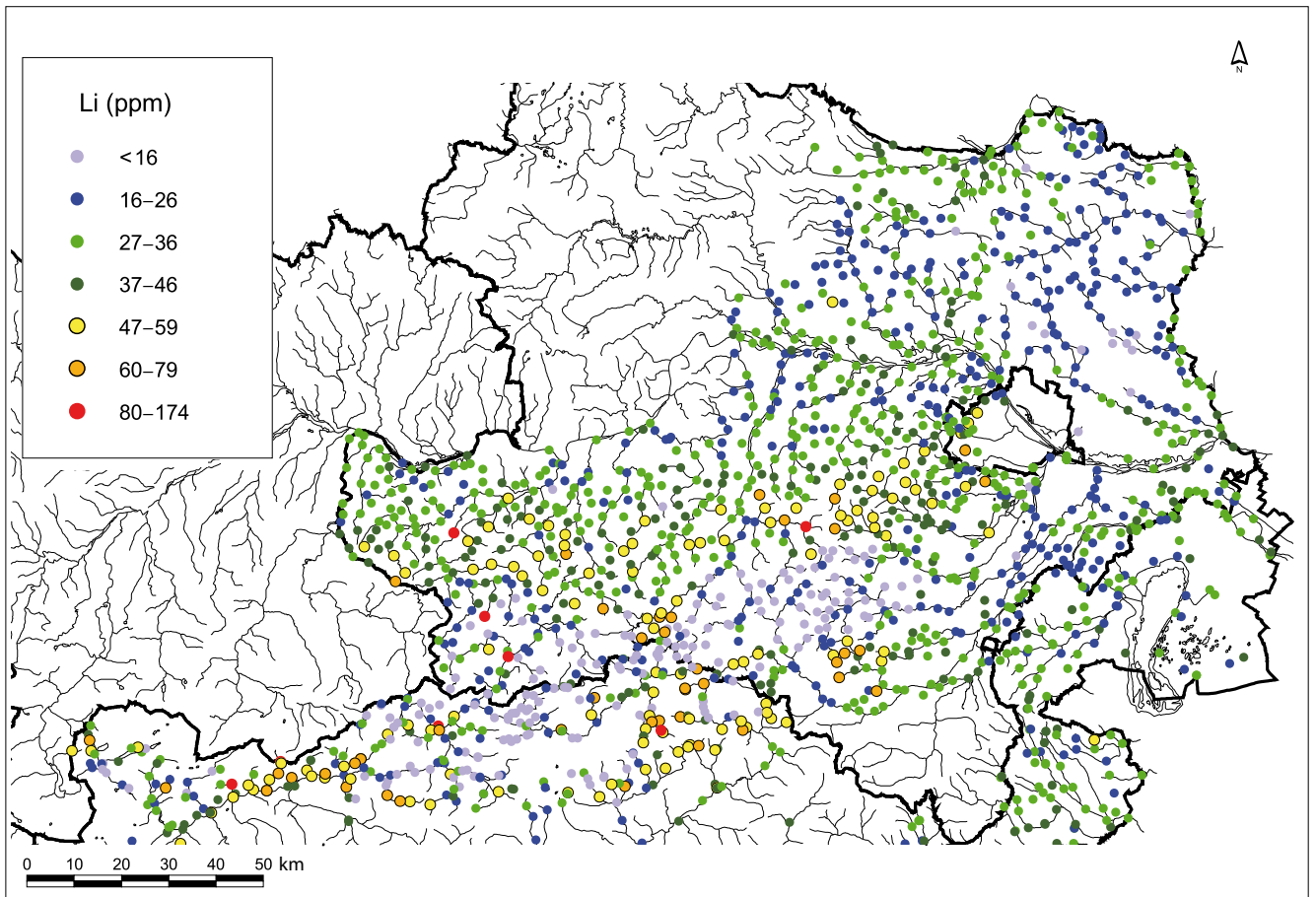


Abb. 83. Bach- und Flusssedimentgeochemie Kornfraktion < 0,04 mm, Bundesländerprojekte / Ausschnitt Niederösterreich, Nordsteiermark und Nordburgenland; Lithiumverteilung.

Mg – Magnesium (Abb. 84–86)

Geogene Herkunft

Lithophiles Hauptelement, im Erdmantel, in ultrabasischen und basischen magmatischen Gesteinen und im Meerwasser angereichert; als Erdalkalielelement mit Kalzium assoziiert. Magnesium ist Hauptbestandteil vieler Mineralgruppen (Silikate, Karbonate, Sulfate, Phosphate, Sulfide). Wichtige Magnesiumminerale sind Silikate wie Amphibole, Olivine, Pyroxene, Glimmer und Tonminerale, Karbonate wie Magnesit und Dolomit, Oxide und Hydroxide wie Periklas MgO und Brucit Mg(OH)₂.

Häufigkeit (Mg in M-%)

obere kontinentale Erdkruste	1,5 ⁶
ultrabasische Gesteine	20,4 ³
basische Gesteine	4,5 ²
intermediäre Gesteine	2,2 ¹
granitische Gesteine	0,2 ²
Tonschiefer	1,5 ⁵
Sandsteine	0,7 ³
Karbonatgesteine	4,7 ³
Unterböden	0,6 ⁴

Wichtige Magnesiumminerale

Periklas (60 % Mg), Brucit (42 %), Olivin (bis 35 %), Forsterit (35 %), Magnesit (29 %), Serpentin (26 %), Enstatit (24 %), Amphibole (bis 24 %), Talk (19 %), Boracit (19 %), Hypersthen (18 %), Spinell (17 %), Biotit (16 %), Garnierit (14 %), Dolomit (13 %), Pyroxene (11 %), Ankerit (7 %).

Magnesium als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8, 9}

Andalusit	1.000
Anhydrit	100
Apatit	100
Axinit	bis 20.000
Boehmit	1.000
Calcit	bis 40.000
Datolith	1.000
Epidot	1.000
Gibbsit	1.000
Hämatit	100
Ilmenit	bis 20.000
Lasurit	1.000
Magnetit	bis 60.000
Muskovit	bis 24.000
Orthit	1.000
Prehnit	1.000
Pyrophyllit	bis 5.000
Rhodonit	bis 30.000
Siderit	bis 58.000
Spodumen	1.000
Staurolith	bis 20.000
Turmalin (Schörl)	bis 33.000
Wolframit	100
Wollastonit	1.000
Zinnwaldit	1.000
Zoisit	1.000

Technogene Herkunft

Verwendung von Magnesium in der Automobil- und Flugzeugindustrie, im Maschinen- und Apparatebau, bei Feuerfestprodukten, Düngemitteln, Spezialzementen, Reaktorwerkstoffen, Pyrotechnik, Füllstoffen (Talk) und Legierungen. Technogene Verbreitung in der Umwelt nicht identifizierbar und unbedenklich.

Verhalten in der Umwelt

Essenzielles Bioelement für alle Organismen (wichtig für Photosynthese). Praktisch keine Toxizität, Mangel an Magnesium ist schwerwiegender als Überschuss (z.B. Chlorose in Pflanzen); Mobilität ist unter allen Redox- und pH-Bedingungen hoch. Sorption an Tonminerale; in Bachsedimenten Anreicherung in der Feinfraktion.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs

Element: Magnesium (Mg)
 Kornfraktion: < 0,18 mm
 Analysenanzahl: 34.304

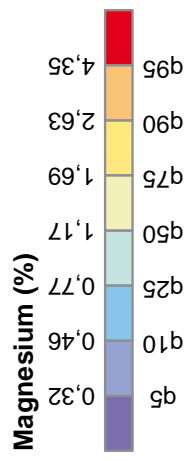
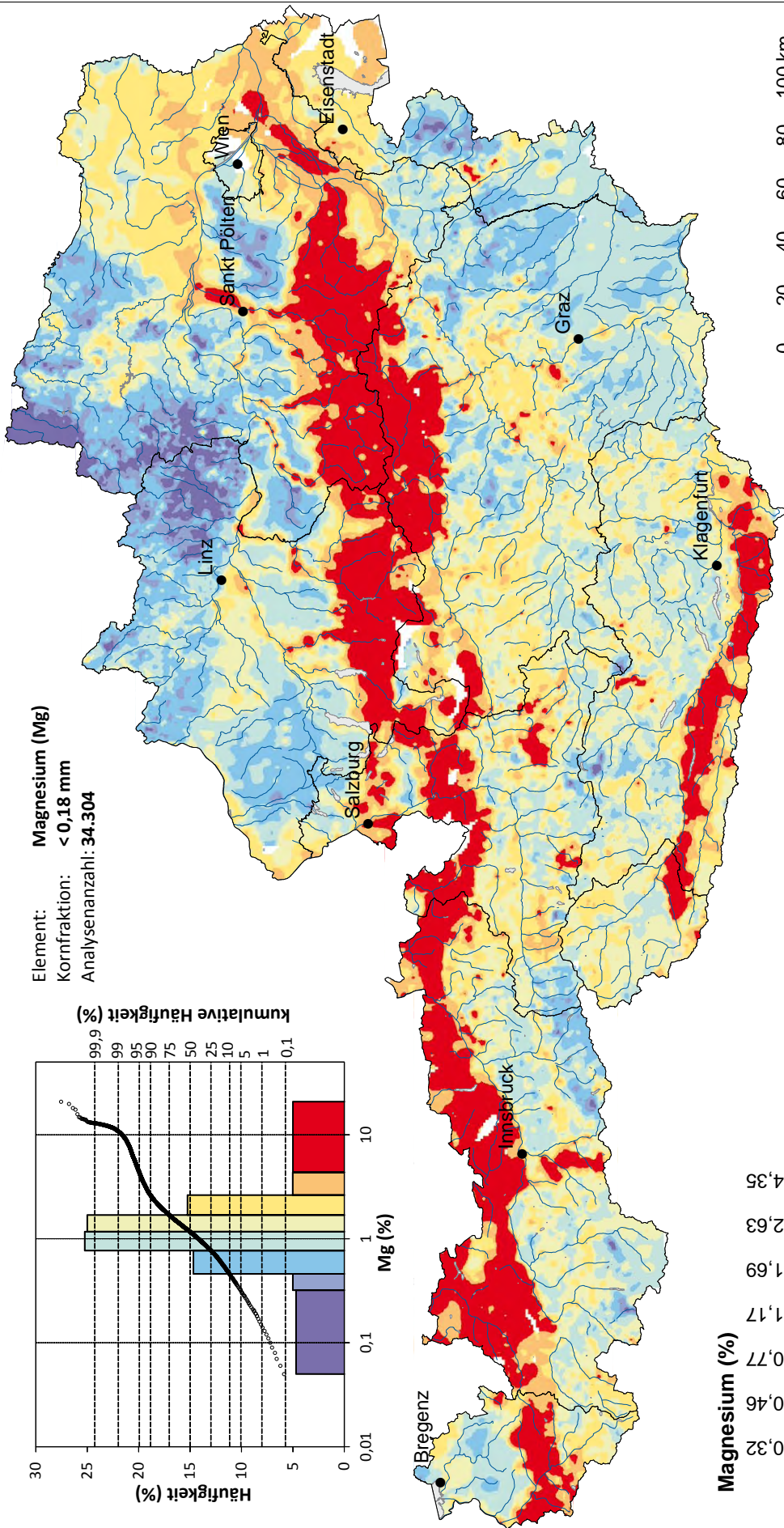
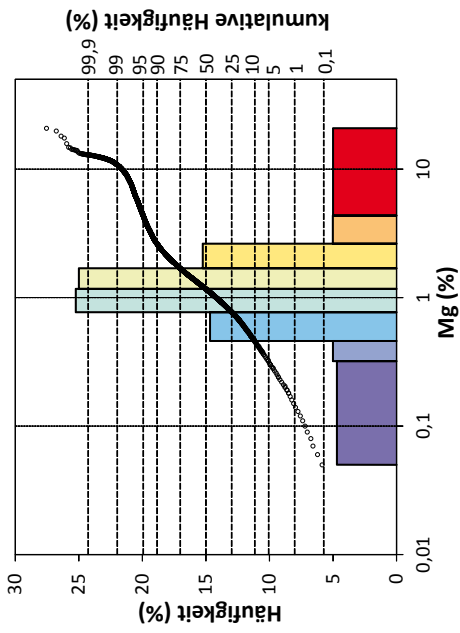


Abb. 84. Magnesiumverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

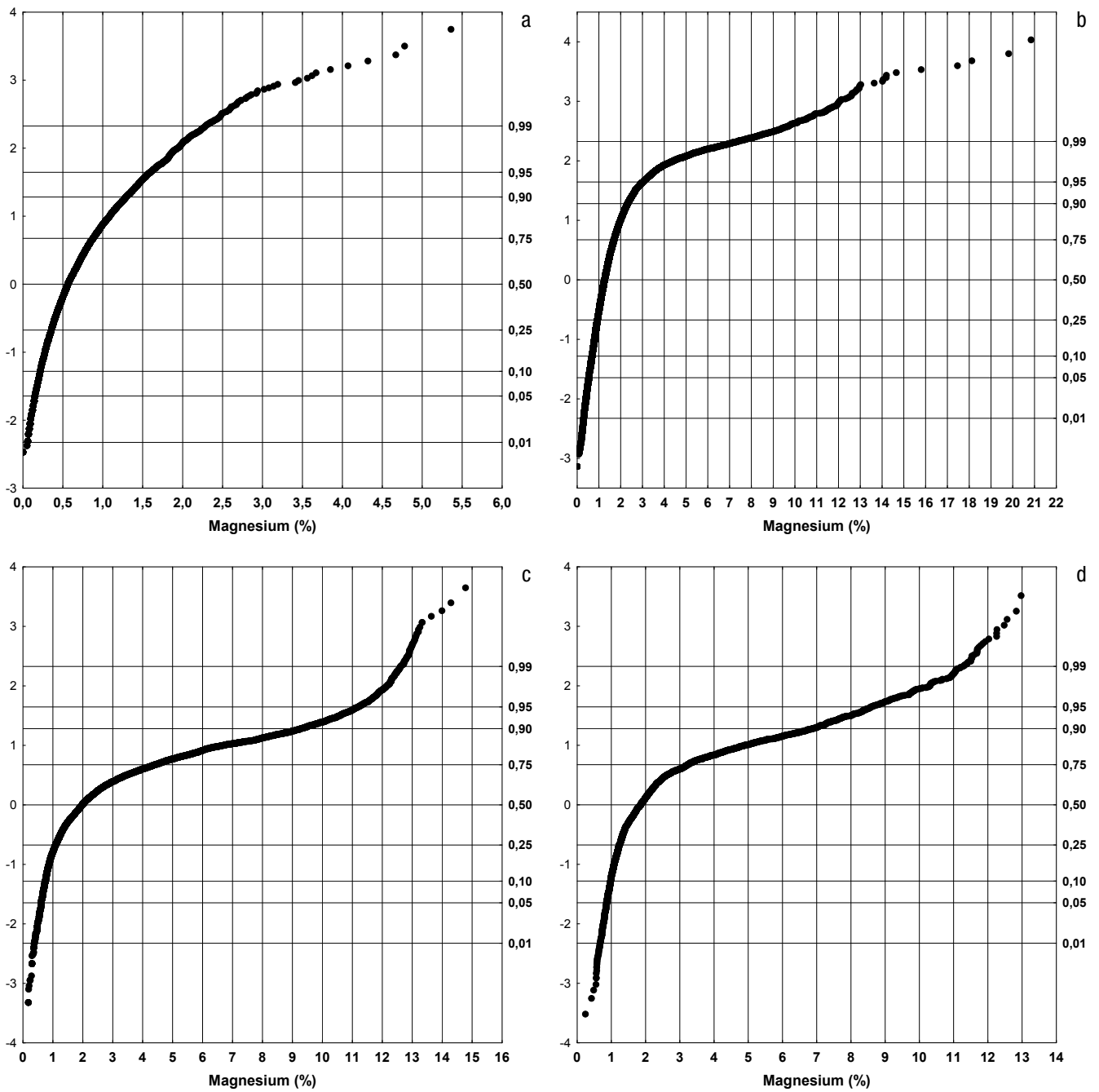


Abb. 85. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Magnesium in %; Böhmische Masse (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

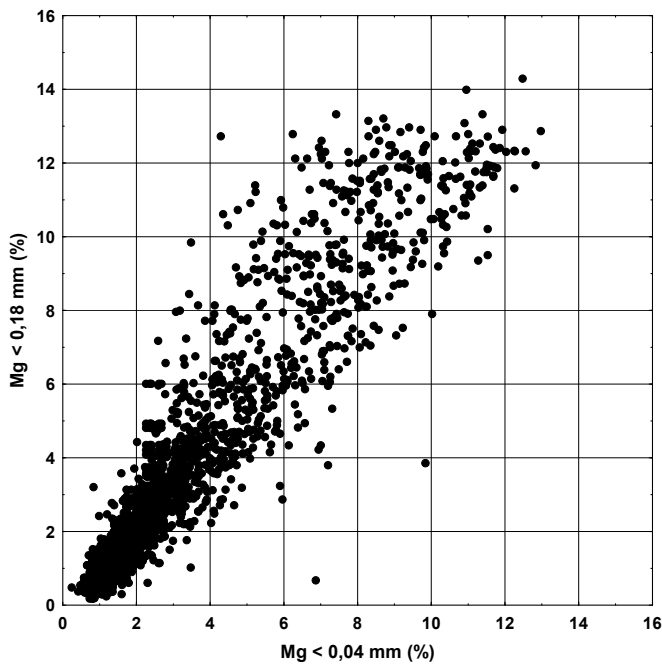


Abb. 86.
Vergleich der Kornfraktionen < 0,18 mm und < 0,04 mm für Magnesium (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Die Magnesiumverteilung in den Bach- und Flusssedimenten verweist einerseits auf die Vorkommen von Karbonatgesteinen (Dolomite, dolomitische Mergel, Dolomitmarmor u.a.) in den Einzugsgebieten hin, andererseits spiegelt sie innerhalb der nichtkarbonatisch-kristallinen Serien die unterschiedliche Verbreitung gesteinsbildender, Mg-führender Silikatminerale (Amphibole, Pyroxene, Glimmer, Tonminerale) wider.

Testverrechnungen der Analyseergebnisse für CaO und MgO (+ Glühverlust bei 1.000 °C » CO₂) im Bereich der Nördlichen Kalkalpen belegen, dass an Hand der Sedimentanalytik gebietsweise sogar eine Qualitätsaussage zu den (Rein-)Karbonaten im Einzugsgebiet möglich ist. Zumindest ist damit eine erste lithologisch-gesteinsgeochemische Charakterisierung der Einzugsgebiete durchaus aussagekräftig. Dies gilt nicht nur für die Nördlichen Kalkalpen, sondern auch für Drauzug, Lienzer Dolomiten und Karawanken.

Mit dieser Sedimentanalytik wird auch der durchwegs karbonatische Charakter des Helvetikums in Vorarlberg belegt. Räumlich eng verknüpfte karbonatische und nichtkarbonatische Serien – wie z.B. in den oberen und unteren Penninischen Decken oder im Grazer Paläozoikum – werden teilweise durch die Verteilung der unterschiedlichen Mg-Konzentrationen nachgezeichnet. Auch sehr lokale, meist isolierte Karbonatvorkommen werden nachgewiesen (z.B. Brennermesozoikum, Kalkspitzen in den Radstädter Tauern, Mesozoikum östlich des Krappfelds). Basische Gesteinsserien können ebenfalls höhere Grundgehalte an Magnesium aufweisen.

Hinzuweisen ist auf das Phänomen, dass Flüsse, die in den Kalkalpen entspringen (z.B. Traun, Alm, Steyr, Ybbs, Traisen, Triesting, Piesting u.a.) ihre karbonatische Matrix bis zur Mündung beibehalten. Ansonsten lassen die eher niedrigen Mg-Konzentrationen im Bereich der Molassezone und der inneralpinen Becken darauf schließen, dass die Liefergebiete der quartären und neogenen Lockersedimentserien überwiegend aus nichtkarbonatischen Gesteinsserien stammten.

Mn – Mangan (Abb. 87–89)

Geogene Herkunft

Lithophiles Spurenelement, als Übergangselement mit Eisen assoziiert. Angereichert in hydrothermalen Mineralisationen, sedimentären Lagerstätten mit oxidischen, karbonatischen und silikatischen Erzen. Manganknollen und -krusten in Tiefseebereichen.

Vorherrschende Manganminerale Pyrolusit MnO_2 , Manganit $MnO(OH)$, Rhodochrosit $MnCO_3$, Psilomelan $BaMn_9O_{18} \cdot H_2O$ u.a.; Neben- bis Spurenelement in Pyroxenen, Amphibolen, Glimmer, Calcit, Dolomit und Hydroxiden (in Unterböden und Verwitterungsprodukten).

Häufigkeit (Mn in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	774 ⁶
ultrabasische Gesteine	1.620 ³
basische Gesteine	1.500 ²
intermediäre Gesteine	1.200 ¹
granitische Gesteine	400 ²
Tonschiefer	850 ⁵
Sandsteine	50 ³
Karbonatgesteine	1.100 ³
Unterböden	465 ⁴

Wichtige Manganminerale

Psilomelan-Gruppe (45–60 % Mn), Polianit-Pyrolusit (63 %), Ramsdellit (63 %), Manganit (62 %), Rhodochrosit (48 %), Braunit (50–62 %), Hausmannit (72 %), Bixbit (30–40 %), Alabandin (63 %), Rhodonit (42 %), Franklinit (bis 31 %), Wolframit (9 %), Columbit (8 %).

Mangan als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Ankerit	bis 18.000
Anthophyllit	bis 20.000
Arsenopyrit	3.000
Boulangerit	bis 3.000
Brucit	bis 160.000
Calcit	bis 78.000
Chalkopyrit	bis 20.000
Chloritoid	bis 90.000
Chromit	bis 3.000
Diaspor	bis 24.000
Dolomit	bis 18.000
Ferroaktinolith	bis 23.000
Galenit	bis 2.000
Ilvait	bis 90.000
Klinochlor	bis 20.000
Muskovit	bis 14.000
Pyrit	bis 10.000
Pyrrhotin	3.000
Rubellit	bis 14.000
Sphalerit	bis 50.000
Titanit	bis 18.000
Vivianit	bis 40.000
Wollastonit	bis 9.000
Zinkit	bis 100.000
Zirkon	bis 6.000

Technogene Herkunft

Verwendung in Stahl (Ferromangan), Legierungen mit Kupfer und Aluminium, als Zusatz zur Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit und Festigkeit, Batterien, Düngemitteln, Chemikalien, Glas, keramische Industrie, Farben, als Raffinationsmittel zum Entschwefeln und zur Desoxidation. Verbreitung in der Umwelt durch Metallverhüttung und -verarbeitung, Verkehr. Im Allgemeinen technogener Eintrag im Vergleich zum geogenen Eintrag von untergeordneter Bedeutung.

Verhalten in der Umwelt

Essenzielles Bioelement. Toxisch nur bei hoher Konzentration; Mn-Mangel für Organismen ist meist von größerer Bedeutung als Mn-Überschuss. Unter oxidierenden Bedingungen sehr geringe Mobilität (Ausfällung von gelöstem Mangan gemeinsam mit Eisen). Höhere Mobilität im reduzierenden, sauren Milieu. Bei neutralem bis basischem pH-Wert sehr geringe Mobilität. Kolloidale Suspensionen von $MnO(OH)_4$ weisen hohe Sorptionseigenschaften für Kationen, wie Co^{2+} , Zn^{2+} u.a. auf; in Bachsedimenten Anreicherung in der Feinfraktion.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs

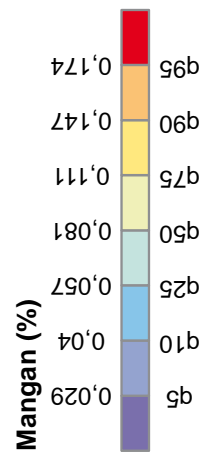
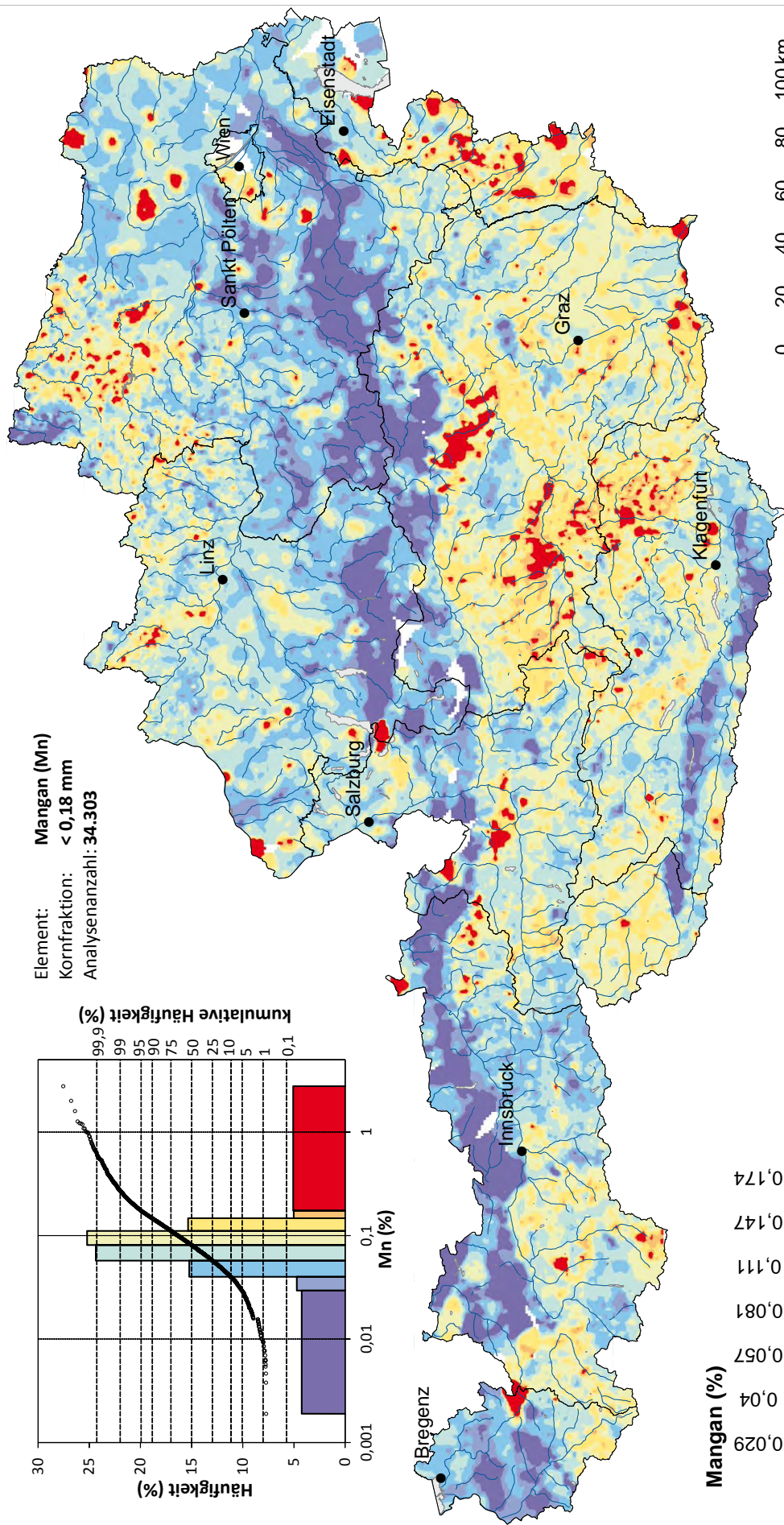
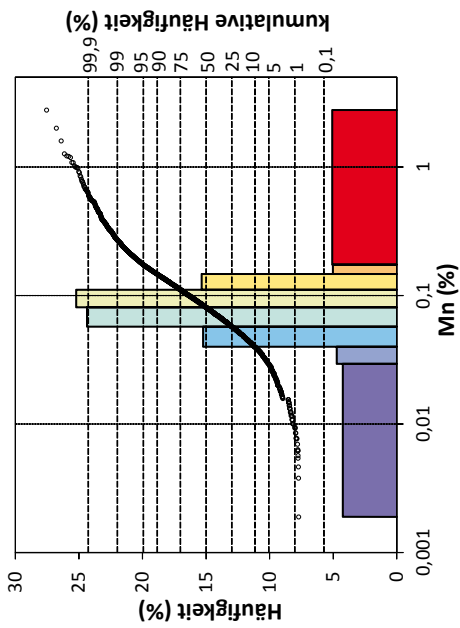


Abb. 87. Manganverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

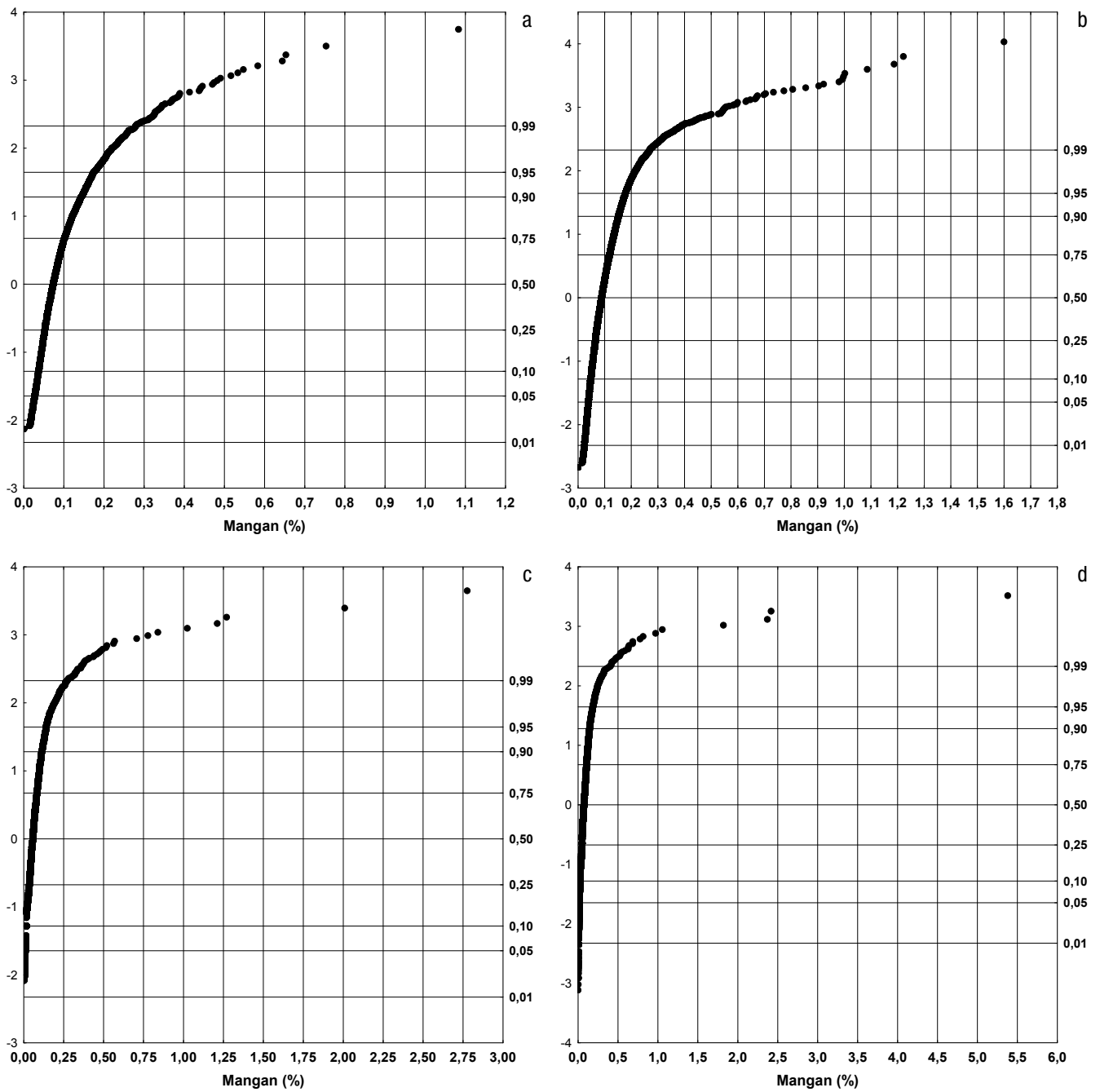


Abb. 88. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Mangan in %; Böhmische Masse (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

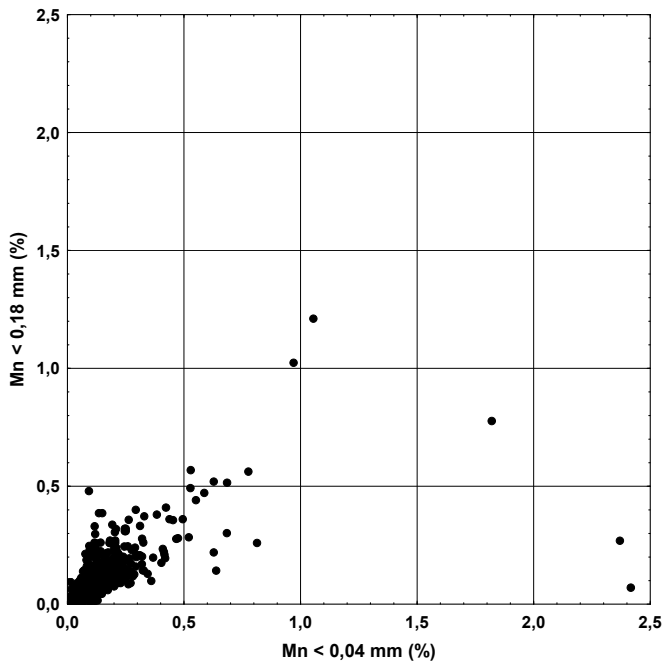


Abb. 89.
Vergleich der Kornfraktionen $< 0,18 \text{ mm}$ und $< 0,04 \text{ mm}$ für Mangan (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Prinzipiell verhält sich Mangan geochemisch im Naturraum sehr ähnlich wie Eisen. So wie bei Eisen erfolgt aus der Verwitterung heraus eine Anreicherung in Böden. Es tritt auch als Nebenelement in Mineralen wie Amphibolen, Pyroxenen und Glimmer auf. Somit sind auch höhere Grundgehalte in basischen Gesteinsserien zu erwarten.

Höhere Mn-Konzentrationen können einen „Hof“ um die großen Sideritmineralisationen (z.B. Raum Eisenerz, Radmer) oder um Eisendolomitvorkommen in der Grauwackenzone bilden.

In den Kalkalpen finden sich lokal an einigen Stellen sehr hohe Mn-Konzentrationen in Bachsedimenten. Diese sind mit Mn-reichen Juraserien verknüpft, in denen sogar Kleinbergbaue auf Mangan angesetzt waren (z.B. Osterhorngruppe, nordwestlich Lofer, nördlich Lech).

Mo – Molybdän (Abb. 90–93)

Geogene Herkunft

Spurenelement mit siderophilen und chalkophilen Eigenschaften; assoziiert mit Wolfram und Rhenium.

Molybdän bildet eine Reihe von Mineralen, darunter Molybdänit MoS_2 , Wulfenit PbMoO_4 , Powellit $\text{Ca}(\text{Mo,W})\text{O}_4$ (Wolframit, Scheelit); Anreicherung in organischer Substanz von Sedimenten weit verbreitet.

Häufigkeit (Mo in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	0,6 ⁶
ultrabasische Gesteine	0,3 ³
basische Gesteine	1,0 ²
intermediäre Gesteine	0,9 ¹
granitische Gesteine	2,0 ²
Tonschiefer	2,6 ⁵
Sandsteine	0,2 ³
Karbonatgesteine	0,4 ³
Unterböden	0,5 ⁴

Wichtige Molybdänminerale

Molybdänit (60 % Mo), Wulfenit (26 %), Powellit (48 %), Ferrimolybdit (ca. 39 %), Ilsemanit, Chillagit (10,6–14,5 %).

Weitere Molybdänminerale

Achrematit	
Belonesit	
Betpaktallit	
Carcurmolit	
Castaingit	
Colusit	bis 8,8 % Mo
Cousunit	
Iriginit	
Jordisit	
Koechlinit	
Lindgrenit	
Moluranit	
Mourit	
Molybdosodalith	3 % Mo
Paterait	
Seyrigit (Molybdoscheelit)	bis 20,95 % MoO_3
Sedovit	
Eosit	

Molybdän als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Biotit	bis 30
Chalkopyrit	0–1.500
Covellin	bis 50
Feldspäte	bis 40
Galenit	bis 140
Hämatit	bis 60
Ilmenit	bis 500
Magnetit	bis 400
Nosean	100
Platinminerale	bis 60
Pyrrhotin	10–250
Scheelit	bis 60.000
Titanit	bis 350
Wolframit	1.000
Zirkon	bis 110

Technogene Herkunft

Verwendung in Legierungen, Elektroindustrie (Kontakte, Elektroden von Hg-Kontakten, Stützteile von Glühlampen, Anoden von Empfänger- und Senderöhren, Kathoden, Gitter u.a.), Korrosionsschutz, Wärmeaustauschern in der Reaktortechnik, Raumfahrt, Heizelementen und Auskleidungen von Glasschmelzöfen, Schmiermitteln, Pigmenten, Düngern.

Eintrag in die Umwelt durch Bergbau, Metallverhüttung und -verarbeitung (W- und Cu-Produktion), Verbrennung von Erdöl und Kohle, Schmieröle (Molykot), Abwässer, Phosphatdünger.

Verhalten in der Umwelt

Essenzielles Spurenelement für einige Enzyme. Unter den heutigen Umweltbedingungen höher toxisch für Rind und Schaf als für den Menschen. In hohen Dosen ist Molybdän jedoch toxischer als Blei und Quecksilber. Unter oxidierenden Bedingungen höhere Mobilität als unter reduzierenden (Sulfidfällung). Bei saurem pH-Wert stärkere Sorption an Fe-Hydroxide als unter neutralen und basischen Bedingungen.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs

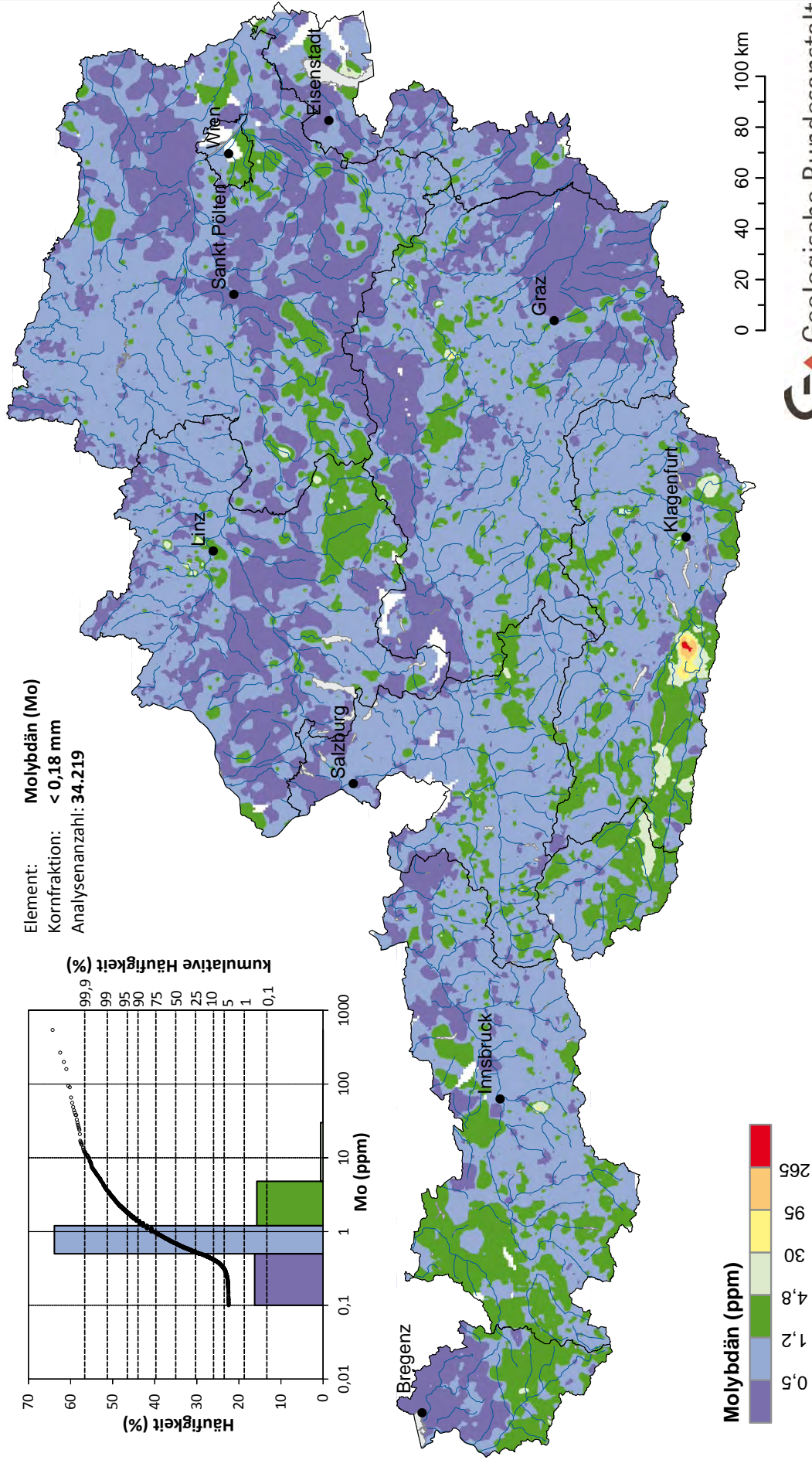
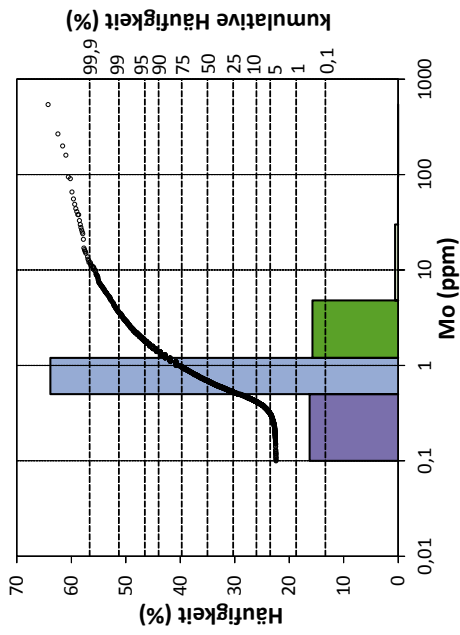


Abb. 90. Molybdänverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

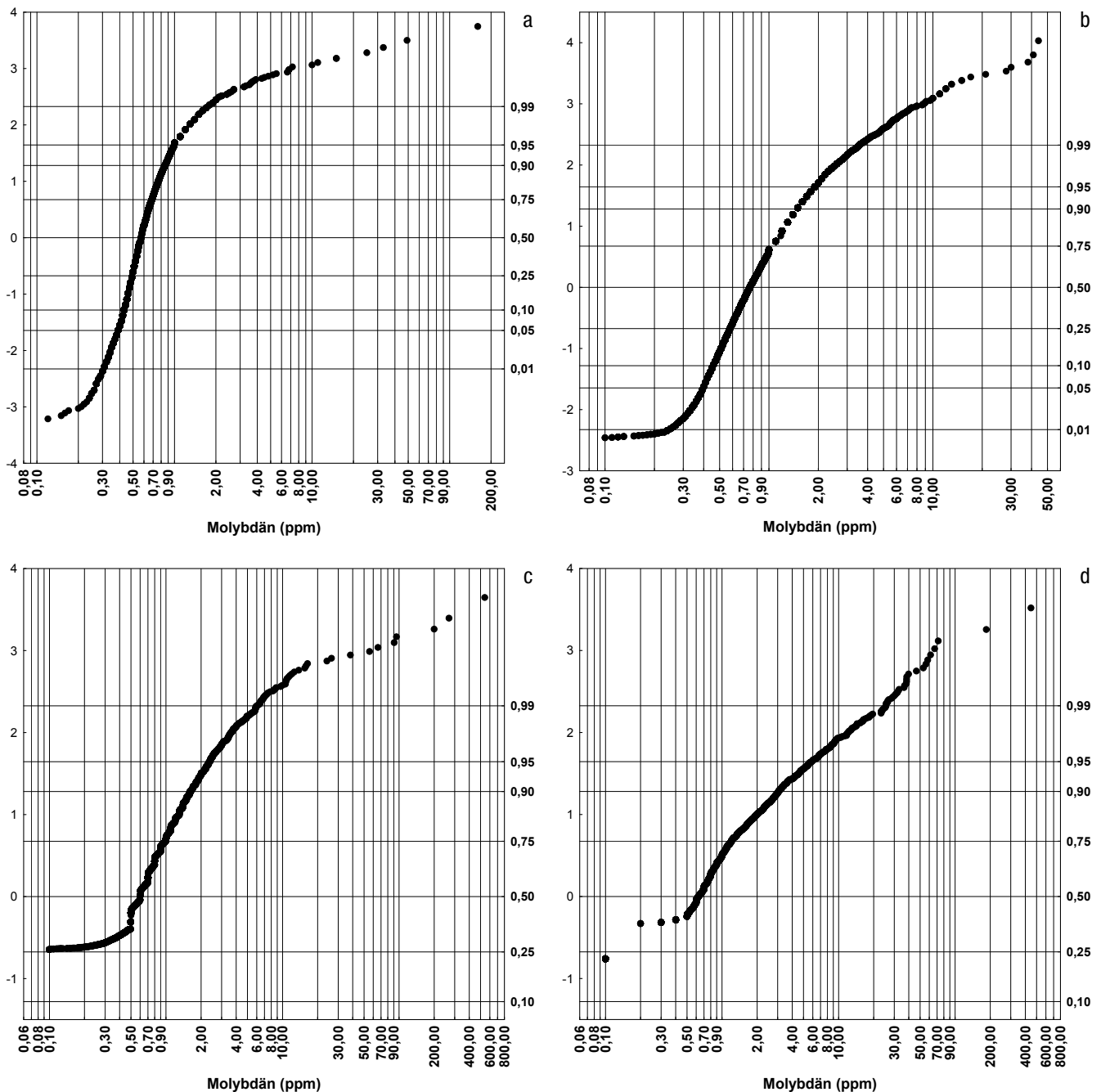


Abb. 91. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Molybdän in ppm; Böhmisches Mass (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Für die räumliche Verteilung von Molybdän in den Bach- und Flusssedimenten lassen sich mehrere Quellen ableiten:

- a. Etwas höhere, geogen bedingte Grundgehalte (bis 5 ppm) in ostalpinen Kristallineinheiten; überwiegend in basischen Gesteinsserien. Nähere Untersuchungen wären notwendig.
- b. Verbreitet etwas höhere, geogen bedingte Grundgehalte in kalkalpinen Serien (bis 5 ppm) – in den Niederösterreichisch-Oberösterreichischen Kalkalpen sowie in den westlichen Tiroler Kalkalpen. Nähere Untersuchungen wären notwendig.

- c. Hohe bis sehr hohe Mo-Konzentrationen im Umfeld von Pb-Zn-Vererzungen im Drauzug. Sehr hohe Grundgehalte in karbonatischen Serien des Drauzugs bis zu den Lienzer Dolomiten und in den Karawanken (bis 30 ppm). Nähere Untersuchungen wären notwendig.
- d. Lokale Mineralisation an der Basis der Kalkkögel bei Fulpmes.
- e. Technogene Quellen (Stahlerzeugung und -verarbeitung) im Müritzal.

Zur Verdeutlichung der Verteilungen an den größeren Flüssen werden in Abbildung 93 die Ergebnisse der Analytik für die Korngrößenfraktion < 0,18 mm in den Bundesländerprojekten separat dargestellt.

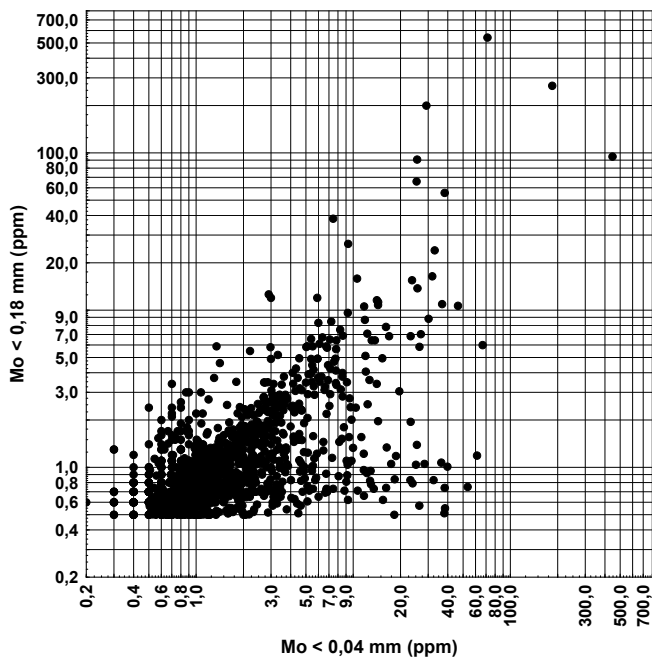


Abb. 92.
Vergleich der Kornfraktionen < 0,18 mm und < 0,04 mm für Molybdän (Bundesländerprojekte).

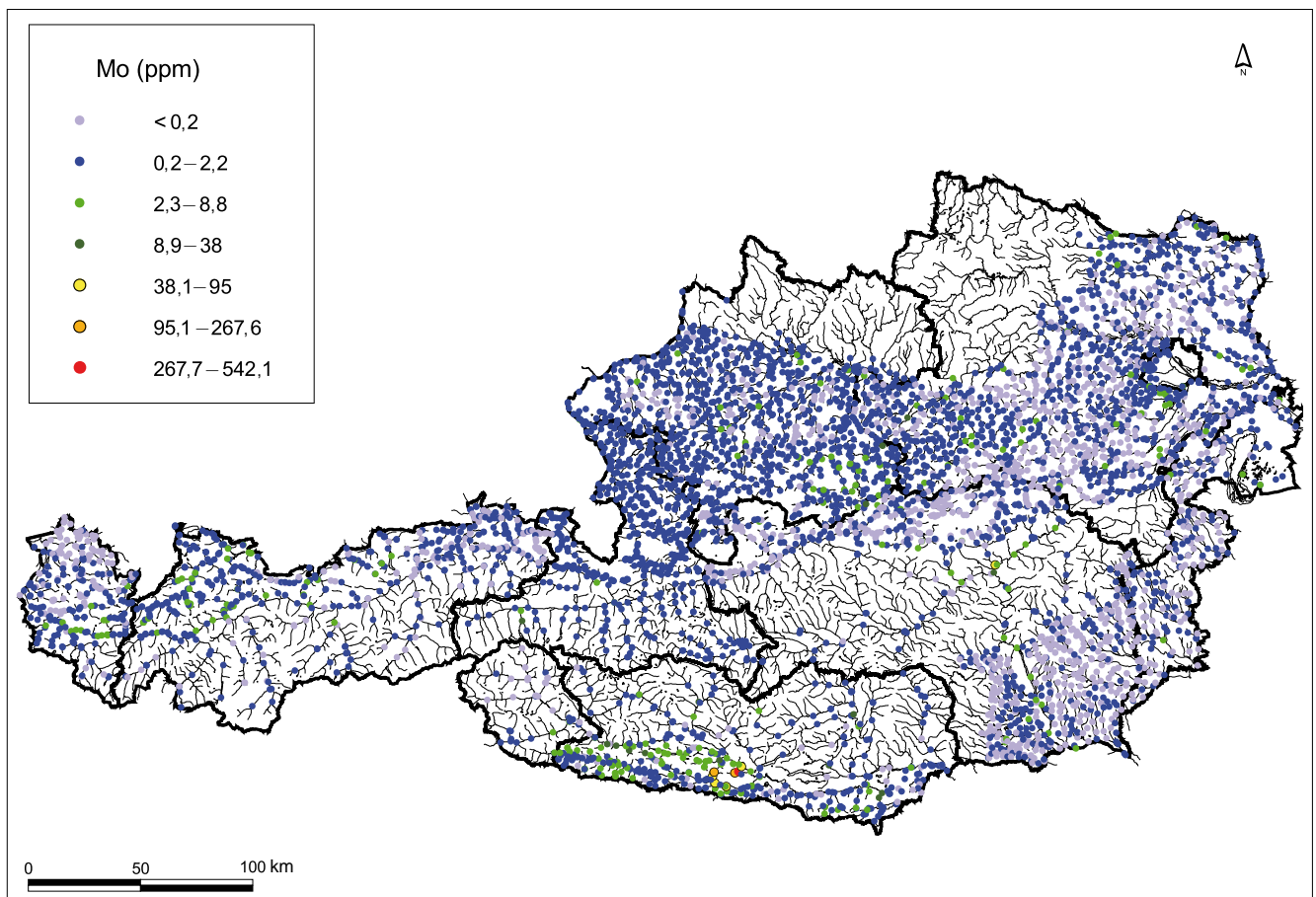


Abb. 93.
Bach- und Flusssedimentgeochemie < 0,18 mm, Bundesländerprojekte; Molybdänverteilung.

Na – Natrium (Abb. 94–96)

Geogene Herkunft

Lithophiles Hauptelement; in Alkaligesteinen, Evaporiten und im Meerwasser angereichert; hohe Affinität zur Bildung von chemischen Verbindungen mit Sauerstoff und Halogenen; Minerale überwiegend in Feldspäten, untergeordnet in Pyroxenen, Amphibolen, Feldspatvertretern; Halit NaCl, Cryolit Na_3AlF_6 , Chilesalpeter NaNO_3 .

Häufigkeit (Na in M-%)

obere kontinentale Erdkruste	2,4 ⁶
ultrabasische Gesteine	0,4 ³
basische Gesteine	1,9 ²
intermediäre Gesteine	3,0 ¹
granitische Gesteine	2,8 ²
Tonschiefer	0,6 ⁵
Sandsteine	0,3 ³
Karbonatgesteine	0,04 ³
Unterböden	0,6 ⁴

Wichtige Natriumminerale

Halit (39 % Na), Kryolith (33 %), Natronsalpeter (27 %), Sodalith (19 %), Beryllonit (18 %), Glauberit (17 %), Soda (16 %), Mirabilit (14 %), Natrolith (12 %), Analcim (10 %), Albit (10 %), Amblygonit (3 %), Trona, Borax.

Natrium als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Aktinolith	bis 12.000
Allanit	bis 100
Andalusit	1.000
Anglesit	100
Anhydrit	1.000
Anthophyllit	100
Axinit	1.000
Beryll	100
Biotit	X.000
Cordierit	100
Fassait	1.000
Hedenbergit	1.000
Kainit	bis 10.000
Kalifeldspäte	bis 6.900
Perowskit	bis 56.000
Phlogopit	bis 15.000
Serpentin	100
Spodumen	1.000
Vesuvian	1.000
Wollastonit	100

Technogene Herkunft

Verwendung als Speise- und Industriesalz, in Wasch- und Bleichmitteln, Soda, in der Glasproduktion, chemischen Industrie, Natriumamid zur Indigosynthese, Natriumcyanid zur Goldgewinnung, als Reduktionsmittel, Katalyse, IR- und UV-Optik, Wärmeaustauscher, ²⁴Na für Radiotherapie u.a.

Technogene Verbreitung in der Umwelt vor allem durch Winterstreuung, Düngung, Mülldeponien.

Verhalten in der Umwelt

Essenzielles Bioelement für alle Tiere, nicht aber für alle Pflanzen. Katalytische Eigenschaften, aktiviert Enzyme; Hauptbestand des Blutplasmas. Nur bei sehr hohen Konzentrationen toxisch für Pflanzen und Tiere. Sehr mobil unter allen Redox- und pH-Bedingungen. Auf Grund der hohen Löslichkeit liegt Natrium in den Bachsedimenten hauptsächlich in den Feldspäten gebunden vor. Steinsalzlagerstätten hingegen sind in den Sedimenten kaum markiert. Natrium wird am Sorptionskomplex der Unterböden (vor allem Tonmineralen) stark gebunden und kann dabei Kalzium verdrängen (Dispergierung von Bodenpartikeln und Strukturverlust von Unterböden).

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs

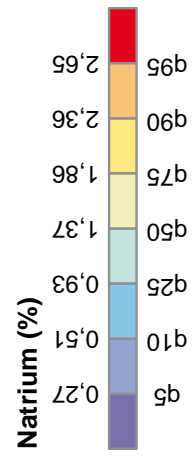
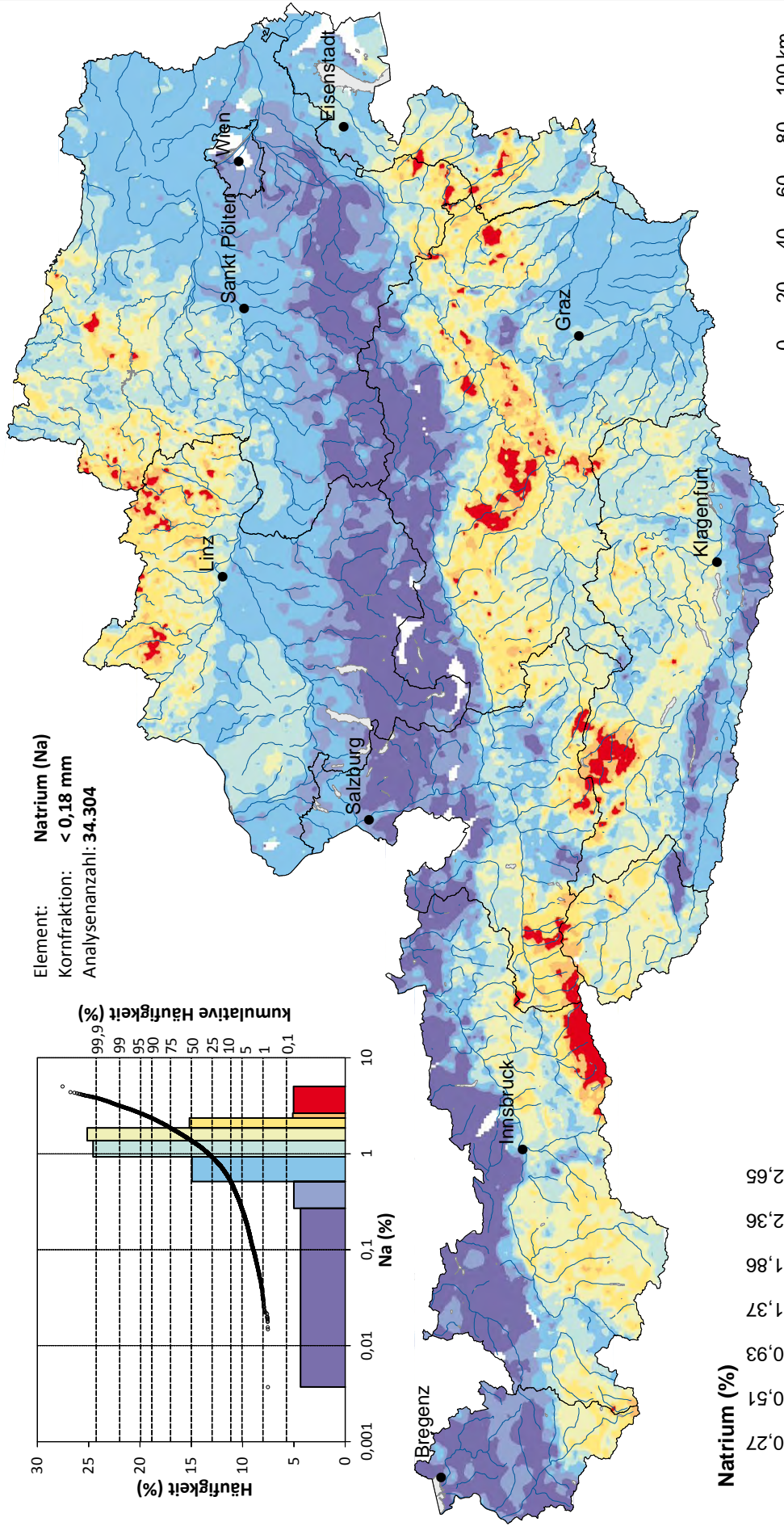
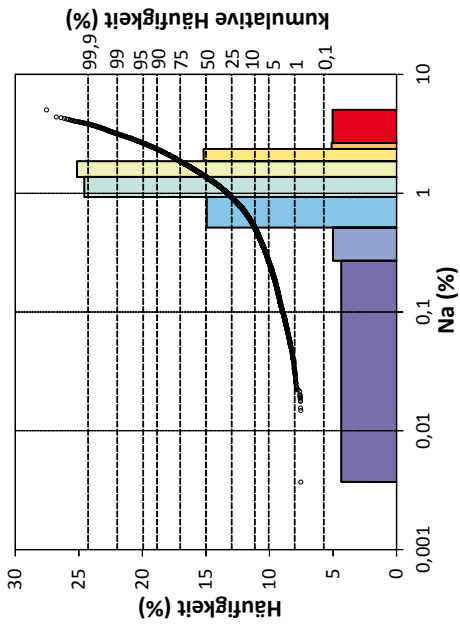


Abb. 94.
Natriumverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

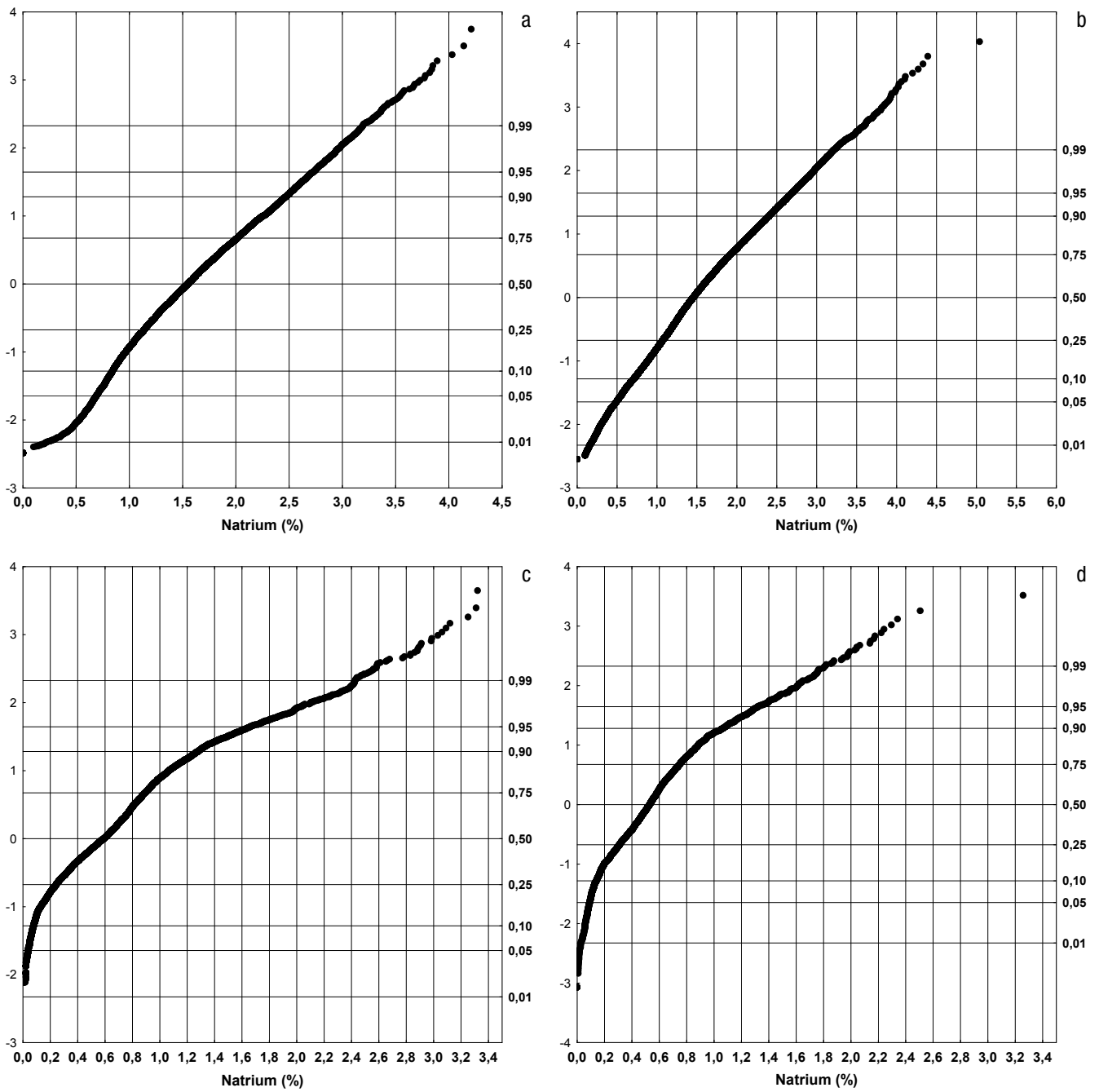


Abb. 95. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Natrium in %; Böhmishe Masse (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

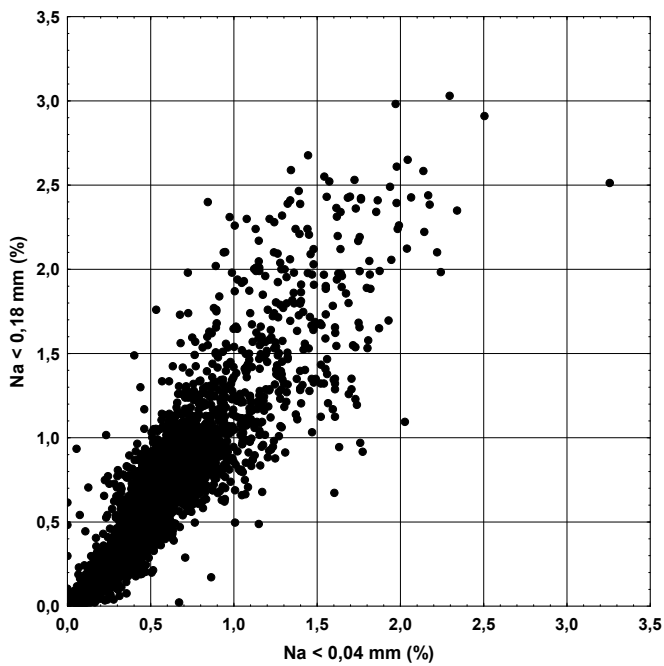


Abb. 96.
Vergleich der Kornfraktionen < 0,18 mm und < 0,04 mm für Natrium (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Das Element Natrium ist bei den gesteinsbildenden Mineralen überwiegend an Feldspäten (Kali-Natron-Feldspäte, Plagioklase) gebunden. Deshalb stellt die räumliche Verteilung in den Bach- und Flusssedimenten praktisch gleichzeitig die Feldspatverteilung (Albit/Mikroklin) in den Kris-

tallinserien dar. Hohe Konzentrationen von Natrium sind verknüpft mit Graniten, Granitoiden, entsprechenden Migmatiten und Orthogneisen.

In den quartären und neogenen Lockersedimenten hängt die jeweilige Na-Konzentration ebenfalls von den Feldspatgehalten ab.

Nb – Niob (Abb. 97–100)

Geogene Herkunft

Lithophiles Spurenelement; assoziiert mit Titan, Tantal, Zirkonium, Hafnium, Lanthan, Cer, Zinn, Yttrium, Uran, Wolfram, Thorium und Phosphor. Niob bildet eine Reihe seltener, aber wirtschaftlich bedeutender Minerale wie beispielsweise Columbit-Tantalit $(\text{Fe,Mn})(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_6$, Pyrochlore $(\text{Na,Ca})_2(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_6(\text{OH,F})$ und Stibiocolumbit $\text{Sb}(\text{Nb,Ta})\text{O}_4$; als Spuren- und Nebenelement in Schwermineralen wie Rutil, Ilmenit und Zirkon sowie in Biotit.

Häufigkeit (Nb in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	11,6 ⁶
ultrabasische Gesteine	16 ³
basische Gesteine	20 ²
intermediäre Gesteine	20 ¹
granitische Gesteine	0 ²
Tonschiefer	11 ⁵
Sandsteine	0,05 ³
Karbonatgesteine	0,3 ³
Unterböden	10 ⁴

Wichtige Niobminerale

Pyrochlor (23–53 % Nb), Mikrolith (2–5 %), Columbit (24 %), Fergusonit (29 %), Tantalit (2 %), Perowskit (bis 18 %), Rutil (bis 21,7 % Nb_2O_5), Stibiocolumbit (10 % Nb_2O_5).

Weitere Niobminerale

Aeschynit	Dysanalyt
Euxenit	Fersmit
Formanit	Ilimaussit
Joaquinit	Karnasurtit
Loparit	Polycras
Polymignit	Priorit
Samarskit	Scheteligit
Tundrit	

Oben genannte Mineralien führen bis etwa 35 % Seltene Erden (SEE_2O_3).

Niob als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Amphibole	100
Biotit	200
Brookit	1
Epidot	X0
Muskovit	100
Pyroxene	20
Scheelit	1.000
Simpsonit	bis 3.300
Titanit	1.000
Wolframit	bis 16.000

Technogene Herkunft

Verwendung für Sonderlegierungen (Titan, Aluminium), Dauermagnet-Legierungen, als Gettermaterial, Hüllmaterial für Reaktor-Brennelemente, mit Wolfram und Hafnium für thermisch hochbeanspruchte Teile von Raketen, Gasturbinen, Gleichrichter, für Thermoelemente, Kondensatoren, Medizintechnik, optische Industrie etc. Geogene Quellen dominant im Vergleich zu technogener Verbreitung; Hauptquellen: Stahlproduktion, Kernbrennstofftechnik, Schweißtechnik.

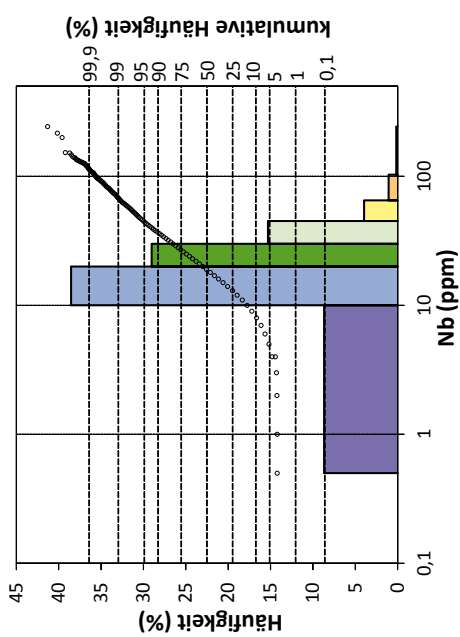
Verhalten in der Umwelt

Kein essenzielles Spurenelement. Intravenös mäßig toxisch für Säugetiere.

Mobilität in der Umwelt unter allen Bedingungen sehr gering; vorwiegende Bindung an Schwerminerale.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs



Element: Niob (Nb)
 Kornfraktion: < 0,18 mm
 Analysenanzahl: 34.256

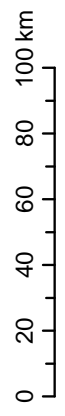
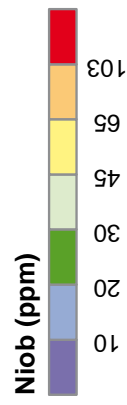
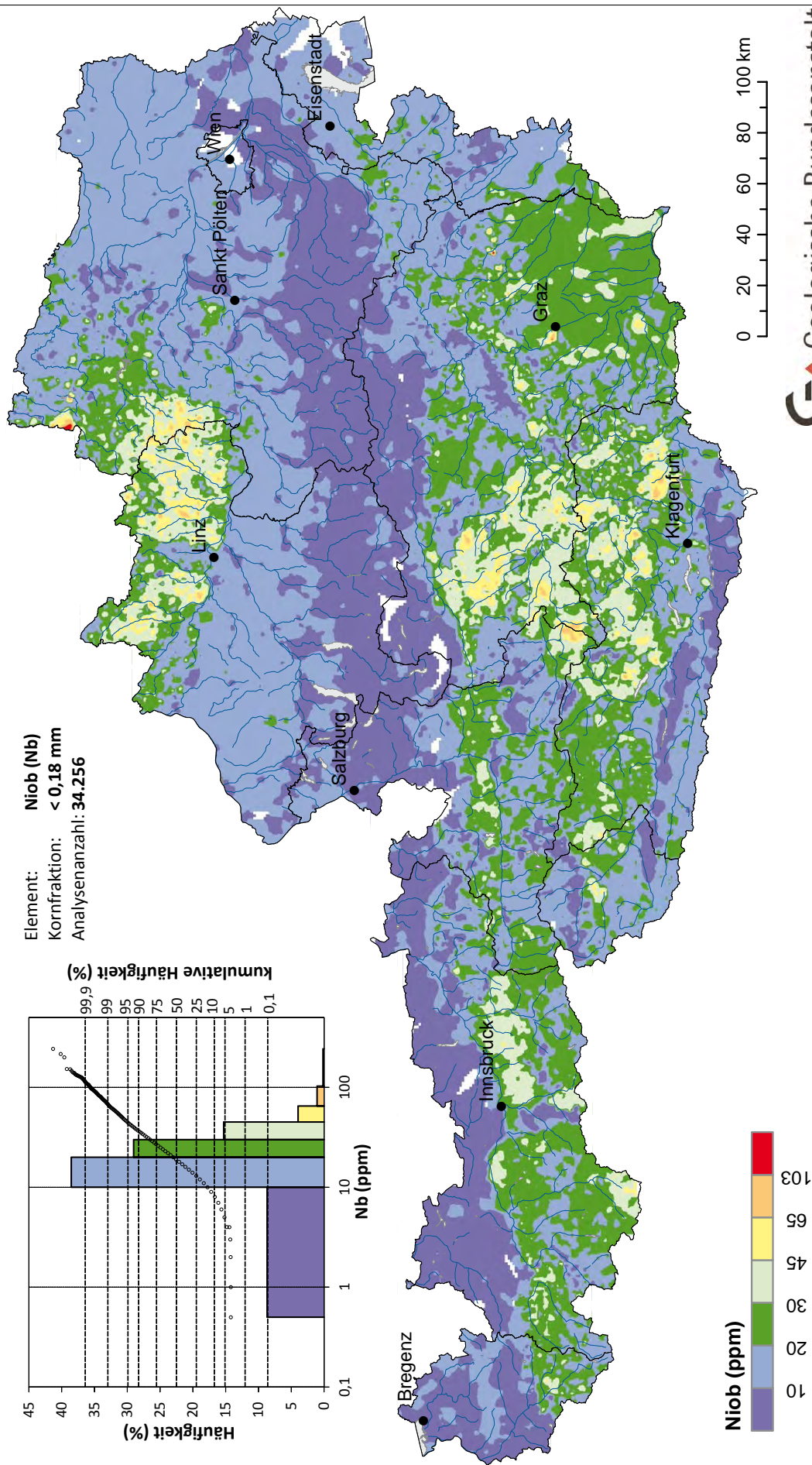


Abb. 97. Niobverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

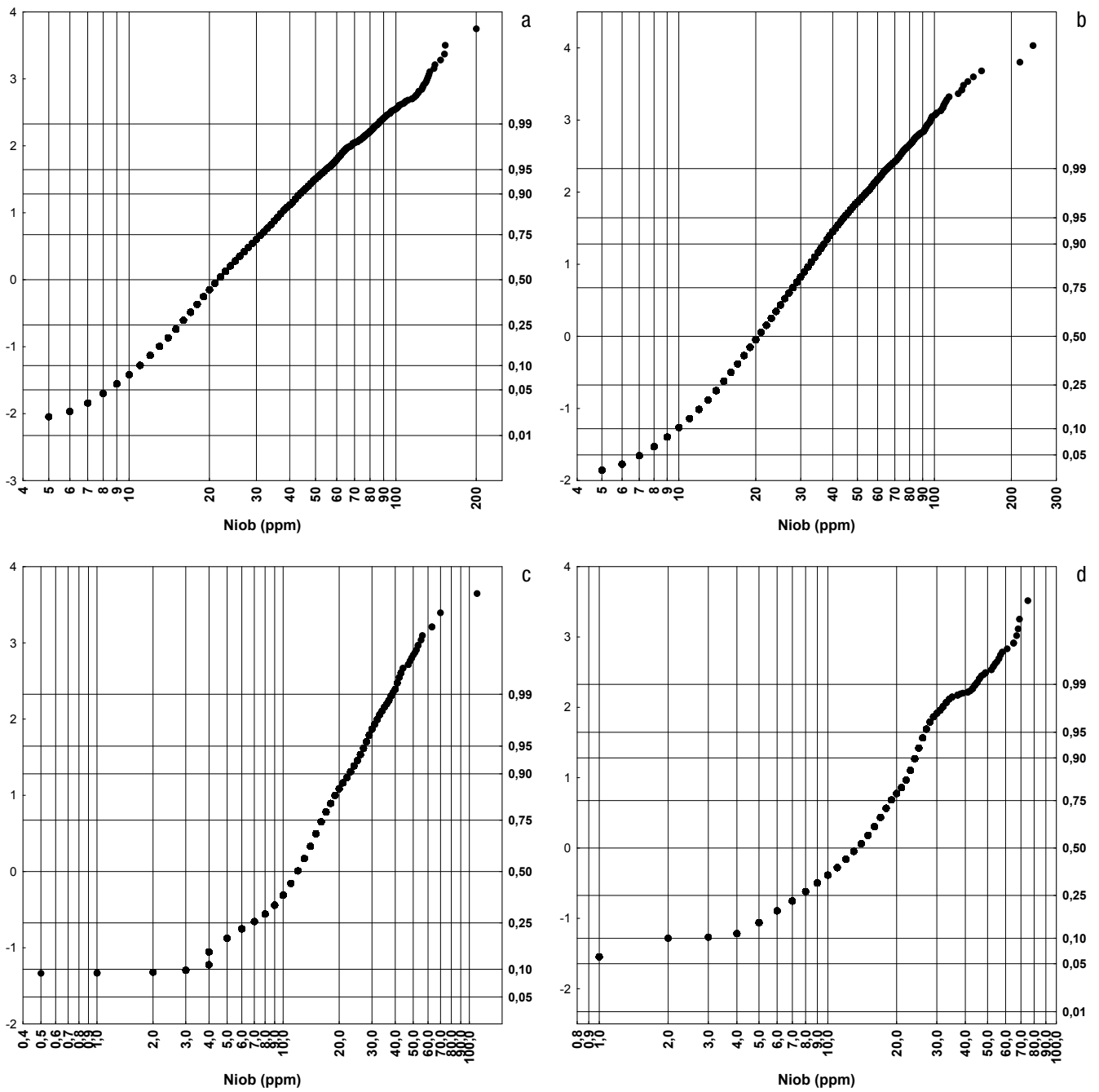


Abb. 98. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Niob in ppm; Böhmishe Masse (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

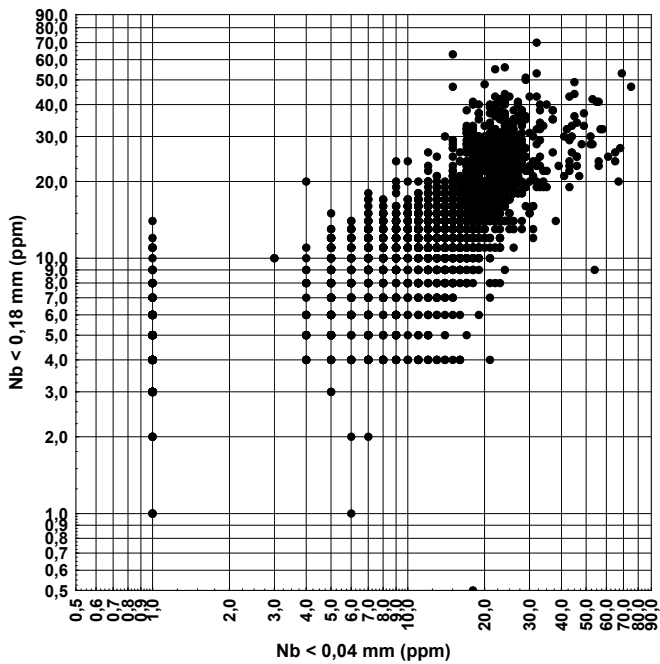


Abb. 99. Vergleich der Kornfraktionen <math>< 0,18 \text{ mm}</math> und <math>< 0,04 \text{ mm}</math> für Niob (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Wie bei Cer und Lanthan wird die räumliche Verteilung von Niob über die Schwermineralführung in den Bach- und Flusssedimenten kontrolliert. Träger von Niob sind dabei in der Hauptsache Rutil und Ilmenit. In der Gesamtübersicht dominieren die hohen Konzentrationen in den kristallinen Serien der Böhmisches Masse und der Zentralzone. Eine Reihe von Gesteinsserien in den ostalpinen Kristallineinheiten weisen höhere Grundgehalte bis etwa 45 ppm auf. In Karbonatgebieten liegen die Grundgehalte durchwegs bei <math>< 10 \text{ ppm}</math>. In Flysch, Molassezone und Neogenbecken hängen die durchschnittlichen Grundgehalte von den ehemaligen Liefergebieten ab.

Eine Darstellung der räumlichen Verteilung von Niob in der Kornfraktion <math>< 0,18 \text{ mm}</math> nach den Bundesländerprojekten erlaubt eine bessere Differenzierung auch der niedrigeren Konzentrationen (Abb. 100).

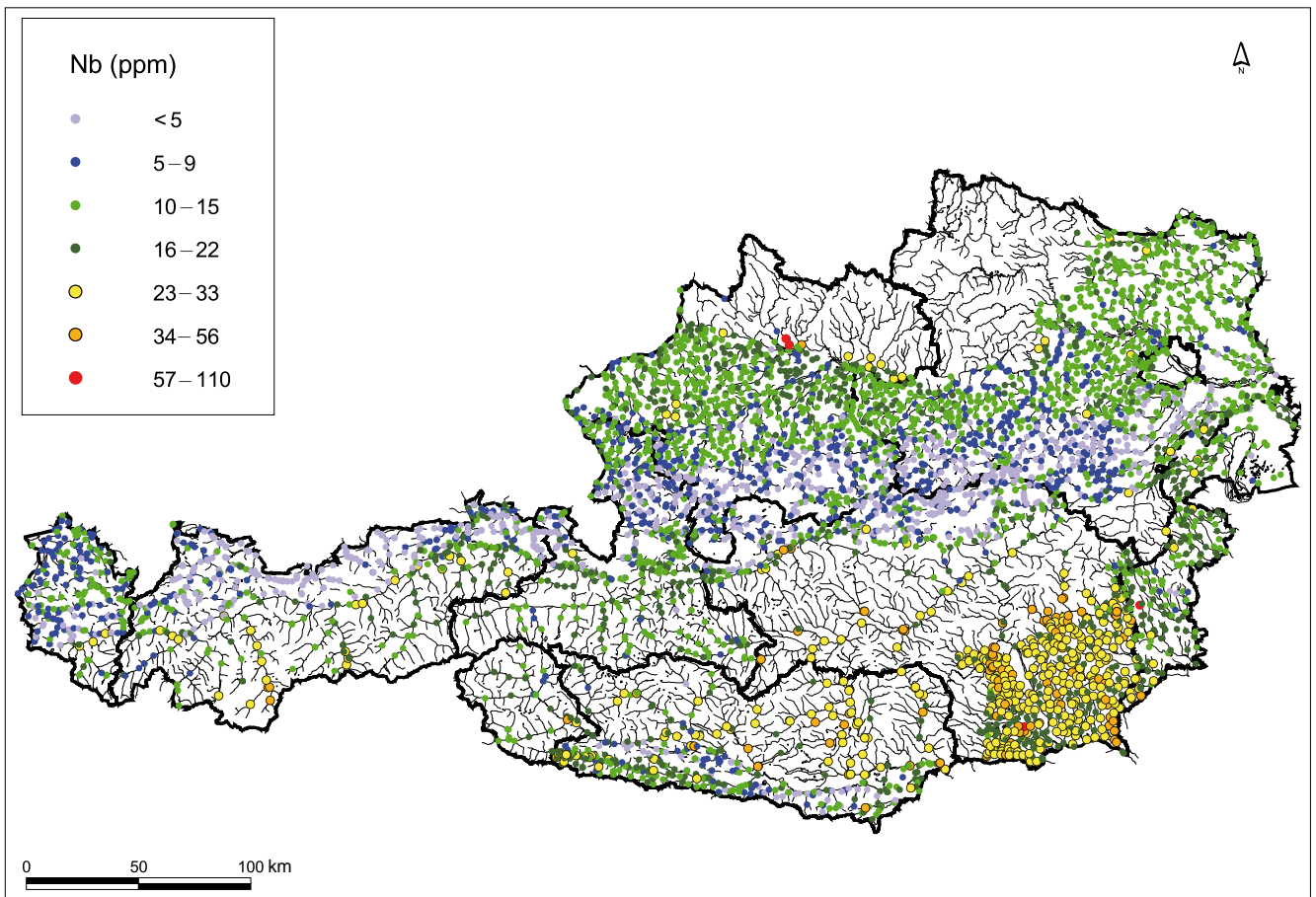


Abb. 100. Bach- und Flusssedimentgeochemie <math>< 0,18 \text{ mm}</math>, Bundesländerprojekte; Niobverteilung.

Ni – Nickel (Abb. 101–103)

Geogene Herkunft

Spurenelement der Eisengruppe mit siderophilen, chalkophilen und lithophilen Eigenschaften; in SiO₂-armen Magmen mit Magnesium, Eisen, Cobalt, Chrom und Vanadium assoziiert; Lithologisches Indikatorelement ähnlich Chrom.

Minerale Sulfide wie Pentlandit (Fe,Ni)₈S₉, Arsenide wie Nickelin NiAs, Sulfoarsenide wie Gersdorffit NiAsS, Antimonide und Sulfoantimonide, Garnierit (Nickelchrysotil); Spuren- bis Nebenelement in Fe-Mg-Silikaten wie Olivin, Pyroxene, Amphibol; in Pyrit, Glimmer.

Häufigkeit (Ni in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	34 ⁶
ultrabasische Gesteine	2.000 ³
basische Gesteine	150 ²
intermediäre Gesteine	55 ¹
granitische Gesteine	0,5 ²
Tonschiefer	50 ⁵
Sandsteine	2 ³
Karbonatgesteine	20 ³
Unterböden	22 ⁴

Wichtige Nickelminerale

Pentlandit (10–40 % Ni), Nickelin (44 %), Chloanthit (28 %), Garnierit (3–36 %), Millerit (56 %), Zarait (47 %), Gersdorffit (35 %), Breithauptit (33 %), Rammelsbergit (28 %), Ullmannit (28 %), Bravoit (ca. 20 %), Heazlewoodit (73,5 %), Schuchardit (bis 30 %), Annabergit (29,4 %).

Nickel als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm) ^{8, 9}

Aktinolith	100
Arsen (gediegen)	100
Arsenopyrit	bis 3.000
Augit	100
Chalkopyrit	bis 2.000
Chromit	bis 1.000
Cobaltin	bis 30.000
Diopsid	1.000
Enstatit	100
Erythrin	1.000
Galenit	bis 100
Klinochlor	1.000
Linneit	100
Löllingit	bis 5.000
Olivin	1.000
Pennin	1.000
Platin	100
Pyrit	bis 25.000
Pyroxene	100
Pyrrhotin	bis 74.000
Serpentin	bis 97.000
Skutterudit	bis 94.000
Sphalerit	bis 300
Thuringit	100

Technogene Herkunft

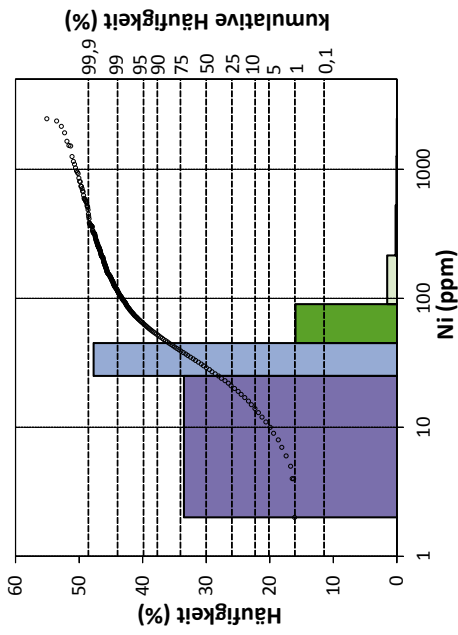
Verwendung in der Stahlerzeugung, verschiedenen Legierungen, bei der Oberflächenvergütung anderer Metalle, in Batterien, Pigmenten, als Katalysator; Umweltdispersion durch Cu-Ni-Verhüttung, Stäube und Schlacken aus der Stahlproduktion, Abfälle, Müllverbrennung, Klärschlamm, Dünger.

Verhalten in der Umwelt

Essenzielles Spurenelement für einige Organismen, besitzt aber eine relativ starke phytotoxische Wirkung; Zweiwertiges Nickel nur mäßig toxisch, andere Verbindungen hochtoxisch. Nickel kann Allergien auslösen. Unter sauren Bedingungen (pH-Wert < 6,5) ist Nickel mobil. Unter neutralen bis basischen Bedingungen immobil. Im oxidierenden Milieu höhere Mobilität als im reduzierenden Milieu (Fällung als Sulfid); Sorption an Fe-Hydroxiden und Humusstoffen; in Bachsedimenten vorwiegend an die Feinfraktion gebunden.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs



Element: Nickel (Ni)
 Kornfraktion: < 0,18 mm
 Analysenanzahl: 34.304

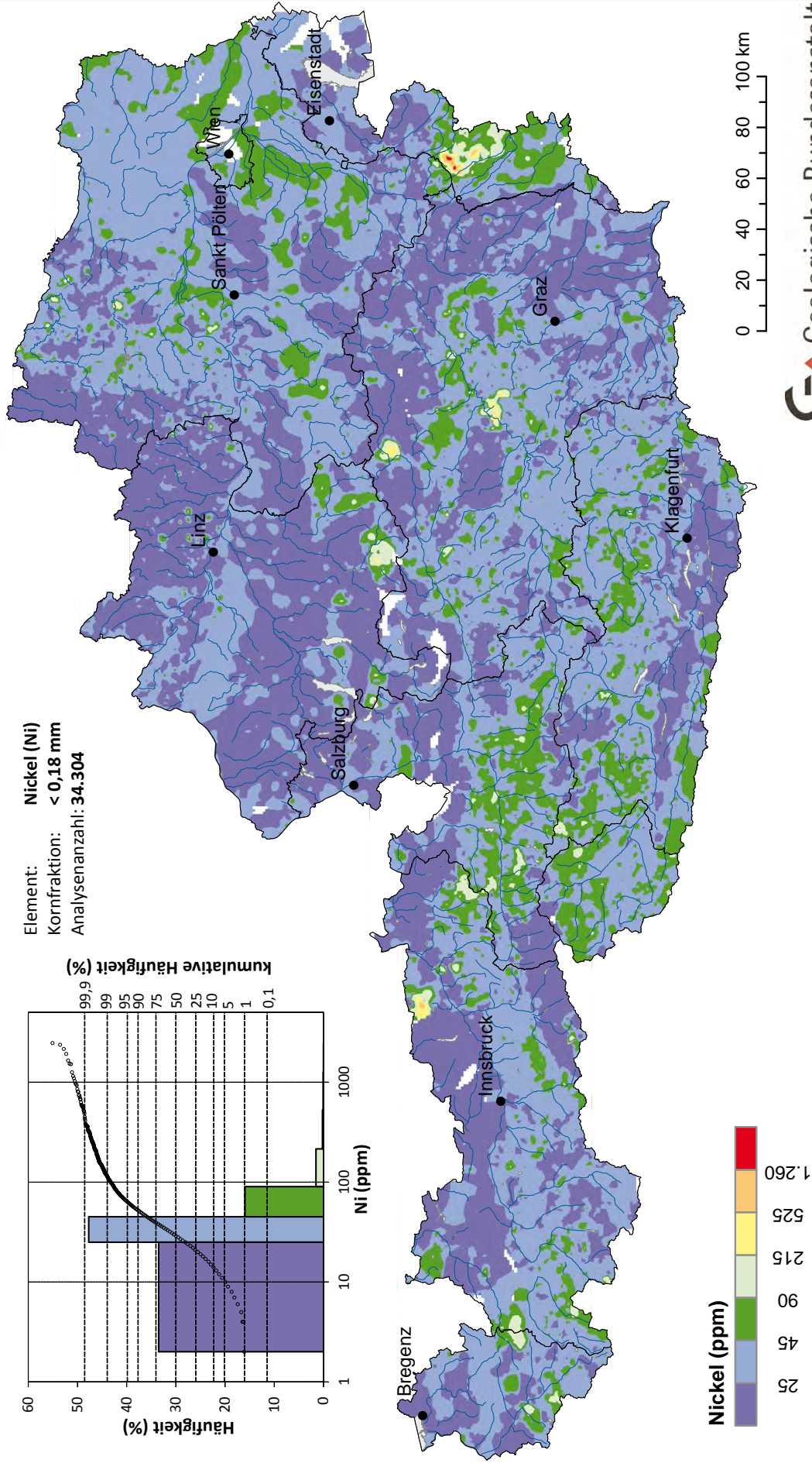


Abb. 101. Nickelverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

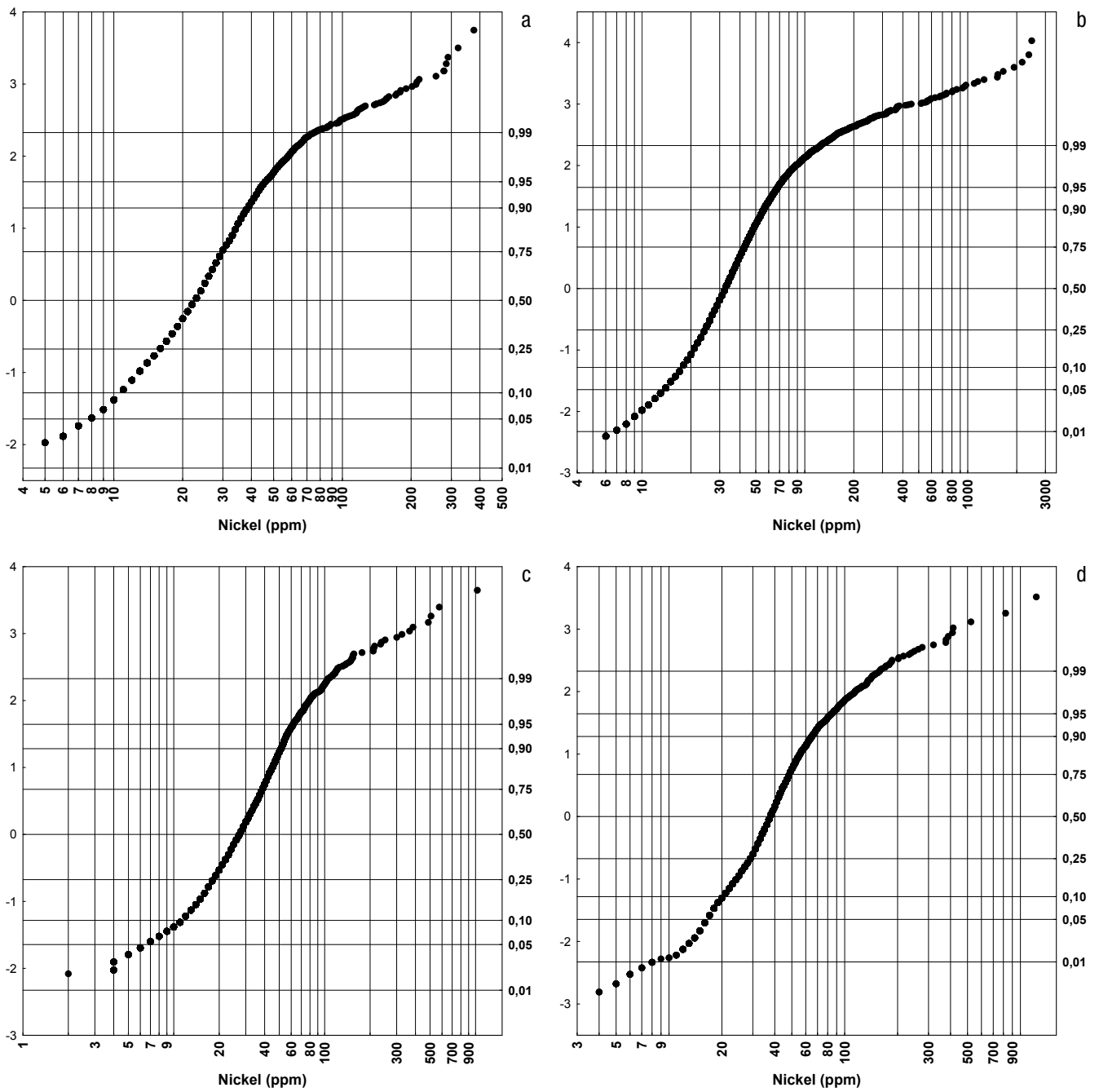


Abb. 102. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Nickel in ppm; Böhmische Masse (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

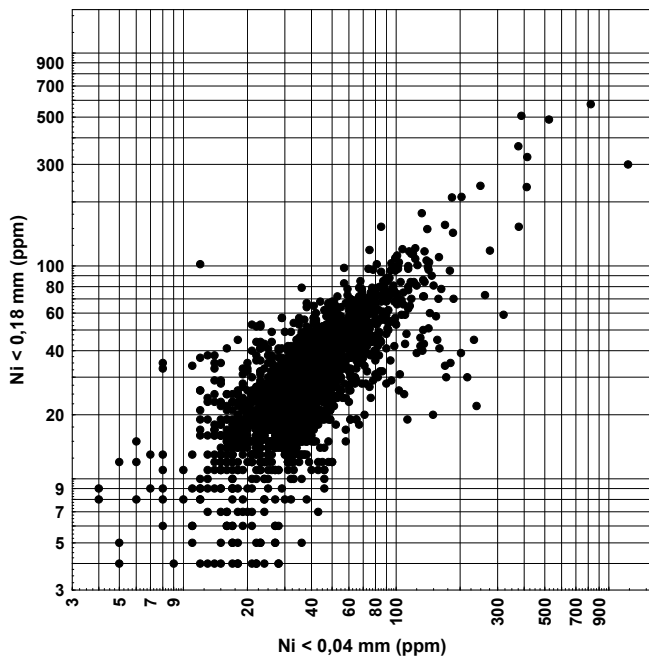


Abb. 103.
Vergleich der Kornfraktionen $< 0,18 \text{ mm}$ und $< 0,04 \text{ mm}$ für Nickel (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Die räumliche Verteilung von Nickel in den Bach- und Flusssedimenten ist direkt vergleichbar mit der von Chrom und korreliert eng mit der Verbreitung von basischen und ultrabasischen Gesteinsserien. Besonders deutlich wird das an den eher kleinräumigen Vorkommen von Serpentiniten, die durch sehr hohe Ni-Konzentrationen markiert werden, wie beispielsweise in Rechnitz/Burgenland, Preg-Kraubath, westlich Trieben oder nördlich Heiligenblut. Basische Gesteinsserien wirken sich durch größer-

flächige, relativ einheitliche Ni-Konzentrationsverteilungen zwischen ca. 50 und 200 ppm aus.

Auffällig sind lokale Bereiche mit sehr hohen Ni-Konzentrationen ($>$ bis $\gg 250 \text{ ppm}$) in den Nördlichen Kalkalpen. Diese kleinräumigen „Anomalien“ sind mit Vorkommen von Kreidesedimenten (Gosau-Formation) verknüpft. Der entsprechende Nickelgehalt ist auf die Chromitführung in diesen Sedimentserien zurückzuführen. Wahrscheinlich erfolgt noch eine zusätzliche lokale Anreicherung durch die Transportprozesse in den Bächen.

P – Phosphor (Abb. 104–106)

Geogene Herkunft

Lithophiles Spurenelement mit starker Tendenz zur Bindung an akzessorische Minerale. Assoziiert mit Niob und Seltene Erden in Alkaligesteinen und deren Pegmatiten sowie in sedimentärer Form in Phosphoriten. Phosphor tritt in der Natur fast ausschließlich in Orthophosphaten wie Apatit $\text{Ca}_5(\text{PO}_4, \text{CO}_3)_3(\text{F}, \text{OH}, \text{Cl})$, Monazit $(\text{Ce}, \text{La}, \text{Nd}, \text{Th}, \text{Sm})(\text{PO}_4, \text{SiO}_4)$ und Xenotim YPO_4 auf; als Spuren- und Nebenelement in Amphibolen, Olivin, Pyroxenen, Glimmer und Feldspäten.

Häufigkeit (P in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	654 ⁶
ultrabasische Gesteine	220 ³
basische Gesteine	1.400 ²
intermediäre Gesteine	1.600 ¹
granitische Gesteine	700 ²
Tonschiefer	700 ⁵
Sandsteine	170 ³
Karbonatgesteine	400 ³
Unterböden	419 ⁴

Wichtige Phosphorminerale

Beryllonit (24 % P_2O_5), Amblygonit (21 %), Triphylit (20 %), Apatit (18 %), Xenotim (17 %), Triplit (14 %), Monazit (14 %), Pyromorphit (7 %), Torbernit (7 %), Autunit (7 %), Guano (wasserhaltige Ca-Phosphate mit ca. 30 % P_2O_5).

Phosphor als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Amphibole	100
Chrysokoll	bis 35.000
Feldspäte	10
Olivin	100
Plagioklase	10
Pyroxene	10
Thorit	10
Thuringit	bis 12.000

Technogene Herkunft

Verwendung in Düngemitteln, Waschmitteln, in der chemischen Industrie, Pestiziden, Zündstoffen, Halbleitern, als Legierungszusatz, ³²Phosphor als Radioindikator. Technogene Verbreitung in der Umwelt hauptsächlich durch Abwasser und Dünger-Anwendung in der Landwirtschaft.

Verhalten in der Umwelt

Essenzielles Bioelement, gemeinsam mit Natrium und Kalium wichtigster Pflanzennährstoff; löslicher Phosphor meist begrenzender Faktor der Gewässereutrophierung; toxische Wirkung nur bei sehr hohen Dosen. Phosphor gebunden in der Schwermineralfraktion kaum mobil; in anderen Verbindungen mäßige Mobilität, begrenzt durch die Wasserlöslichkeit der Phosphate; Fällung mit Kalzium, Blei u.a.; unter sauren Bedingungen stärkere Adsorption an Fe-Hydroxide. In den Sedimenten ist es meist an die Schwermineralfraktion oder an die organische Substanz gebunden.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs

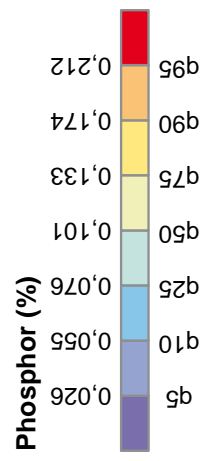
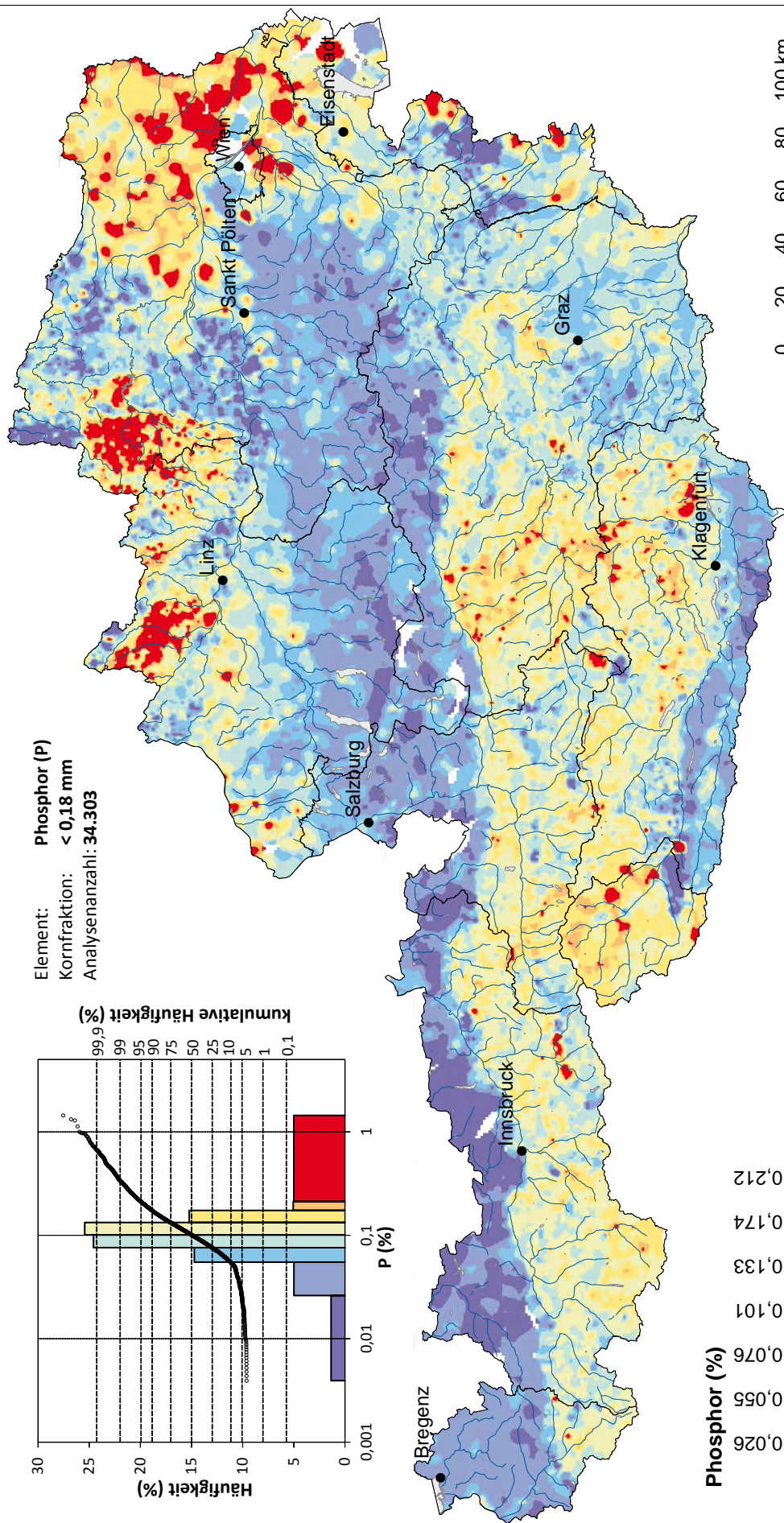
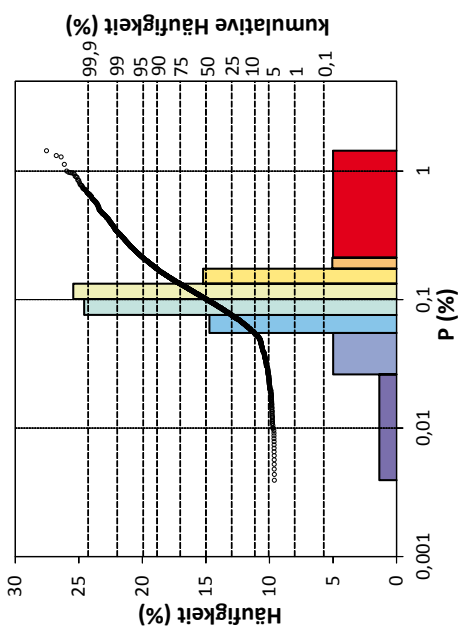


Abb. 104. Phosphorverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

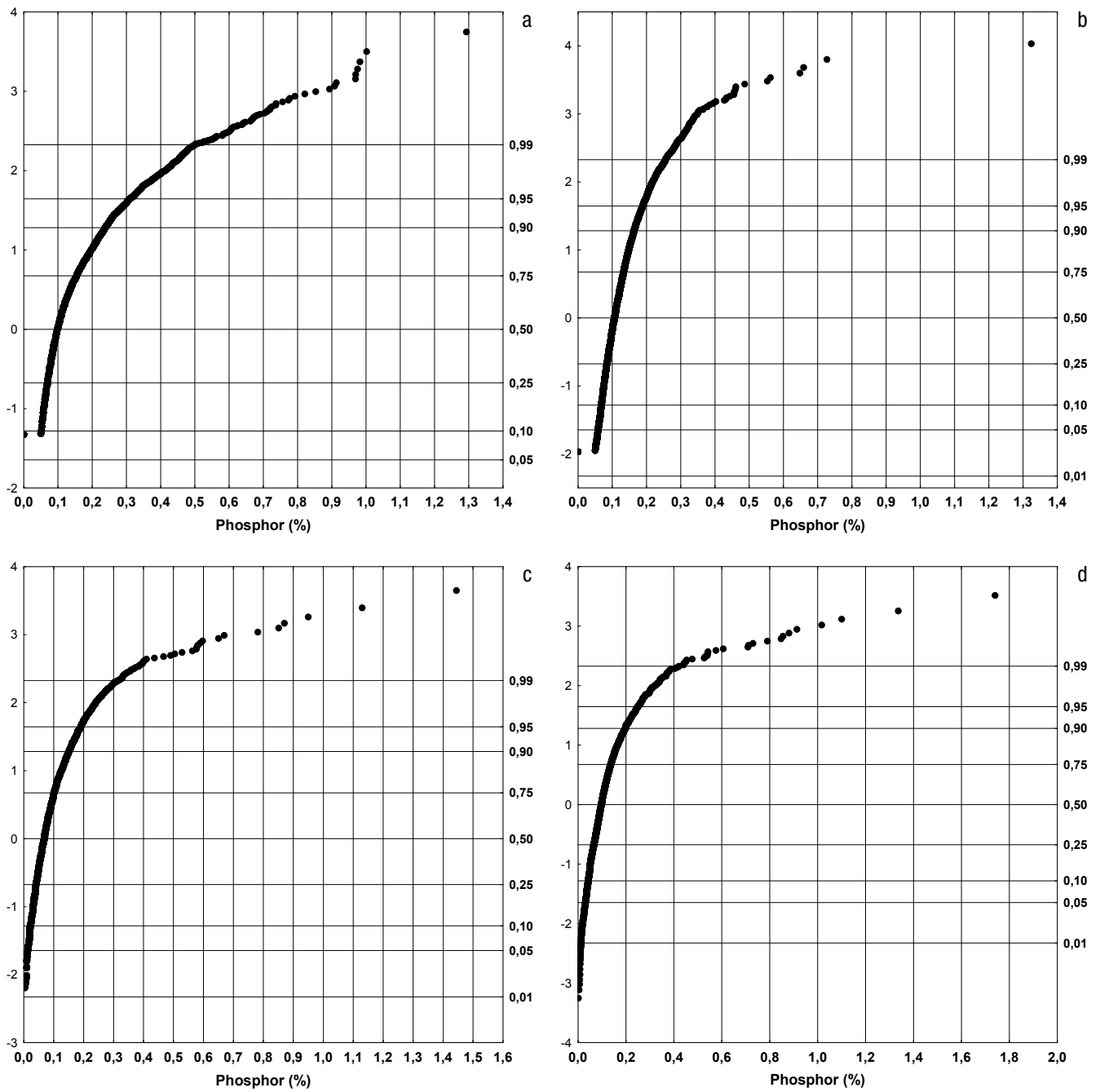


Abb. 105. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Phosphor in %; Böhmische Masse (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

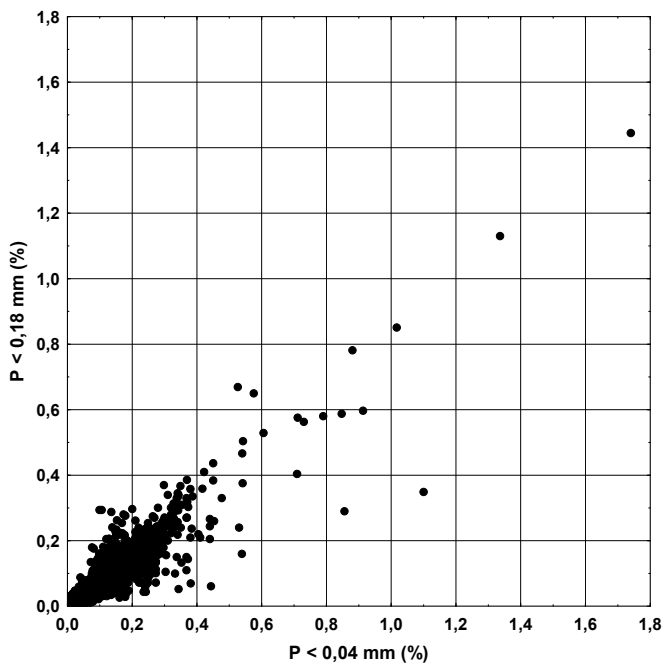


Abb. 106.
Vergleich der Kornfraktionen < 0,18 mm und < 0,04 mm für Phosphor (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Innerhalb der Kristallinserien ist die räumliche Verteilung von Phosphor in den Bach- und Flusssedimenten einerseits auf P-führende Schwerminerale wie Apatit, Monazit und Xenotim zurückzuführen, andererseits auf Phosphor als Spuren- und Nebenbestandteil in gesteinsbildenden Mineralen wie Amphibolen, Pyroxenen, Glimmer und Feldspäten. Auf Grund der spezifischen Verwitterungsbedingungen und Transportprozesse in der Böhmisches Masse

kommt es zu starker kleinregionaler Anreicherung in der Böhmisches Masse. Innerhalb der ostalpinen Kristallineinheiten und des Subpennikums wäre eine weitere Differenzierung mit Hilfe von gesteinsgeochemischen Daten notwendig.

Höhere P-Konzentrationen in den Intensivlandwirtschaftsgebieten (z.B. Weinviertel, Marchfeld, südliches Wiener Becken) lassen darauf schließen, dass sich auch der P-Eintrag aus der Düngung auf die Konzentrationen in den Bachsedimenten auswirkt.

Pb – Blei (Abb. 107–109)

Geogene Herkunft

Oxichalkophiles Spurenelement; in den gesteinsbildenden Alumosilikaten durch das Hauptelement Kalium abgefangen oder durch Kalzium getarnt. In Lagerstätten assoziiert mit Zink, Eisen, Kupfer, Silber, Antimon und Arsen.

Blei bildet eine Reihe wirtschaftlich bedeutender Minerale, wie Galenit (Bleiglanz) PbS , Bleisulfosalze und Cerussit $PbCO_3$; Spurenelement in Kalifeldspäten, Plagioklas, Glimmer, Zirkon und Magnetit.

Häufigkeit (Pb in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	17 ⁶
ultrabasische Gesteine	1,0 ³
basische Gesteine	5 ²
intermediäre Gesteine	15 ¹
granitische Gesteine	20 ²
Tonschiefer	20 ⁵
Sandsteine	7 ³
Karbonatgesteine	9 ³
Unterböden	17 ⁴

Wichtige Bleiminerale

Galenit (86 % Pb), Cerussit (77 %), Anglesit (68 %), Pyromorphit (76 %), Vanadinit (73 %), Clausthalit (72 %), Mimetit (70 %), Krokoid (64 %), Wulfenit (56 %), Boulangerit (55 %).

Blei als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Ankerit	10
Apatit	X00
Aragonit	10
Baryt	bis 165.000 (PbO)
Biotit	10
Bismuthinit	1.000
Borax	100
Carnotit	1.000
Cassiterit	100
Castaingit	bis 25.000
Dolomit	10
Feldspäte	10
Gips	10
Gold	1.000
Hedenbergit	100
Kalifeldspäte	Ø 66
Magnetit	100
Miargyrit	20.000–40.000
Platinminerale	bis 60
Pyrit	bis 5.000
Skutterudit	100
Sphalerit	1.000
Strontianit	100
Thorit	bis 15.000
Zirkon	bis 15.000

Technogene Herkunft

Verwendung in vielen Legierungen, in Akkumulatoren, Isoliermaterial, zur Auskleidung von korrosionsfesten Behältern, Bauindustrie (Bedachung, Isolation und Schalldämmung), Isolierglas, Verpackungsindustrie, Pigmenten, Munition, Rohren, Strahlenschutz, Farbenindustrie, in Pestiziden und früher als Antiklopfmittel in Treibstoffen.

Starke Umweltdispersion; Verbreitung durch Bergbau und Metallverhüttung, Verkehr, Klärschlamm, Müllverbrennung, Wasserversorgung (Bleirohre) und Batterien.

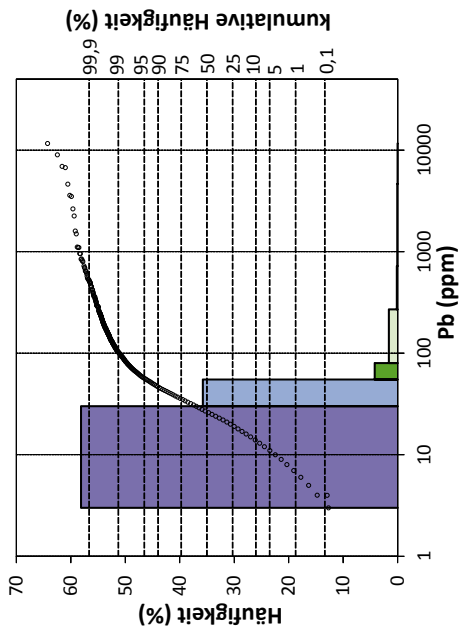
Verhalten in der Umwelt

Kein essenzielles Element für Organismen. Stark toxisch (vor allem für Tiere), reichert sich über das Atmungssystem (Absorption durch die Lunge) und die Nahrungsaufnahme (Absorption über den Magen-Darm-Trakt) in Leber, Nieren, Blut, Knochen und Zähnen an.

Unter oxidierenden Bedingungen etwas mobiler als unter reduzierenden Bedingungen (Fällung als Sulfid). Beginnende Mobilisierung bei pH-Werten < 5. Sorption vor allem an organische Substanz, Fe- und Mn-Hydroxiden und Tonminerale.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs



Element: **Blei (Pb)**
 Kornfraktion: **< 0,18 mm**
 Analysenanzahl: **34.217**

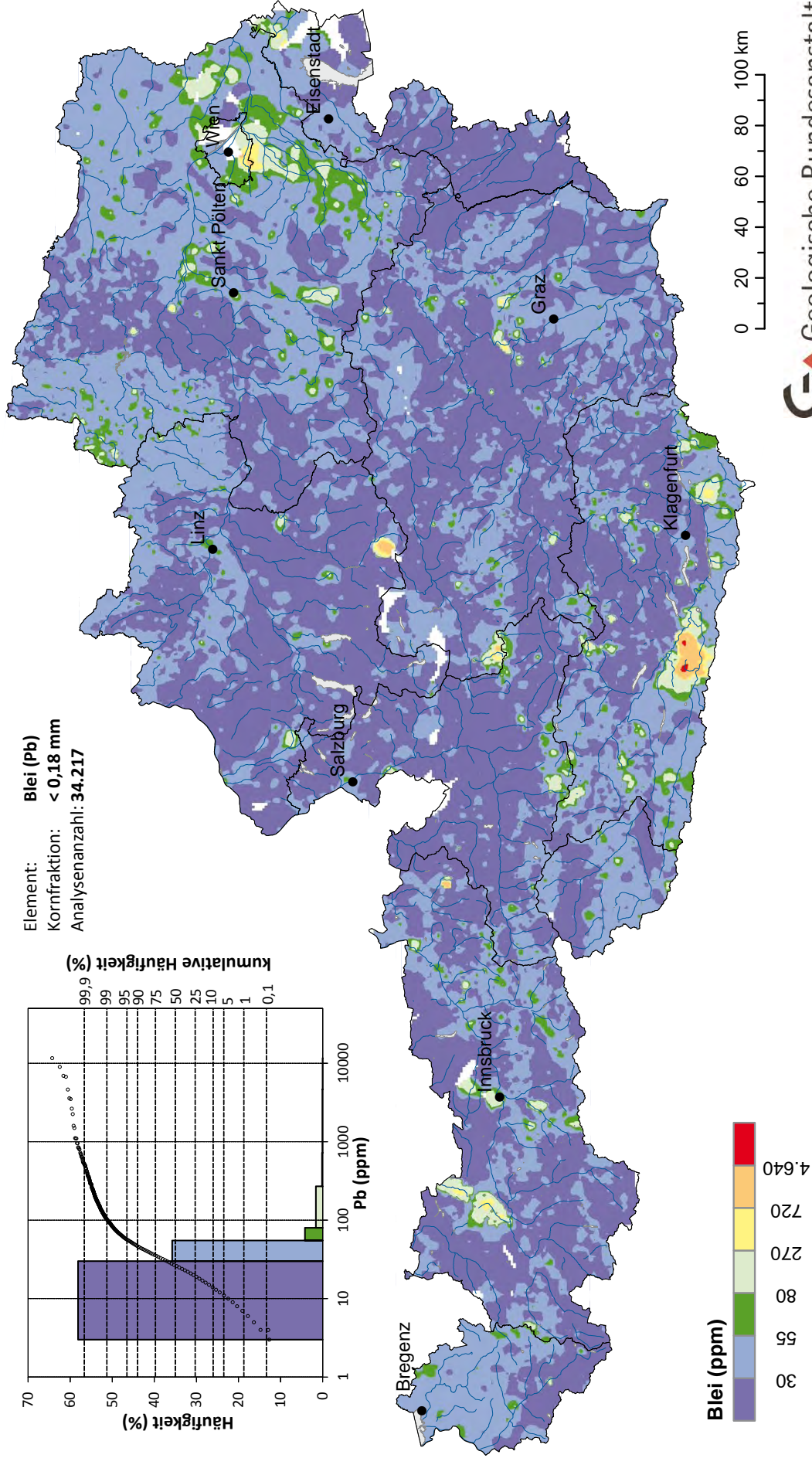


Abb. 107. Bleiverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

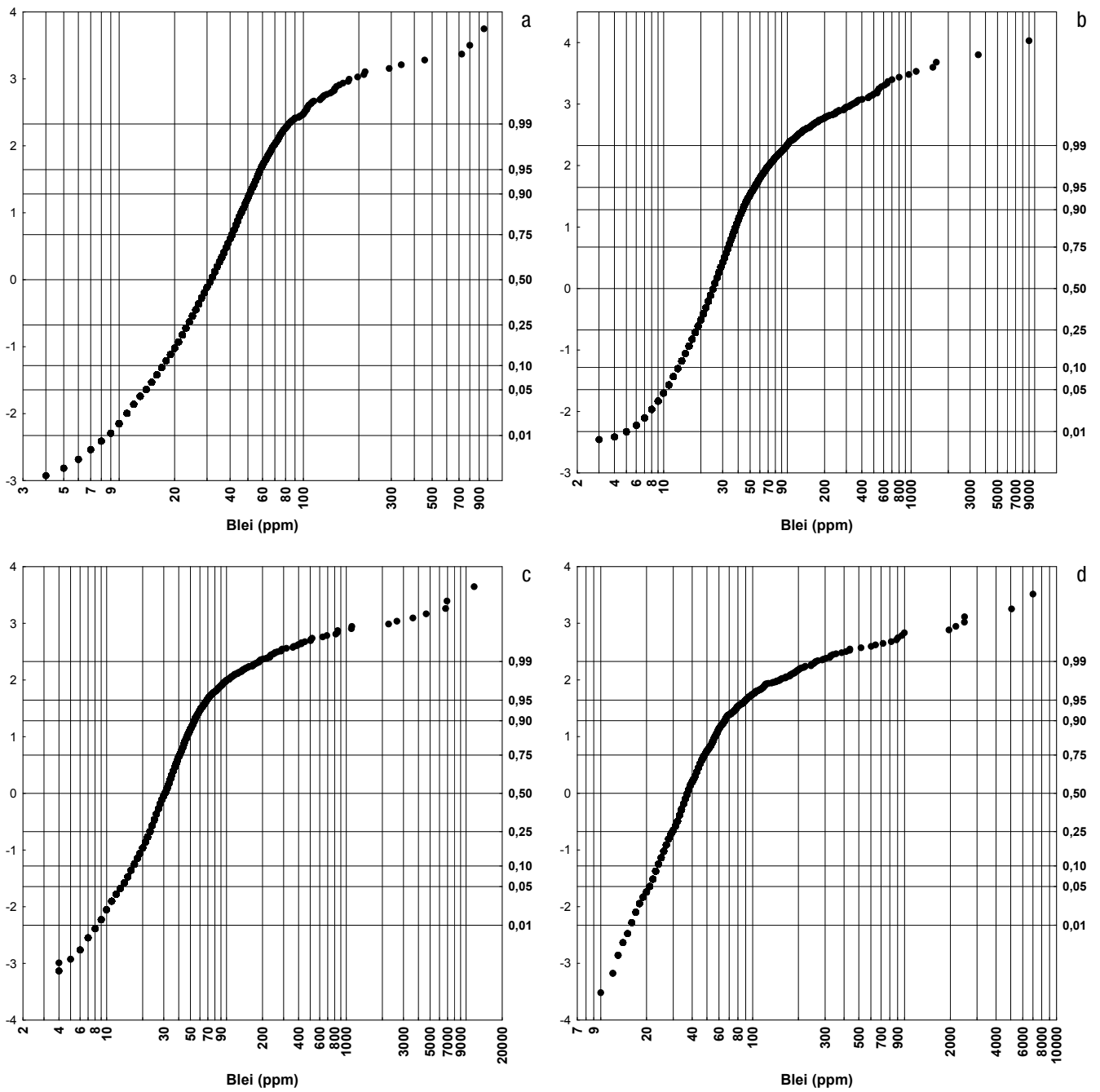


Abb. 108. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Blei in ppm; Böhmisches Masse (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

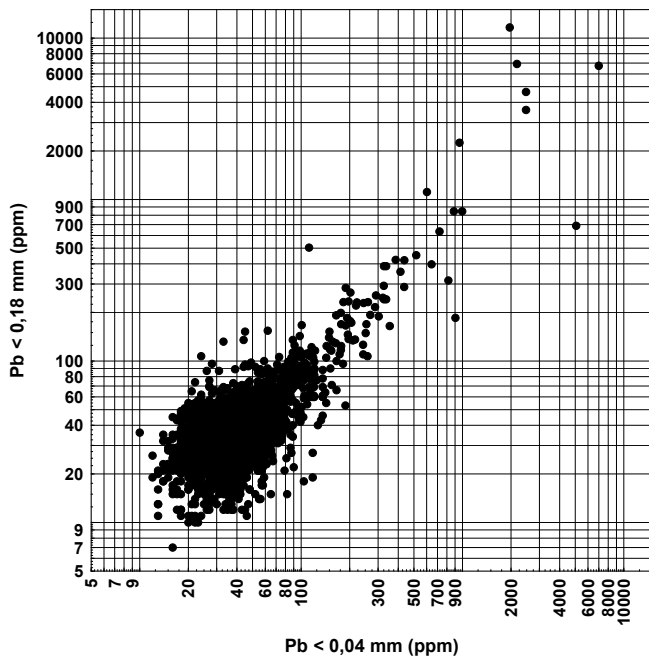


Abb. 109.
Vergleich der Kornfraktionen $< 0,18 \text{ mm}$ und $< 0,04 \text{ mm}$ für Blei (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Geogen gibt es zwei Hauptquellen für die Pb-Verteilungen in Bach- und Flusssedimenten:

- Blei als Spuren- und Nebenbestandteil im Gitter von Feldspäten.
- Polysulfid- und spezifische Pb-Zn-Vererzungen wie z.B. Pb-Zn-Vererzungen im Grazer Paläozoikum, die Pb-Zn-Vererzungen im Drauzug und den Karawanken,

die Pb-Zn-Vererzungen in den westlichen Tiroler Kalkalpen, die Polysulfidvererzungen Walchen, Schladminger Tauern, in der Kreuzeckgruppe und den Kitzbüheler Alpen.

- Galenit-Mineralisationen in alpinen Klüften, in der Sonnblickgruppe.

Eindeutig anthropogen-technogene Belastungen werden z.B. im südlichen Wiener Becken nachgewiesen.

Rb – Rubidium (Abb. 110–113)

Geogene Herkunft

Lithophiles Spurenelement getarnt durch Kalium, wie auch durch Caesium und Thallium. Eigene Mineralbildungen fehlen. Ersetzt Kalium in K-haltigen Silikaten (wesentlich vor allem in Kalifeldspäten sowie in Glimmern). Es besteht ein sehr enges Konzentrationsverhältnis zwischen Kalium und Rubidium (K/Rb-Verhältnis meist zwischen 150 und 250, wobei für Karbonatgesteine das Konzentrationsverhältnis meist niedriger liegt als für kristalline Gesteine).

Häufigkeit (Rb in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	94 ⁶
ultrabasische Gesteine	0,2 ³
basische Gesteine	30 ²
intermediäre Gesteine	100 ¹
granitische Gesteine	150 ²
Tonschiefer	140 ⁵
Sandsteine	60 ³
Karbonatgesteine	3 ³
Unterböden	82 ⁴

Wichtige Rubidiumminerale

Pollucit (bis 2 % Rb), Kalifeldspäte (Ø 0,05 %), Beryll (bis 6,4 %), Lepidolith (1,19–3,46 %), Carnallit (0,015–0,037 %).

Rubidium als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Amphibole	1.000
Biotit	100
Feldspäte	100
Kainit	10
Muskovit	100
Phlogopit	100
Plagioklase	100
Pyroxene	10
Sylvin	100
Zinnwaldit	10

Technogene Herkunft

Verwendung für Speziallegierungen, elektronische Produkte, Halbleitertechnik, zur Lichtsteigerung in Glühlampen, in Elektronenröhren und zur Infrarotspektroskopie, in Pharmazeutika und Glas; eher geringer Einsatz für technische Produkte. Technogener Eintrag in der Umwelt ist unwesentlich (teilweise Glasindustrie).

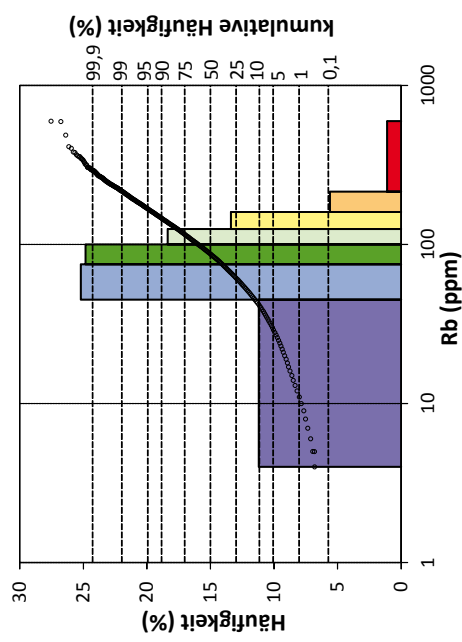
Verhalten in der Umwelt

Nicht essenzielles Element. Nicht bis mäßig toxisch (für niedrigere Pflanzen in Abwesenheit von Kalium).

Geringe Mobilität unter allen Redox- und pH-Bedingungen. Etwas weniger mobil als Kalium. Starke Sorption an Tonminerale. Bei Verwitterung verringert sich das K/Rb-Verhältnis.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs



Element: **Rubidium (Rb)**
 Kornfraktion: **< 0,18 mm**
 Analysenanzahl: **34.039**

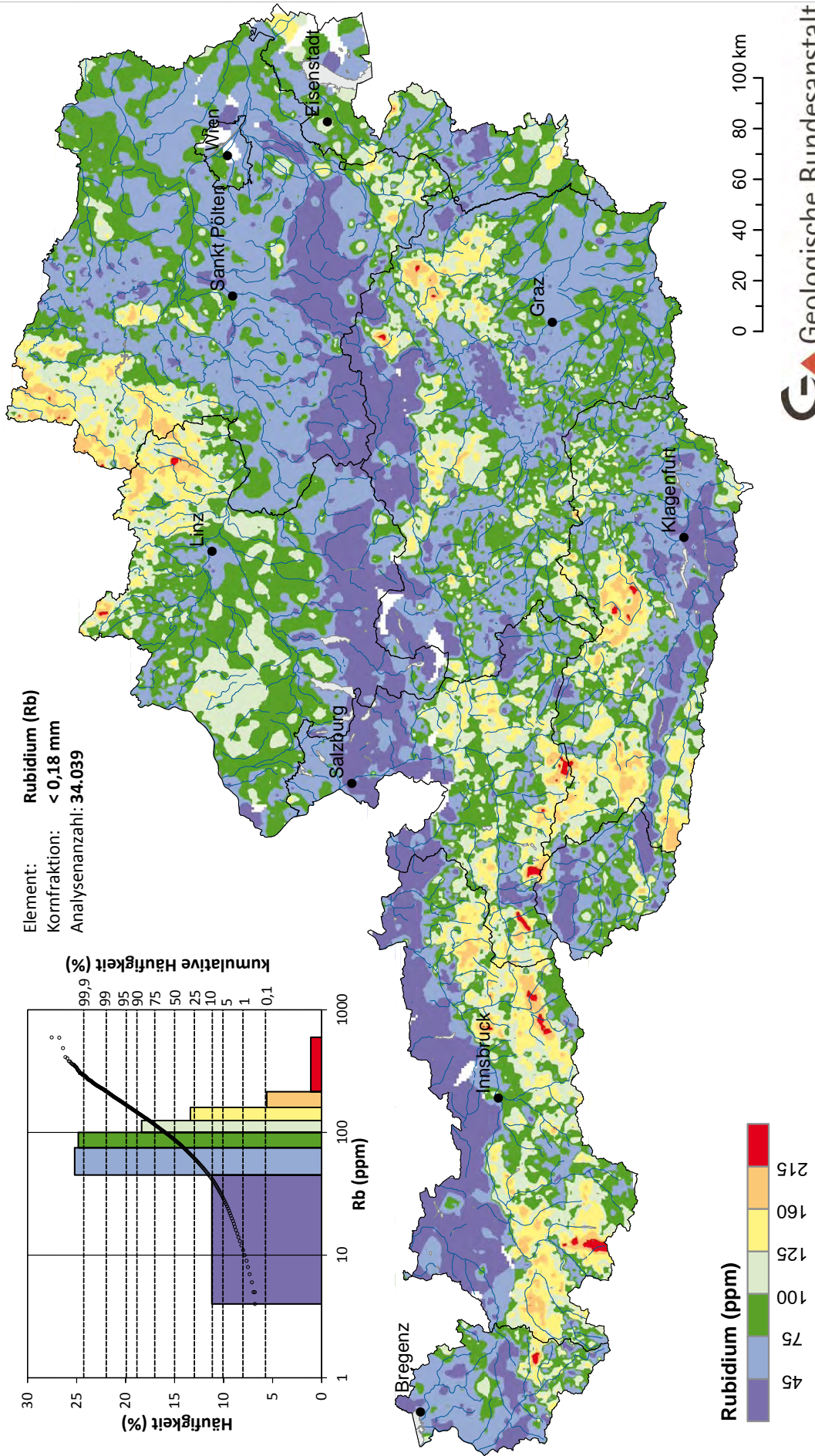


Abb. 110.
 Rubidiumverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

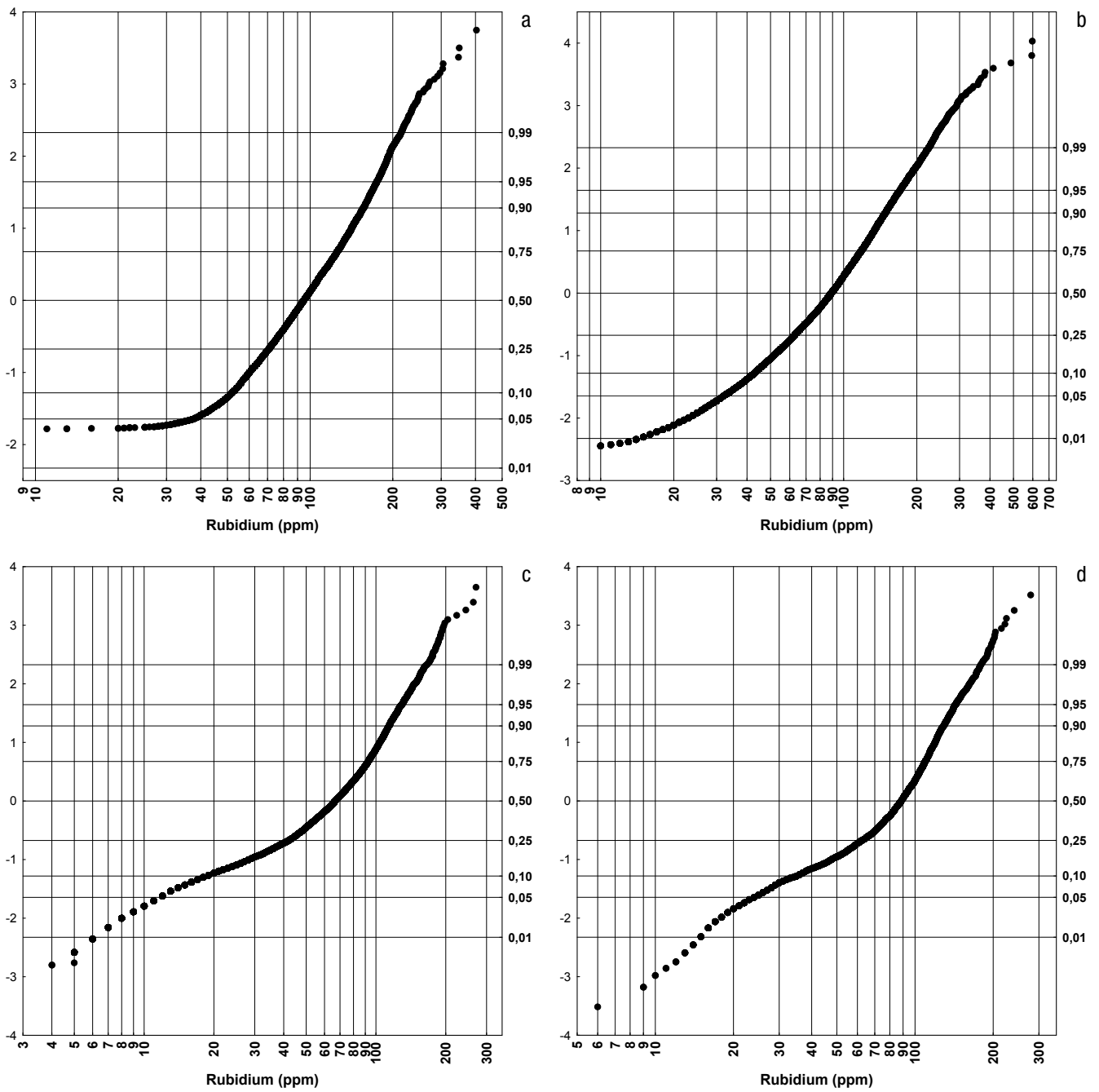


Abb. 111. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Rubidium in ppm; Böhmishe Masse (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

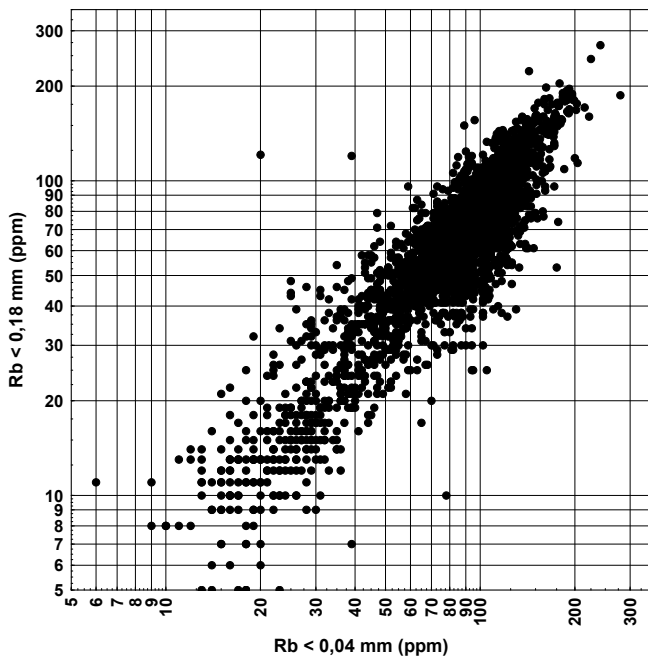


Abb. 112. Vergleich der Kornfraktionen <math>< 0,18 \text{ mm}</math> und <math>< 0,04 \text{ mm}</math> für Rubidium (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Das Element Rubidium korreliert mineralogisch-geochemisch mit dem Element Kalium, insbesondere in Feldspäten und Glimmern (Abb. 113). Die räumliche Verteilung hoher Konzentrationen von Rubidium ähnelt daher der von Kalium dort sehr stark, wo die K-Konzentrationen eher mit der Feldspatführung und weniger mit den Glimmergehalten verknüpft sind.

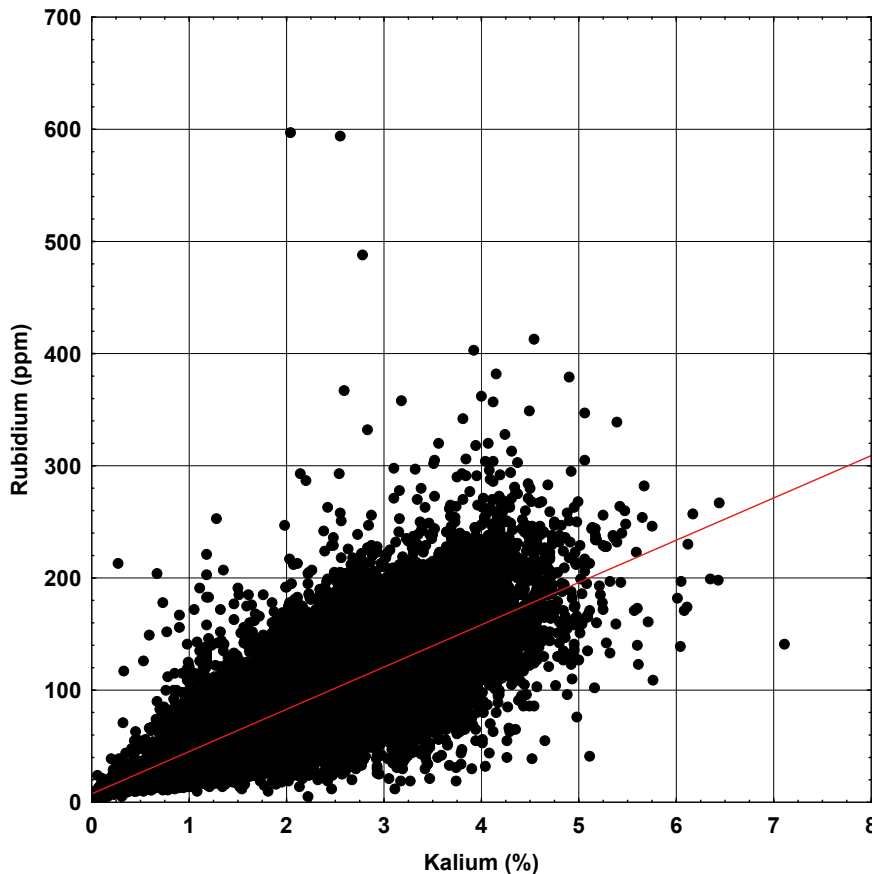


Abb. 113. Bachsedimentgeochemie / Gesamtdatensatz Kornfraktion <math>< 0,18 \text{ mm}</math>; Korrelation zwischen Kalium und Rubidium.

S – Schwefel (Abb. 114–117)

Geogene Herkunft

Schwefel kommt geogen selten in freier ungebundener Form als elementarer Schwefel, überwiegend aber in gebundener Form in verschiedenen Sulfiden und Sulfaten vor. In saurem Erdgas tritt Schwefel des Weiteren als H_2S auf. In magmatischen Gesteinen dominieren Sulfide von Eisen, Kupfer und Nickel. Im Laufe der Verwitterung werden die Sulfide zu Sulfaten oxidiert, so dass in Sedimenten unter aeroben Verhältnissen der anorganisch gebundene Schwefel fast nur in Form von Sulfaten vorliegt.

Minerale Sulfide wie Pyrit FeS_2 , Galenit PbS , Sphalerit ZnS , Fahlerze u.a.; Sulfate wie Gips $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, Anhydrit $CaSO_4$ u.a. Als Spurenelement in Biotit, Hornblende.

Häufigkeit (S in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	621 ⁶
ultrabasische Gesteine	300 ³
basische Gesteine	250 ²
intermediäre Gesteine	200 ¹
granitische Gesteine	270 ²
Tonschiefer	2.400 ⁵
Sandsteine	240 ³
Karbonatgesteine	1.200 ³
Unterböden	105 ⁴

Wichtige Schwefelminerale

Schwefel (gediegen), Pyrit (54 % S), Markasit (54 %), Braivoit (54 %), Linneit (42 %), Molybdänit (40 %), Auripigment (39 %), Albandin (37 %), Pyrrhotin (37 %), Chalkopyrit (35 %), Covellin (34 %), Pentlandit (33 %), Enargit (33 %), Sphalerit (33 %), Realgar (30 %), Bornit (26 %), Anhydrit (24 %).

Schwefel als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm) ^{8,9}

Aegirin	100
Aktinolith	100
Amphibole	10
Biotit	100
Chamosit	bis 17.000 SO_3
Chloanthit	100
Dolomit	10
Löllingit	bis 60.000
Nickelin	bis 50.000
Pyroxene	10
Rammelsbergit	bis 24.000
Skutterudit	bis 17.000
Smaltin	bis 14.000
Sodalith	bis 110.000

Technogene Herkunft

Verwendung in der chemischen Industrie, Gummierzeugung, Viskose- und Zelluloseindustrie, Zündhölzern, Fungiziden, pharmazeutischen Produkten, Farbstoffen, für Schießpulver und Bleichmittel. Technologischer Eintrag in die Umwelt vor allem über Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger (Hausbrand, Kraftwerke, Zementwerke, Verkehr), des Bergbaus, der Metallverhüttung und der aus Papier- und Textilfabriken.

Verhalten in der Umwelt

Essenzielles Bioelement für alle Organismen. Viele Schwefelverbindungen sind in höheren Konzentrationen toxisch (z.B. H_2S).

Schwefel weist je nach vorliegender Verbindung unterschiedliche Mobilität auf; unter reduzierenden Bedingungen niedrige Mobilität (Sulfidfällung), unter oxidierenden Bedingungen hohe Mobilität.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs

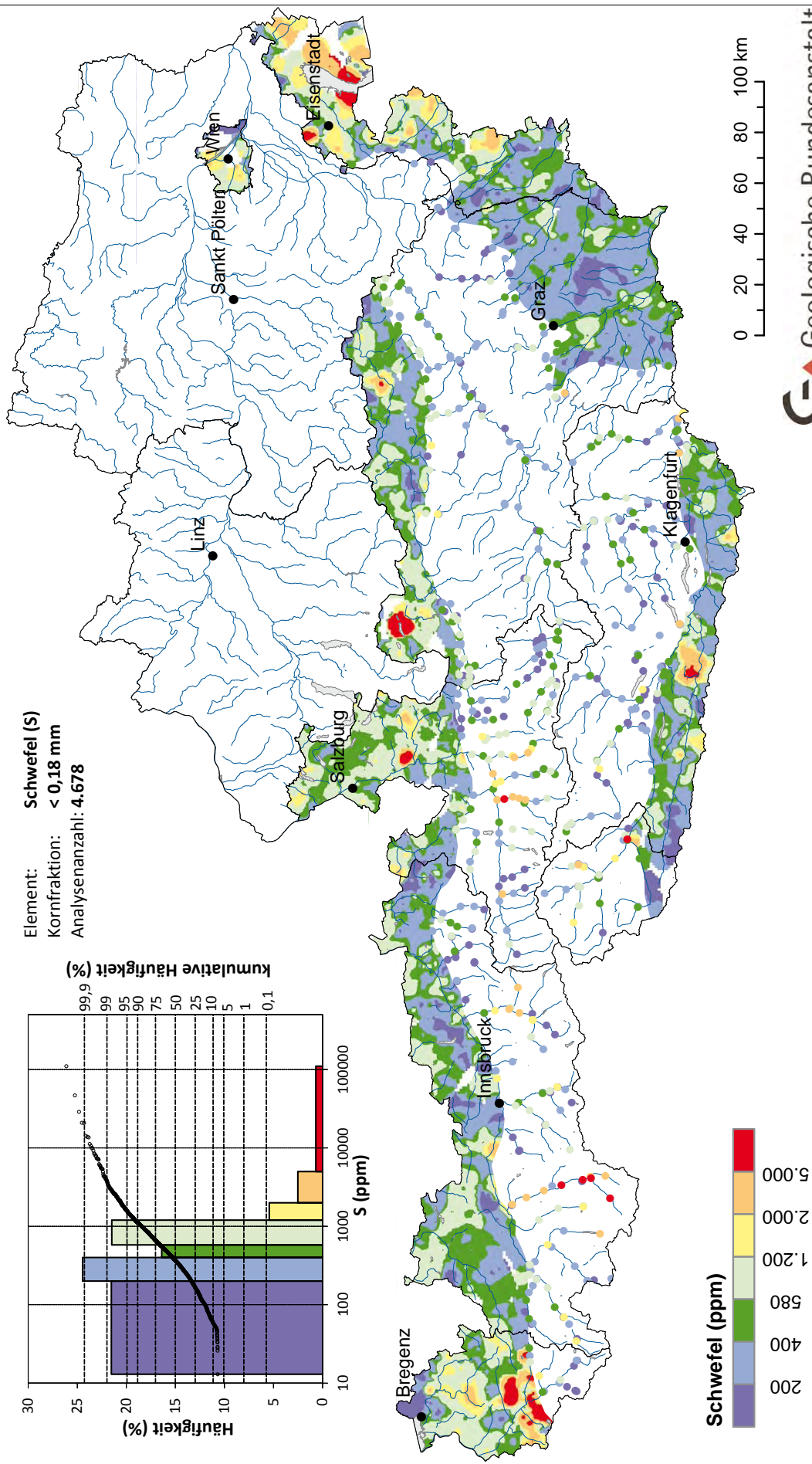
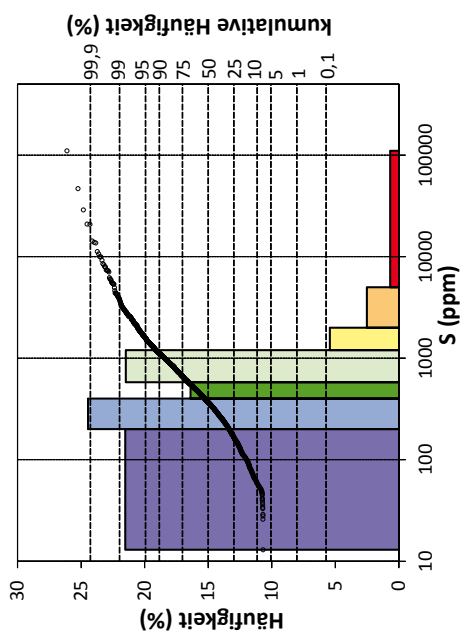


Abb. 114. Schwefelverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

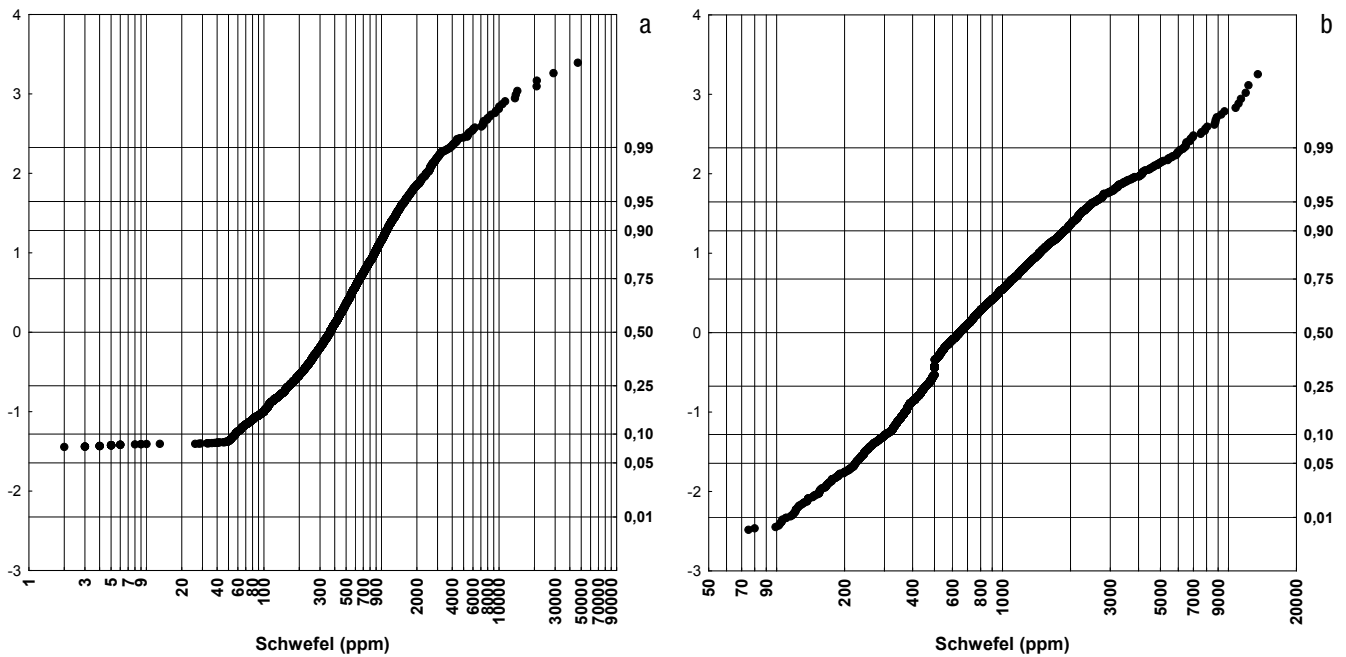


Abb. 115. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Schwefel in %; Bundesländerprojekte < 0,18 mm (a) bzw. < 0,04 mm (b).

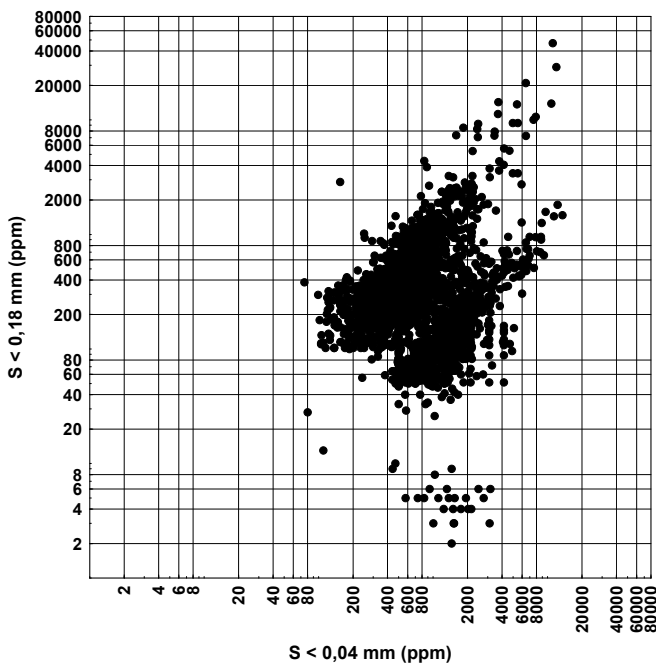


Abb. 116. Vergleich der Kornfraktionen < 0,18 mm und < 0,04 mm für Schwefel (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Das Element Schwefel wurde mit den Bundesländerprojekten in die Analytikliste aufgenommen; die Kornfraktion < 0,18 mm wurde auch für alle Bundesländer analysiert. Übersichtskontrollen über alle Bundesländer haben aber ergeben, dass sich die entsprechenden Ergebnisse für Niederösterreich nicht zur Dokumentation eignen. Dafür werden ausschnittsweise die Analyseergebnisse der Fraktion < 0,04 mm dargestellt (Abb. 117).

Für hohe und sehr hohe Konzentrationen (> bis >> 1.000 ppm) gibt es geogen zwei Hauptquellen:

- Sulfide in Zusammenhang mit polysulfidischen Vererzungen oder feinverteilten Pyritgehalten.
- Sulfate in Zusammenhang mit Gips-/Anhydrit-Körpern in kalkalpinen Serien.

Die zahlreichen Probepunkte mit höheren S-Konzentrationen in Bächen des Burgenlandes und des nördlichen Vorarlbergs könnten auch auf anthropogene Einträge hinweisen.

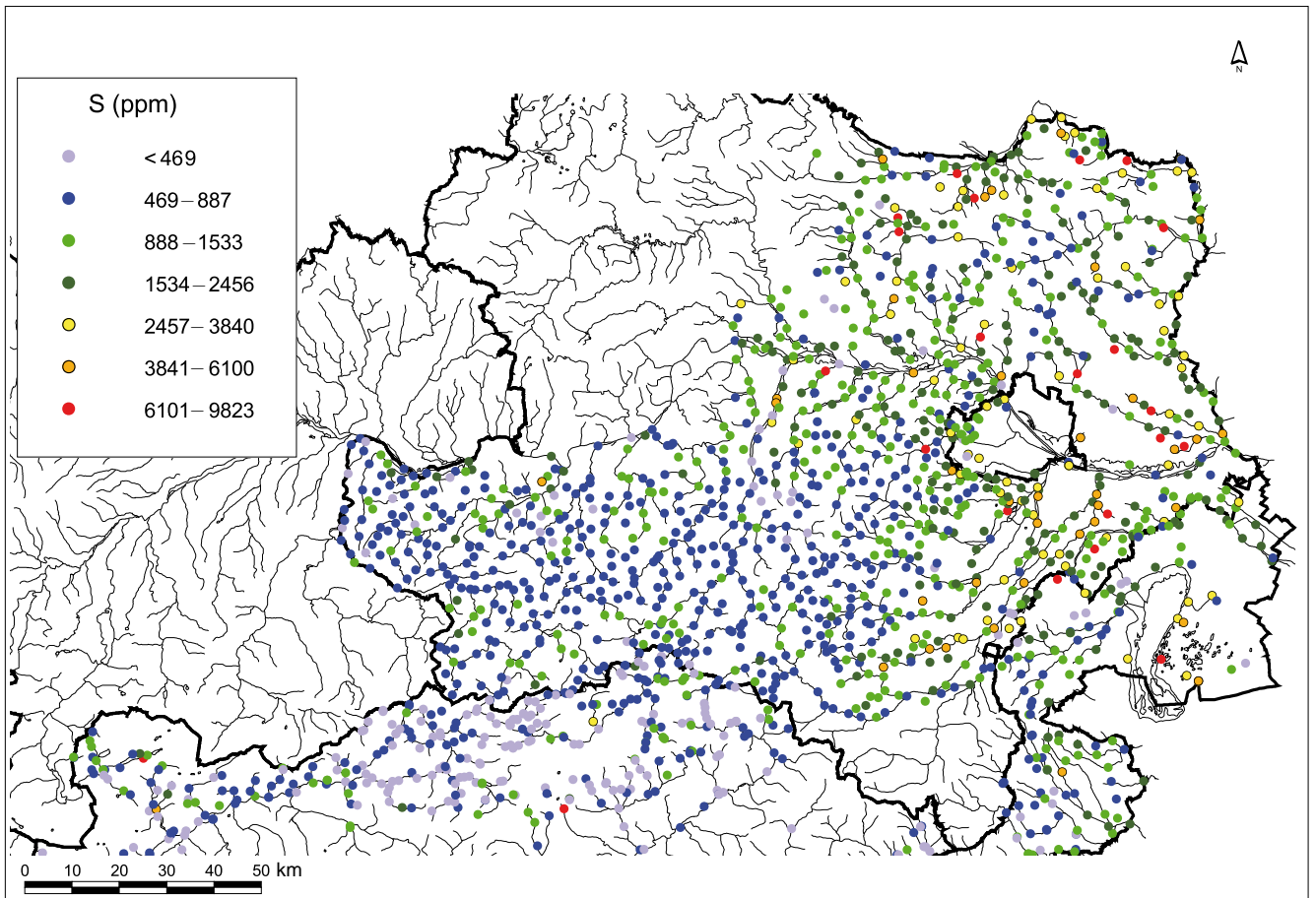


Abb. 117. Bach- und Flusssedimentgeochemie < 0,04 mm, Ausschnitt Niederösterreich, Nordsteiermark und Nordburgenland; Schwefelverteilung.

Sb – Antimon (Abb. 118–119)

Geogene Herkunft

Oxichalkophiles Spurenelement; assoziiert mit Arsen, Quecksilber, Titan, Wolfram, Gold, Silber, Blei und Zink; Zusammen mit Arsen und Bismut wichtiges Pfadfinderelement für Goldmineralisationen. Antimon bildet eine Reihe selten vorkommender Minerale, darunter Stibnit Sb_2S_3 , Antimonfahlerz (Tetraedrit) sowie weitere Sulfoantimonide und Antimonoxide; als Spurenelement in Ilmenit, Mg-Olivine, Galenit, Sphalerit, Pyrit.

Häufigkeit (Sb in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	0,4 ⁶
ultrabasische Gesteine	0,1 ³
basische Gesteine	0,2 ²
intermediäre Gesteine	0,2 ¹
granitische Gesteine	0,2 ²
Tonschiefer	1,5 ⁵
Sandsteine	0,05 ³
Karbonatgesteine	0,2 ³

Wichtige Antimonminerale

Stibnit (71,4 % Sb), Tetraedrit (bis 29,2 %), Jamesonit (50,8 %), Boulangerit (25 %), Kyindrit (13,9 %), Franckit (17,2 %), Bournonit (24,9 %), Livingstonit (53,4 %), Valentinit (83,4 %), Kermesit (79,2 %), Stibioconit (76,4 %), Breithauptit (67 %), Miargyrit (41 %), Dyserasit (27 %).

Antimon als Spurenelement in wichtigen Mineralien^{8,9}

Arsen (gediegen)	bis 92.000
Arsenopyrit	100
Auripigment	1.000
Cassiterit	100
Cobaltin	100
Galenit	bis 30.000
Gold (gediegen)	1.000
Krokoit	100
Löllingit	bis 50.000
Markasit	100
Nickelin	1.000
Pyrit	bis 700
Realgar	100
Safflorit	100
Skutterudit	100
Sphalerit	bis 30.000
Tennantit	1.000

Technogene Herkunft

Verwendung als Flammschutzadditiv in Kunststoffen und Textilien, als Legierungsmetall für Buntmetalle, als Katalysator in der PET-Herstellung, zur Härtung von Bleikomponenten in Akkumulatoren, Verbindungshalbleitern, Transistoren, in Brems- und Kupplungsbelägen, Farbpigmenten, in der Glas- und Keramikproduktion, pharmazeutischen Industrie, Pyrotechnik. Eintrag in die Umwelt aus Bergbau, Schlacken und Stäuben des Metallabbaus, der Metallverhüttung und Metallherzeugung, Emissionen aus Kohleverbrennung, KfZ-Verkehr, Müllverbrennung, Abwasser. Wie bei Arsen überwiegen die technogenen Quellen gegenüber den geogenen Quellen.

Verhalten in der Umwelt

Kein essenzielles Element für Organismen; entspricht in seiner Toxikologie etwa dem Arsen und Bismut. Dreiwertiges Antimon toxischer als fünfwertiges; unter reduzierenden Bedingungen geringe Mobilität, unter oxidierenden Bedingungen etwas höhere Mobilität; geringe pH-Abhängigkeit der Mobilität; im sauren Milieu möglicherweise stärkere Bindung an Fe- und Al-Hydroxide bzw. Tonminerale; in den Bachsedimenten Anreicherung in der Feinfraktion.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

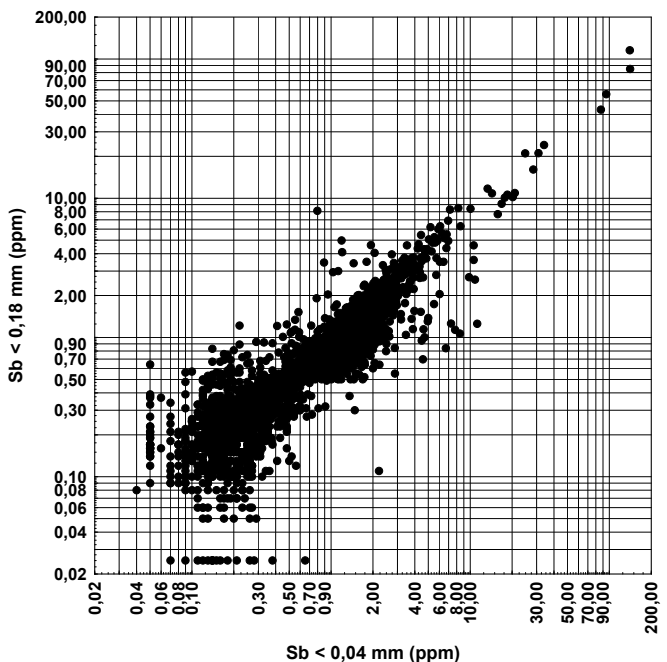


Abb. 118. Vergleich der Kornfraktionen $< 0,18 \text{ mm}$ und $< 0,04 \text{ mm}$ für Antimon (Bundesländerprojekte).

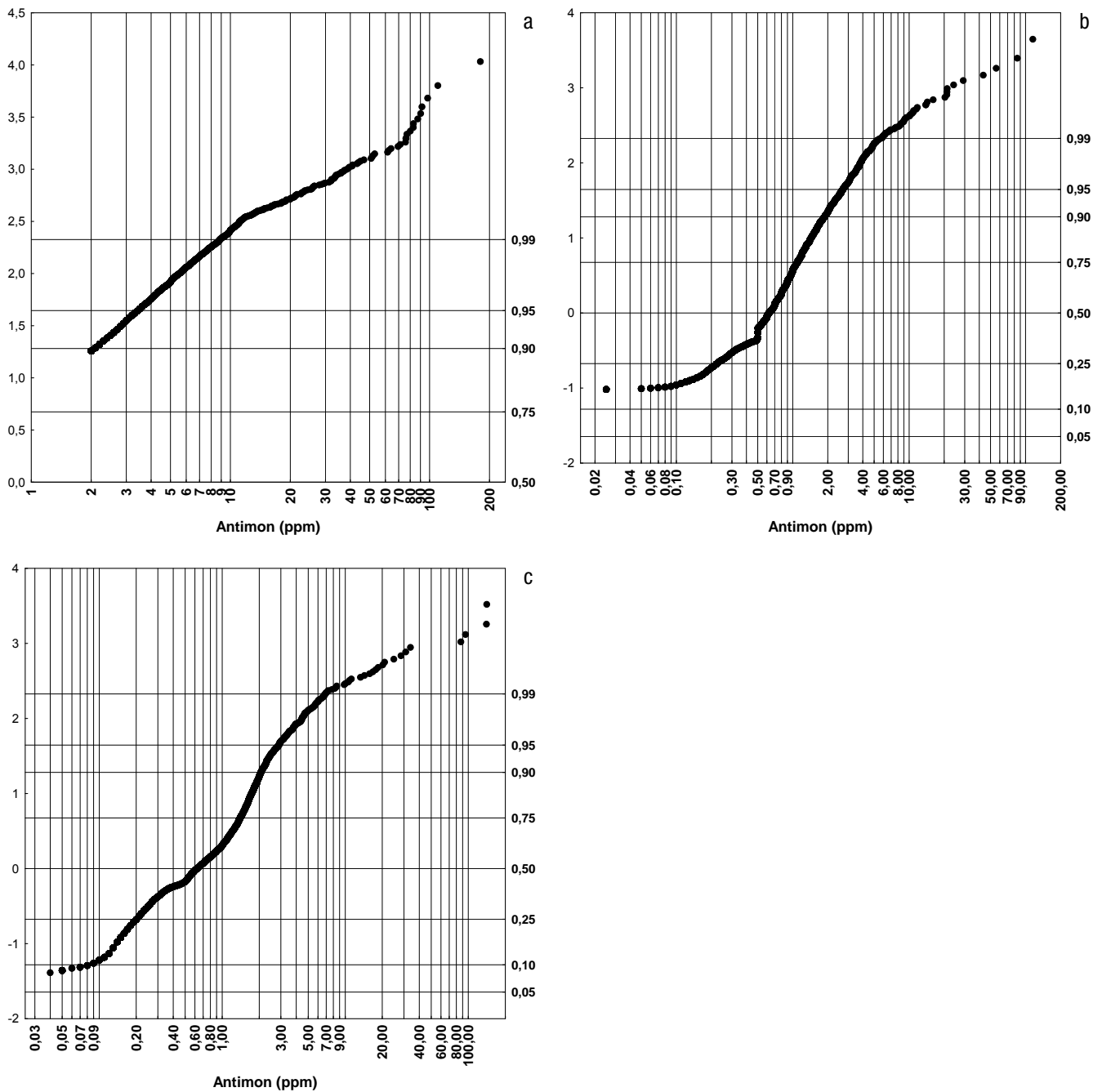


Abb. 119. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Antimon in ppm; Zentralzone (a) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; b) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; c).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Für das Element Antimon besteht das Problem, dass bei der Analytik der Bach- und Flusssedimente < 0,18 mm für die Böhmisches Masse praktisch 90 % der Daten unter der Bestimmungsgrenze gelegen sind. Darüber hinaus ist im Gesamtdatensatz, einschließlich der Bundesländer, die 99er-Perzentile erst bei einer Konzentration von 8 ppm. Nur wenige Analysen können daher für die Interpretation

herangezogen werden. Deshalb wird auch keine Flächen-darstellung ausgeführt.

Die Verteilung der Konzentrationen > 8 ppm können freilich eindeutig als geogen indiziert und interpretiert werden. Praktisch alle diese Probepunkte sind entweder bekannten Antimonitvererzungen (Schlaining, Obertilliach, Rabant, Falggasanerbachtal) oder polysulfidischen Vererzungen mit Sb-führenden Fahlerzen zuzuordnen.

Sc – Scandium (Abb. 120–123)

Geogene Herkunft

Lithophiles Spurenelement; assoziiert mit Vanadium, Titan, Eisen, Aluminium und Schwermineralelementen; klassisches Nebenelement in magmatischen Lagerstätten; Anreicherung in oberflächennahen Verwitterungslagerstätten; seltene Mineralbildungen: Thortveitit $\text{Sc}_2\text{Si}_2\text{O}_7$, Bazzit (Sc-Beryll). Spurenelement in Pyroxenen, Amphibol, Biotit, in Schwermineralen wie Zirkon, Rutil sowie in Mineralen der Seltenen Erden.

Häufigkeit (Sc in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	14 ⁶
ultrabasische Gesteine	15 ³
basische Gesteine	38 ²
intermediäre Gesteine	2,5 ²
granitische Gesteine	5 ²
Tonschiefer	13 ⁵
Sandsteine	1 ³
Karbonatgesteine	1 ³
Unterböden	9 ⁴

Wichtige Scandiumminerale

In Mineralien der Seltenen Erden, Thortveitit (bis 17 % Sc) Sc+SE-Oxide, Beryll (bis 0,1 % Sc_2O_3), Monazit, Uranerze.

Scandium als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Almandin	10
Amphibole	10
Biotit	10
Kassiterit	Ø 90
Muskovit	10
Olivin	10
Pyrop	10
Pyroxene	100
Spessartin	10
Wolframit	100

Technogene Herkunft

In geringen Mengen Verwendung in Sc-Al-Leichtmetalllegierungen, Leuchtstoffröhren, Glas, Fernsehern, Katalysatoren, Energiesparlampen und Laserkristallen. Verteilung in der Umwelt geogen bedingt; durch die stark zunehmende Verwendung von Scandium in der Industrie kommt es zu einer Zunahme der technogen bedingten Umweltdispersion.

Verhalten in der Umwelt

Kein essenzielles Spurenelement; über Toxizität ist wenig bekannt, wahrscheinlich kaum toxisch; Ballastelement wie Aluminium. Keine Angaben zu Mobilität in der Literatur; in Sedimenten vorwiegend an verwitterungsbeständige Gesteinsminerale, wie Glimmer, sowie an die Schwermineralfraktion gebunden.

² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs

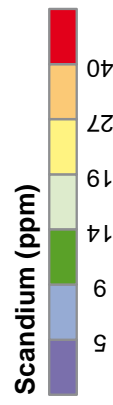
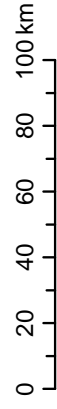
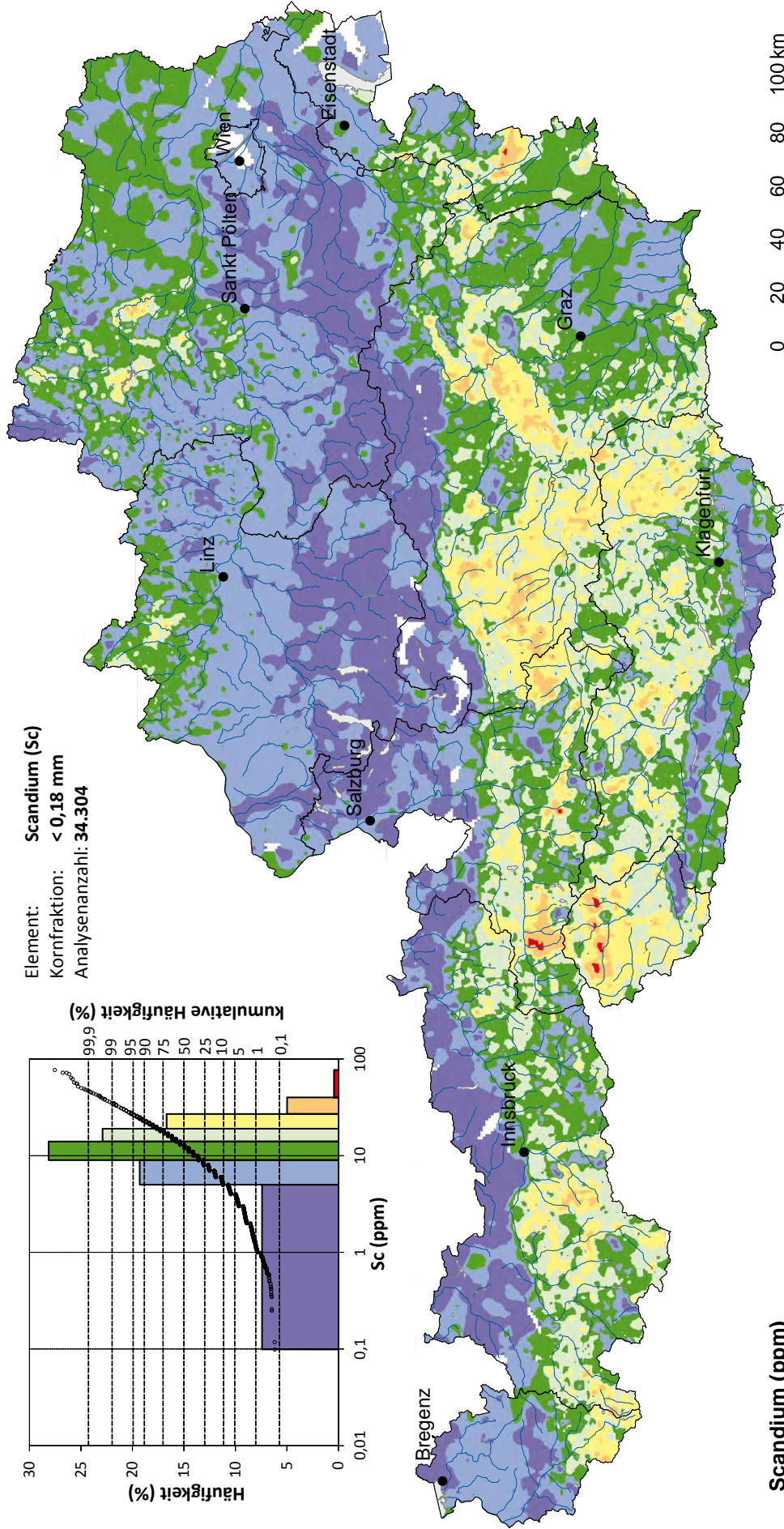
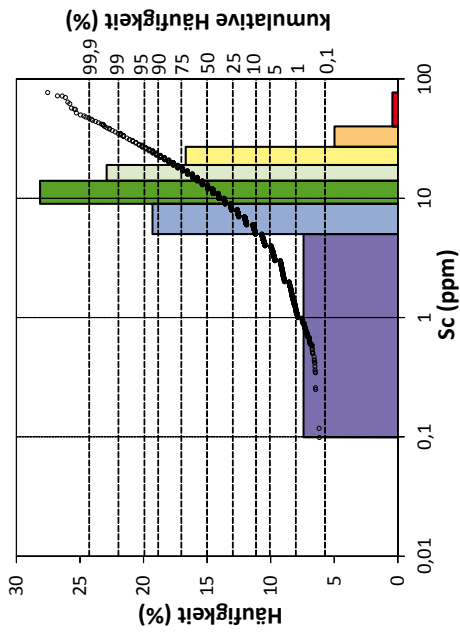


Abb. 120. Scandiumverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

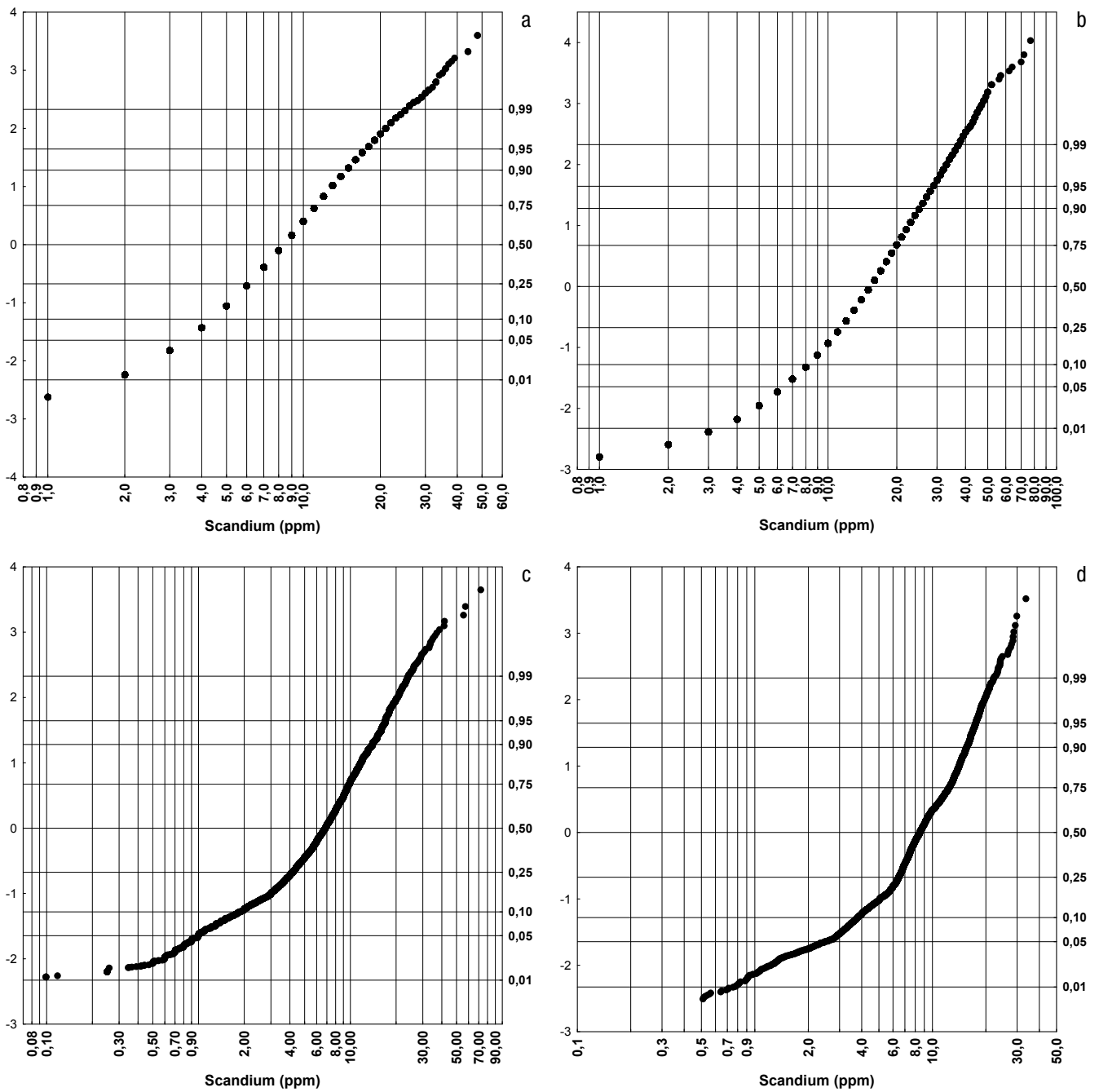


Abb. 121. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Scandium in ppm; Böhmishe Masse (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

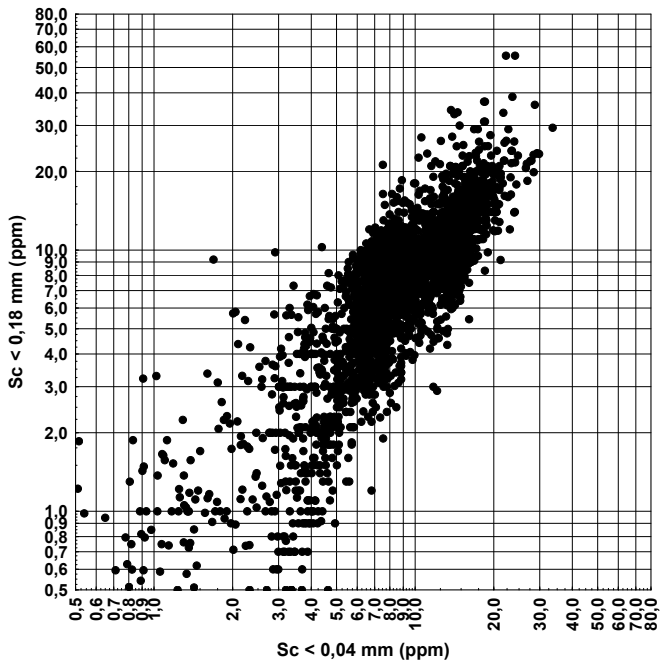


Abb. 122. Vergleich der Kornfraktionen <math>< 0,18 \text{ mm}</math> und <math>< 0,04 \text{ mm}</math> für Scandium (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Das Element Scandium ist als Spurenelement in Amphibolen, Pyroxenen und Biotit überwiegend mit basischen Gesteinen assoziiert. Trotz der geringen Konzentrationsspanne zwischen 1 und ca. 100 ppm sind doch komplexe Verteilungsmuster in den ostalpinen Kristallineinheiten und dem Subpennikum nachweisbar. Große Teile der Kristallinserien besitzen dabei Grundgehalte bis etwa 15 ppm. Sc-Konzentrationen im Bereich von basischen Gesteinen liegen bei > 30 ppm.

Die Darstellung der Scandium-Daten der Kornfraktion <math>< 0,18 \text{ mm}</math> für die Bundesländer (Abb. 123) erlaubt eine weitere Differenzierung der niedrigeren Konzentrationen und deren räumlicher Verteilung.

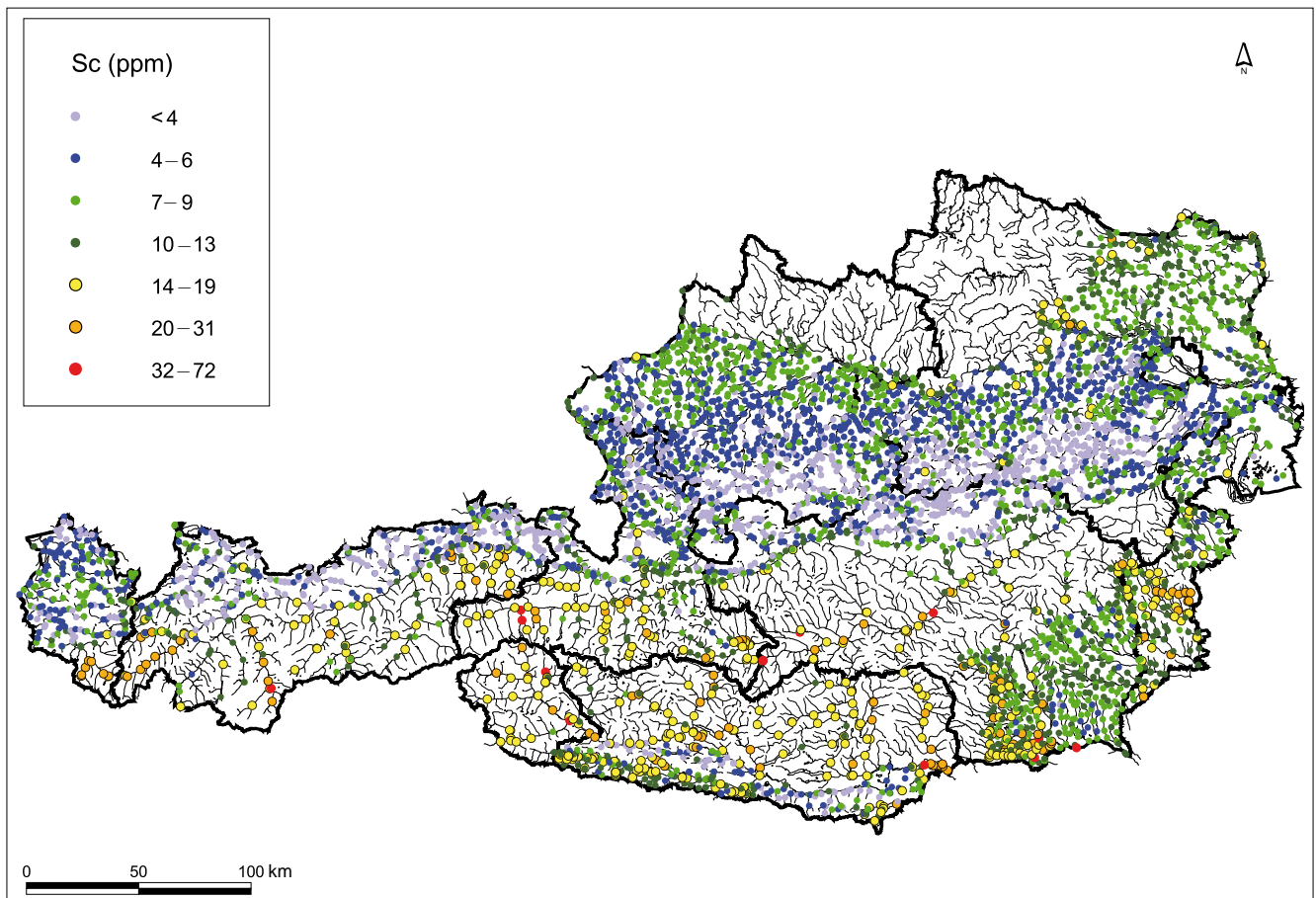


Abb. 123. Bach- und Flusssedimentgeochemie <math>< 0,18 \text{ mm}</math>, Bundesländerprojekte; Scandiumverteilung.

Se – Selen (Abb. 124–126)

Geogene Herkunft

Chalkophiles Spurenelement; bildet eine Reihe seltener Minerale, darunter Crookesit $(\text{Cu,Tl,Ag})_2\text{Se}$, Clausthalit PbSe , Berzelianit Cu_2Se ; Spurenelement in Pyrit, Chalkopyrit, Sphalerit; kann Schwefel im Kristallgitter ersetzen; assoziiert mit Uranerzen.

Häufigkeit (Se in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	0,09 ⁶
ultrabasische Gesteine	0,05 ³
basische Gesteine	0,05 ²
intermediäre Gesteine	0,05 ¹
granitische Gesteine	0,05 ²
Tonschiefer	0,60 ⁵
Sandsteine	0,05 ³
Karbonatgesteine	0,08 ³

Wichtige Selenminerale

Clausthalit (28 % Se), Blockit (28 %), Naumannit (27 %), Schwefel (bis 5,2 %), Pyrit (bis 5 %), Tetradymit (bis 2 %), Weibullit (12–14 %), Selen (gediegen), Tiemannit, Canfieldit.

Selen als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Arsenopyrit	10
Auripigment	bis 200
Bismuthinit	bis 3.000
Bornit	bis 150
Chalkopyrit	bis 2.100
Cinnabarit	bis 4.000
Galenit	100
Markasit	bis 6.500
Molybdänit	bis 1.200
Pyrrhotin	bis 500
Realgar	10
Sphalerit	bis 1.000

Technogene Herkunft

Verwendung in photoelektrischen Zellen, zum Bau von Gleichrichtern, Legierungen, für Magnetverstärker, als Schmiermittelzusatz, zur Glaserzeugung, in Pigmenten, Fungiziden, Pharmazeutika, als Futtermittelzusatz. Eintrag in die Umwelt über Emissionen aus Kohlefeuerung, Cu-Pb-Verhüttung, Abwasser und P-Dünger.

Verhalten in der Umwelt

Essenzielles Spurenelement für viele Organismen. Einerseits Mangel- und andererseits toxische Effekte bei höheren Konzentrationen (relativ enger Bereich der optimalen Se-Versorgung).

Unter oxidierenden Bedingungen hohe, unter reduzierenden sehr geringe Mobilität. Sowohl im sauren als auch im basischen Milieu sehr mobil. Kann in der organischen Substanz angereichert werden. Sorption auch an Tonmineralen und Fe-Hydroxiden.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs

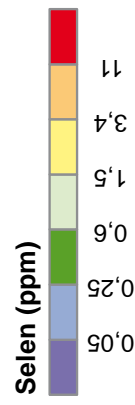
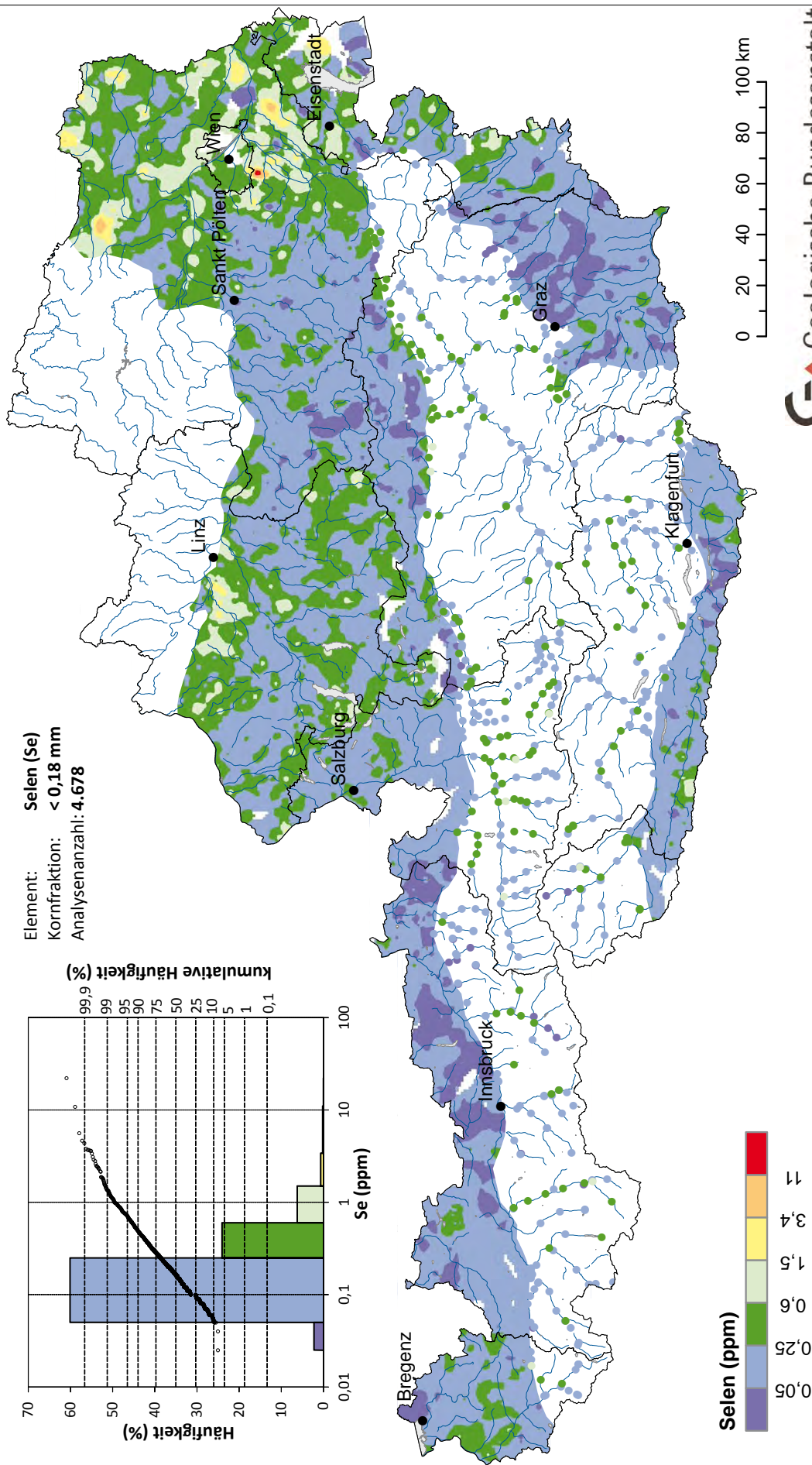
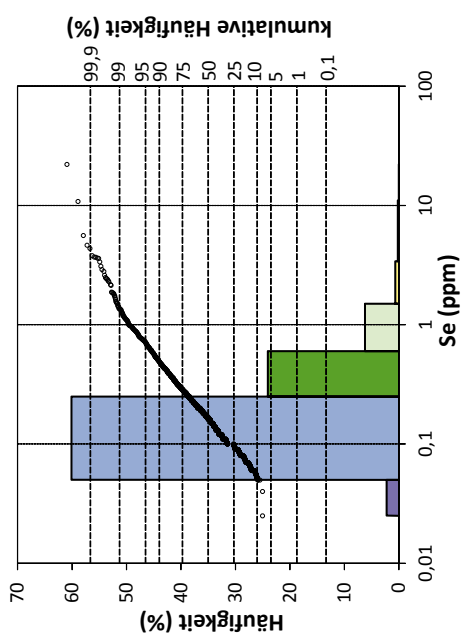


Abb. 124. Selenverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

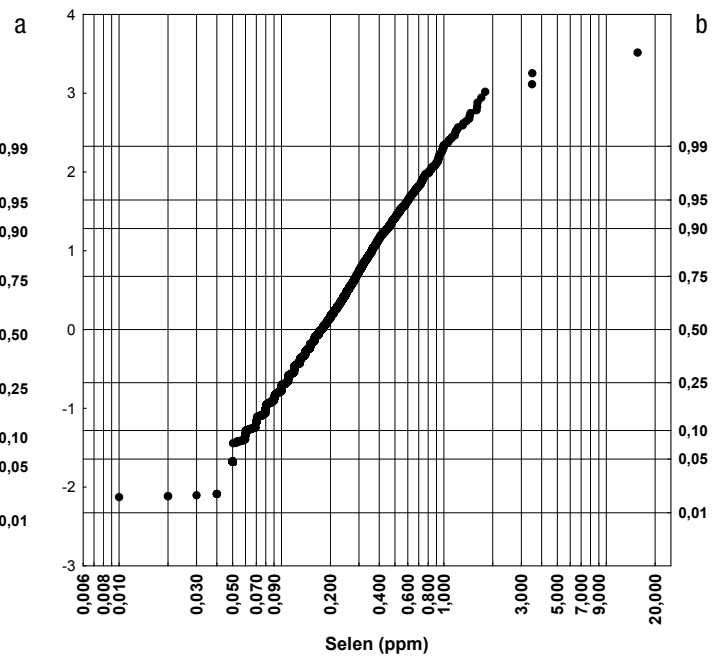
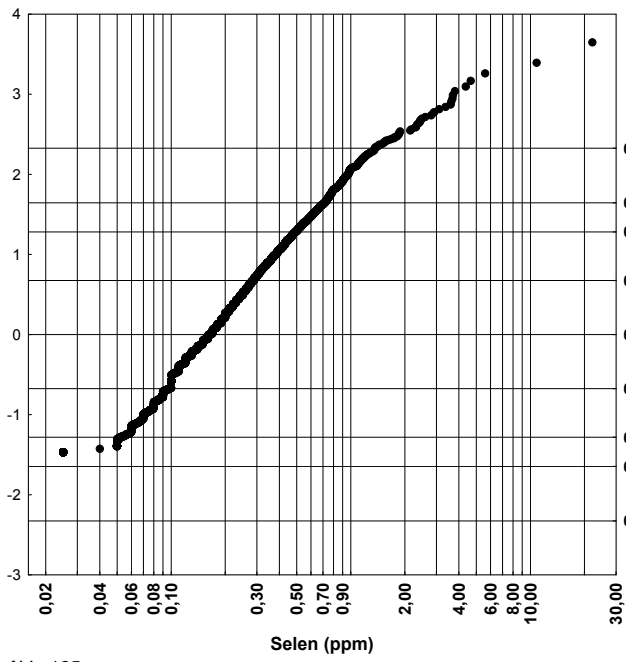


Abb. 125.
Kumulative Häufigkeitsverteilung für Selen in ppm; Bundesländerprojekte < 0,18 mm (a) bzw. < 0,04 mm (b).

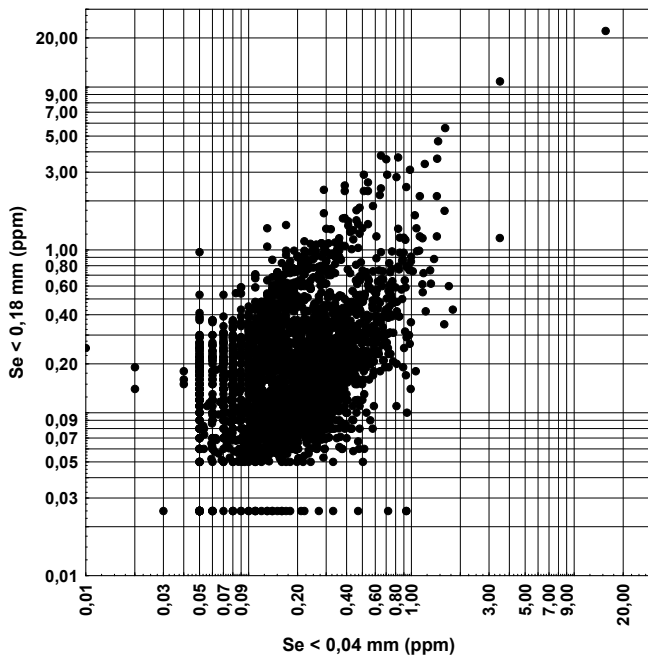


Abb. 126.
Vergleich der Kornfraktionen < 0,18 mm und < 0,04 mm für Selen (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Für das Element Selen liegen Analysedaten an der Fraktion < 0,18 mm für alle Bundesländer vor.

Geogen besteht hauptsächlich eine Korrelation des Elementes Selen zu Sulfiden. Die räumliche Verteilung der Analyseergebnisse an der Kornfraktion < 0,18 mm lässt aber kaum eindeutige Interpretationen mit einem Bezug

zu geologischen Einheiten und/oder sulfidischen Vererzungen zu.

Auffällig ist freilich, dass sich Probepunkte mit höheren Se-Konzentrationen (> 1,5 ppm) in den Intensivlandwirtschaftsgebieten konzentrieren. Möglicherweise besteht hier auch ein Zusammenhang mit Düngung oder anderen anthropogenen Einträgen.

Si – Silicium (Abb. 127–130)

Geogene Herkunft

Zweithäufigstes Element in der Erdkruste nach Sauerstoff. Hauptelement in silikatischen Gesteinen. In der Natur liegt Silicium als Quarz SiO_2 oder in einer außerordentlichen Vielfalt als Silikate vor.

Häufigkeit (Si in M-%)

obere kontinentale Erdkruste	31,1 ⁶
ultrabasische Gesteine	20,0 ³
basische Gesteine	24,0 ²
intermediäre Gesteine	26,0 ¹
granitische Gesteine	32,3 ²
Tonschiefer	27,5 ⁵
Sandsteine	36,8 ³
Karbonatgesteine	2,4 ³
Unterböden	31,8 ⁴

Wichtige Siliciumminerale

Quarz (47 % Si), Cordierit (ca. 50 %), Prehnit (43,7 %), Albit (32 %), Anorthit (30 %), Orthoklas (30 %), Talk (30 %), Enstatit (28 %), Amphibole (28 %), Hypersthen (26 %), Pyroxene (26 %), Analcim (26 %), Biotit (25 %), Kaolinit (22 %), Muskovit (21 %), Serpentin (20 %), Olivin (20 %), Granat (19 %), Epidot (19 %).

Silicium als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Apatit	1.000
Coelestin	10
Cubanit	bis 15.000
Diamant	10
Diaspor	bis 14.000
Gibbsit	bis 15.000
Goethit	100
Gold	10
Hämatit	100
Ilmenit	100
Malachit	100
Manganit	1.000
Monazit	bis 27.000
Perowskit	bis 9.000
Rubin	10
Saphir	100

Technogene Herkunft

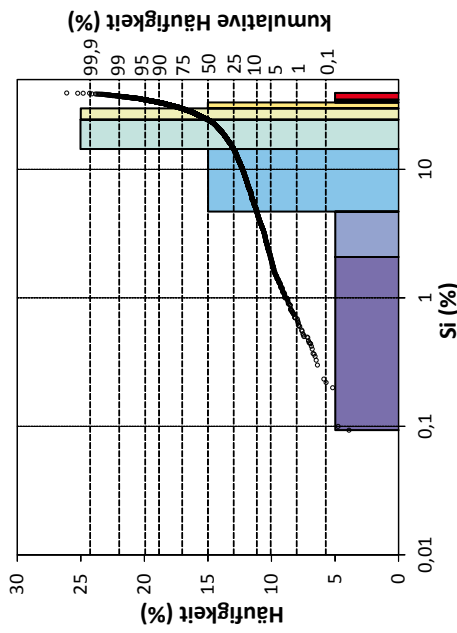
Verwendung in der Halbleiterindustrie, Glaserzeugung, Feuerfestindustrie, als Desoxidationsmittel bei der Herstellung von Kupferlegierungen, zur Erhöhung der Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit von Stahl, in Zement, als Quarzsand in der Bauindustrie etc. Natürliche Siliciumquellen dominieren.

Verhalten in der Umwelt

Essenzielles Bioelement. Silicium gilt generell als inert und nicht toxisch. Quarzstaub ist Verursacher der Silikose. Siliciummangel kann zu Wachstumsstörungen führen; unter allen Redox- und pH-Bedingungen niedrige Mobilität.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs



Element: **Silicium (Si)**
 Kornfraktion: **< 0,18 mm**
 Analysenanzahl: **4.678**

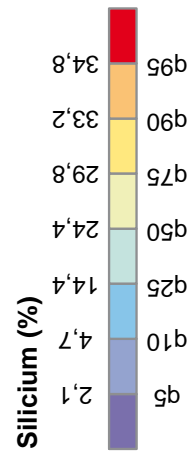
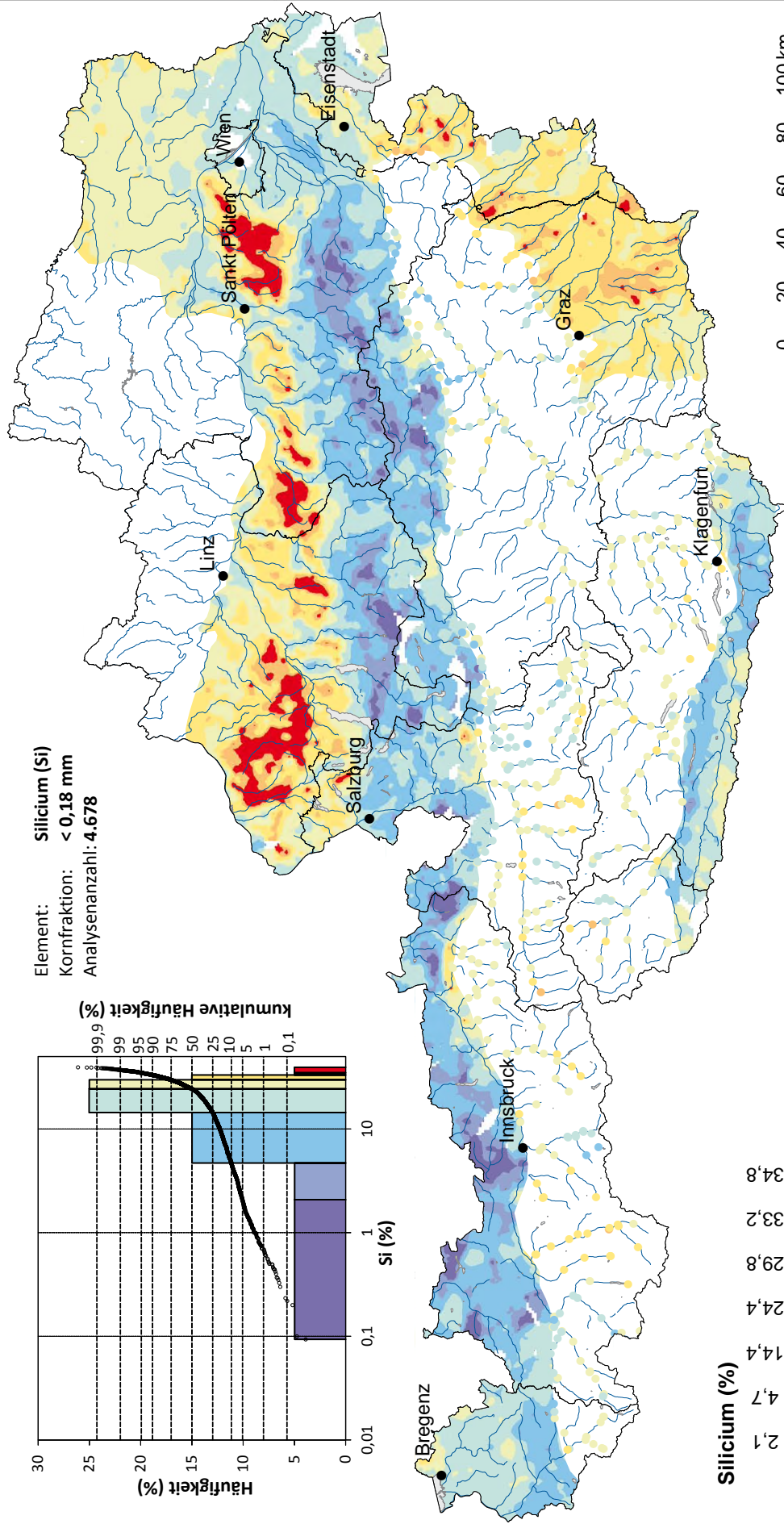


Abb. 127.
 Siliciumverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

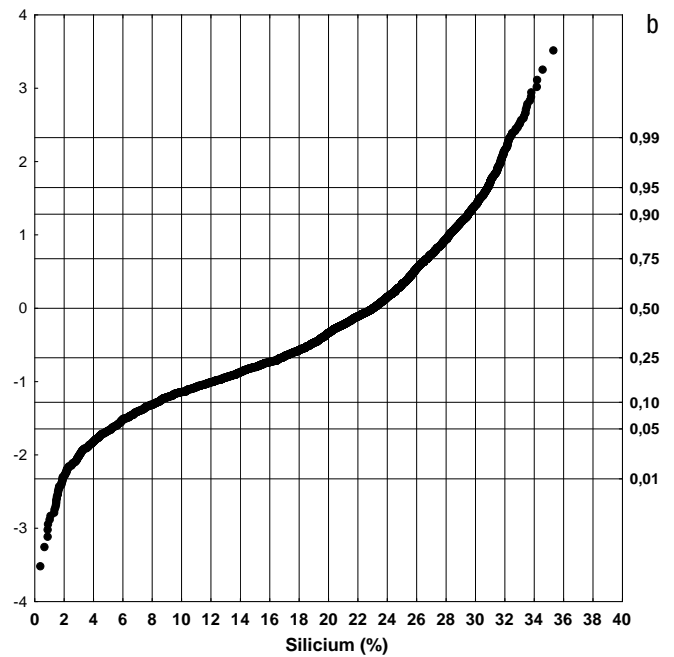
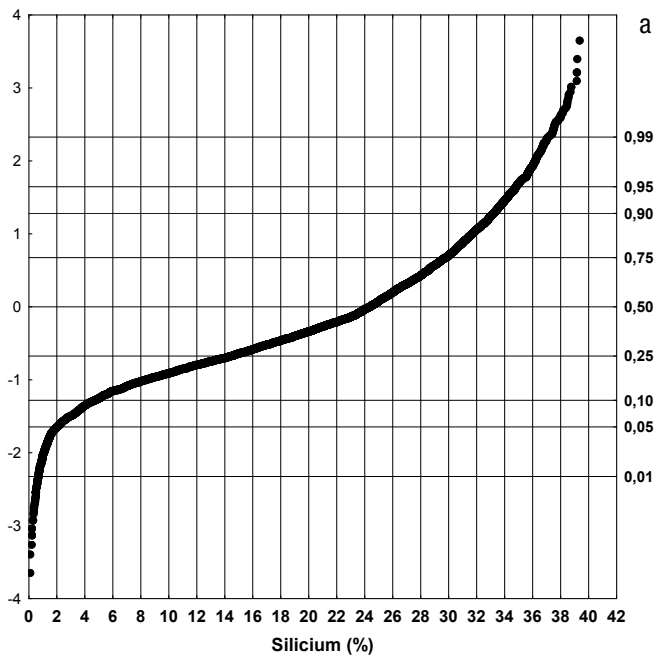


Abb. 128. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Silicium in %; Bundesländerprojekte < 0,18 mm (a) bzw. < 0,04 mm (b).

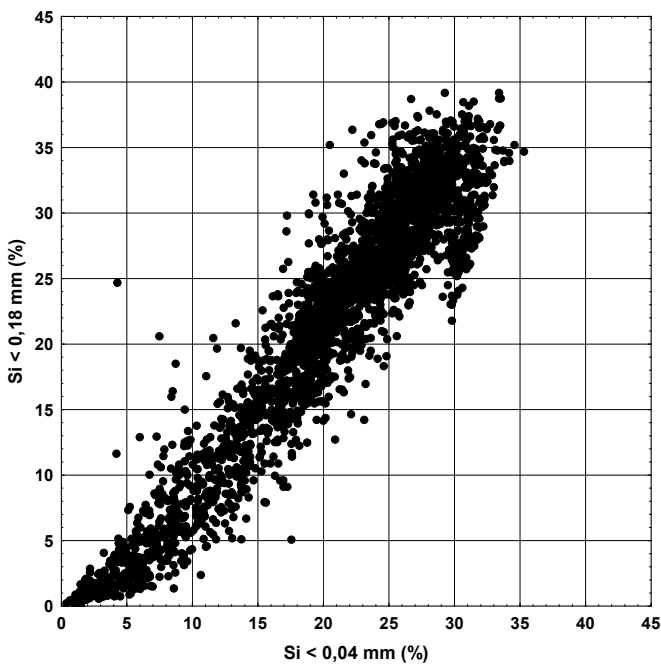


Abb. 129. Vergleich der Kornfraktionen < 0,18 mm und < 0,04 mm für Silicium (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Entsprechende Analyseergebnisse für das Element Silicium an der Kornfraktion < 0,18 mm liegen seit der Durchführung der Bundesländerprojekte vor.

Silicium ist das Hauptelement mit den höchsten Konzentrationen in den Bach- und Flusssedimenten. Das erklärt sich aus der Tatsache, dass die meisten gesteinsbildenden

Minerale in den kristallinen Serien Silikate sind. Darüber hinaus ist Quarz (außerhalb der Karbonatgebiete) fast immer das häufigste Mineral in den Bachsedimenten. Dies spiegelt sich in der räumlichen Verteilung von Silicium wider, welche die Verbreitung der geologischen Haupteinheiten nachzeichnet. Die Muster der Si-Verteilung stehen etwa reziprok zu den Mustern der Ca-Verteilung (siehe auch eindeutig negative Korrelation im Scatterplot, Abb. 130).

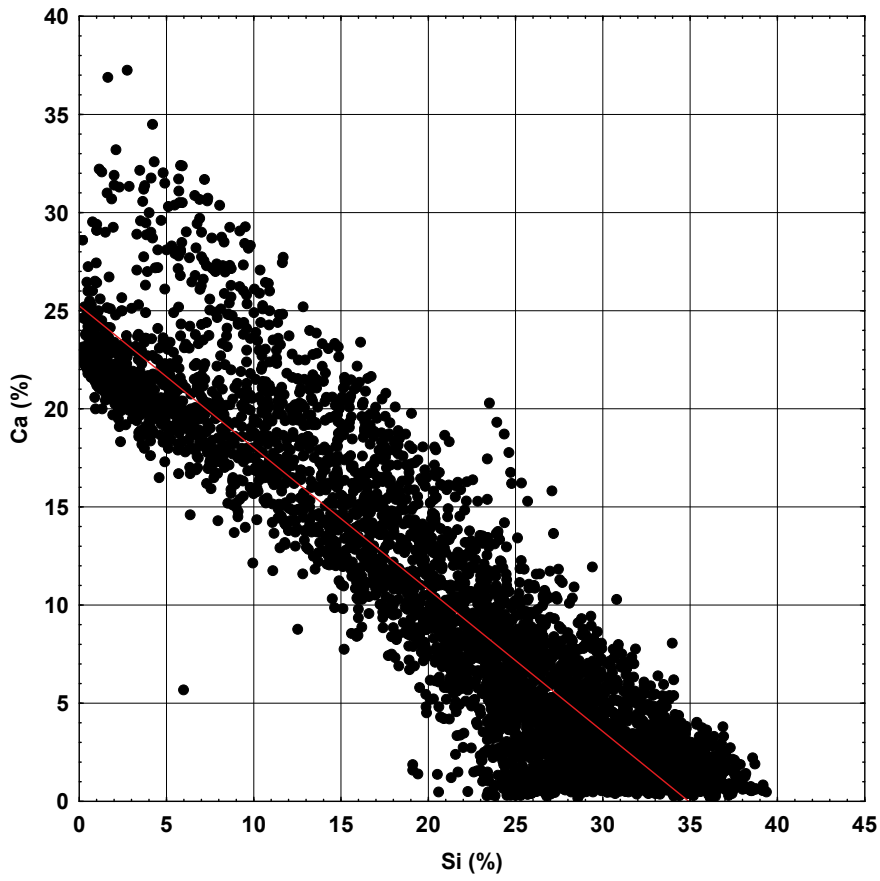


Abb. 130.
Bachsedimentgeochemie < 0,18 mm, Bundesländer-
projekte; Korrelation Silicium/Kalzium.

Sn – Zinn (Abb. 131–133)

Geogene Herkunft

Siderophiles Spurenelement; mobil in fluiden Restlösungen von sauren Magmen; starke Tendenz zur Ausbildung geochemischer Zinnprovinzen. In Mineralform vor allem als Kassiterit SnO_2 und Stannit $\text{Cu}_2\text{FeZnS}_4$ ausgebildet; Spurenelement in Biotit, Muskovit, Amphibolen, Rutil, Turmalin und Magnetit.

Häufigkeit (Sn in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	2,2 ⁶
ultrabasische Gesteine	0,5 ³
basische Gesteine	1,0 ²
intermediäre Gesteine	1,5 ²
granitische Gesteine	3,0 ²
Tonschiefer	3 ⁵
Sandsteine	0,X ³
Karbonatgesteine	0,X ³
Unterböden	3 ⁴

Wichtige Zinnminerale

Cassiterit (79 % Sn), Stannin (bis 27,6 %), Hydrocassiterit, Teallit (bis 30,5 %), Herzenbergit (bis 78 %), Franckit (bis 17 %), Kylendrit (bis 26,5 %), Malayit (45 %), Columbit (2–9 %).

Zinn als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Almandin	10
Anatas	100
Äschynit	bis 2.000 (SnO_2)
Axinit	100
Biotit	10
Chalkopyrit	bis 770
Colusit	bis 67.000
Galenit	bis 1.300
Ilvait	100
Magnetit	10
Manganit	10
Pyrit	bis 400
Pyrochlor	bis 40.000
Rutil	bis 12.000
Samarskit	bis 9.500
Sperryolith	bis 36.000
Sphalerit	bis 10.000
Titanit	10
Turmalin	10
Vesuvian	100
Wolframit	100
Wurzit	10
Zirkon	bis 4.000

Technogene Herkunft

Verwendung in Legierungen (Bronzen, Britanniametall, Weichlot, Lagermetalle), für verzinnte Eisenbleche, Fungizide, Insektizide, Bakterizide, Stabilisator in PVC, Konservendosen, Metallfolien, Lötzinn, Farben (speziell für Schiffe), als Amalgame in der Zahntechnik. Verbreitung in der Umwelt durch Verbrennung von Kohle und Holz, Müllverbrennung, durch Klärschlamm, Pestizide und Holzschutzmittel.

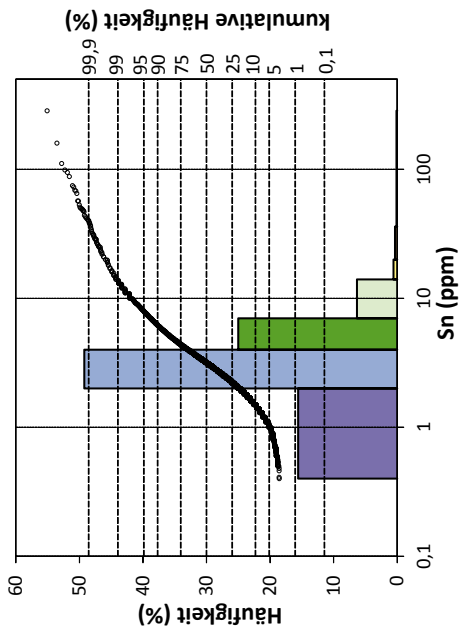
Verhalten in der Umwelt

Möglicherweise essenzielles Spurenelement für manche Organismen (auch für den Menschen). Anorganische Zinnverbindungen und metallisches Zinn sind nicht bis kaum toxisch, organische Zinnverbindungen vor allem für niedere Lebewesen hochtoxisch.

Mobilität von Zinn unter allen Redox- und pH-Bedingungen sehr gering; vor allem in der Feinfraktion und Schwermineralfraktion der Bachsedimente vorhanden; Kassiterit ist sehr beständiges Schwermineral in den Bachsedimenten.

² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs



Element: Zinn (Sn)
 Kornfraktion: < 0,18 mm
 Analysenanzahl: 34.219

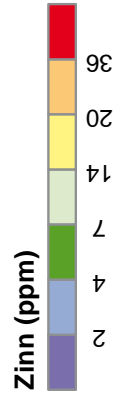
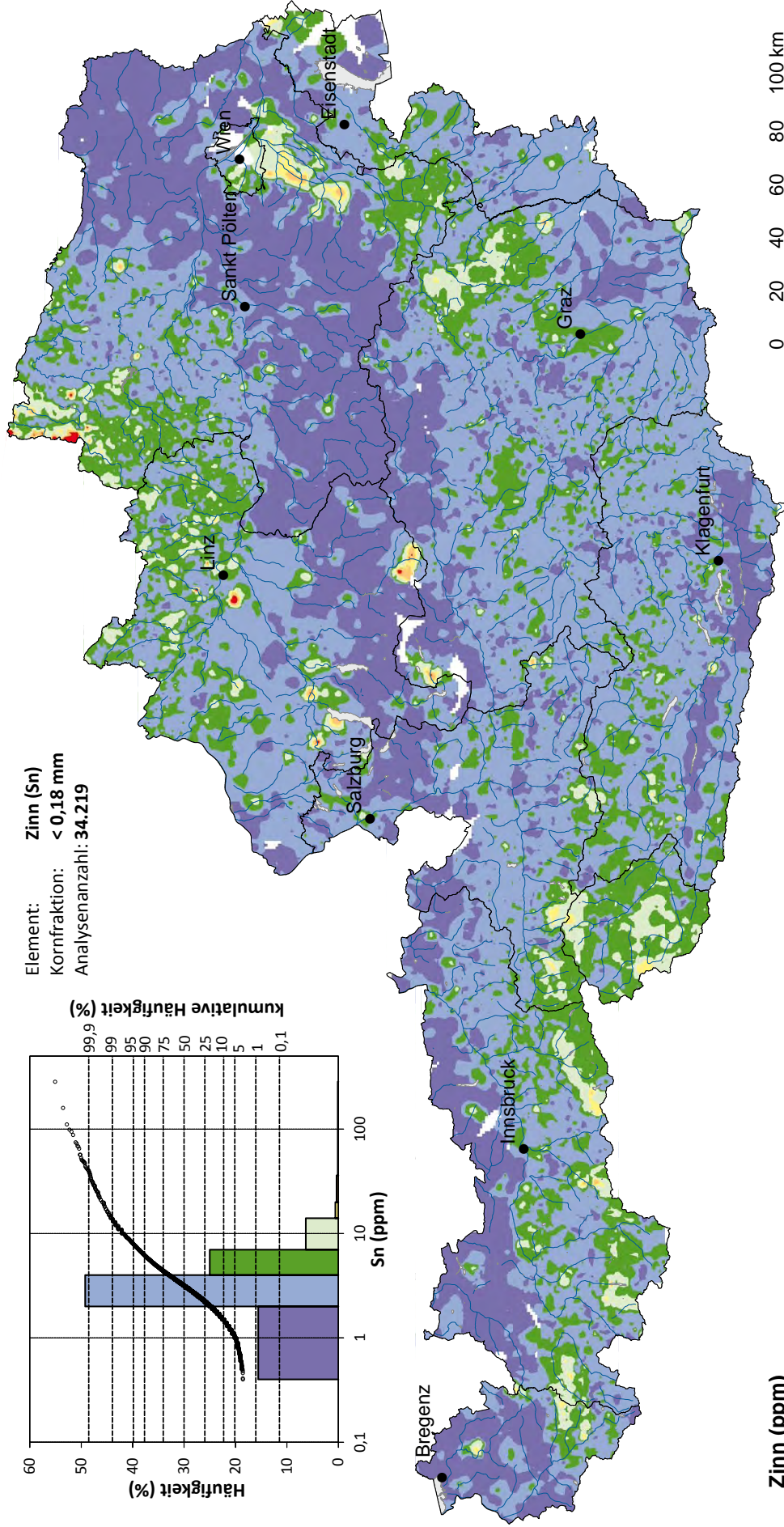


Abb. 131.
 Zinnverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

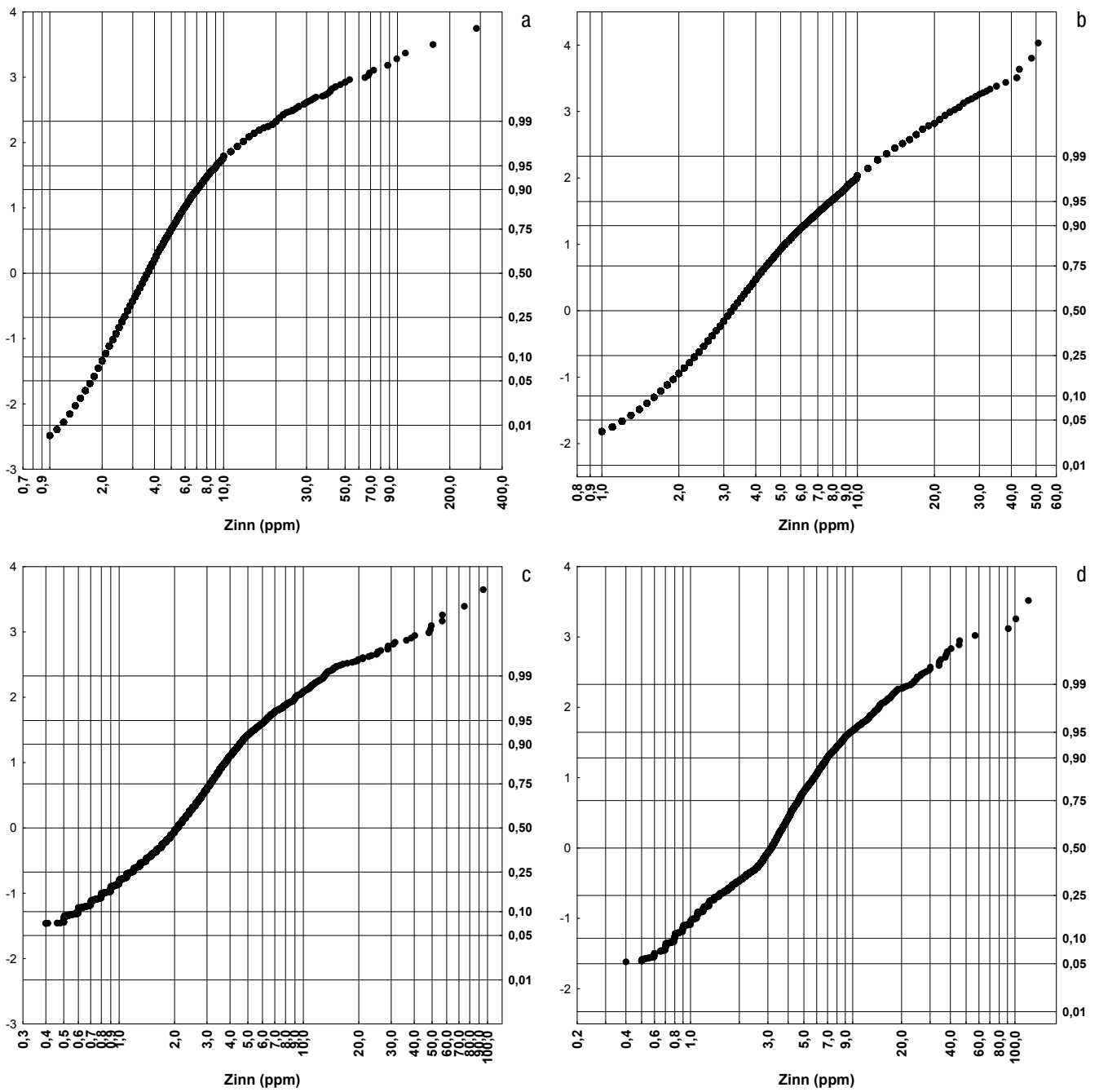


Abb. 132. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Zinn in ppm; Böhmische Masse (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

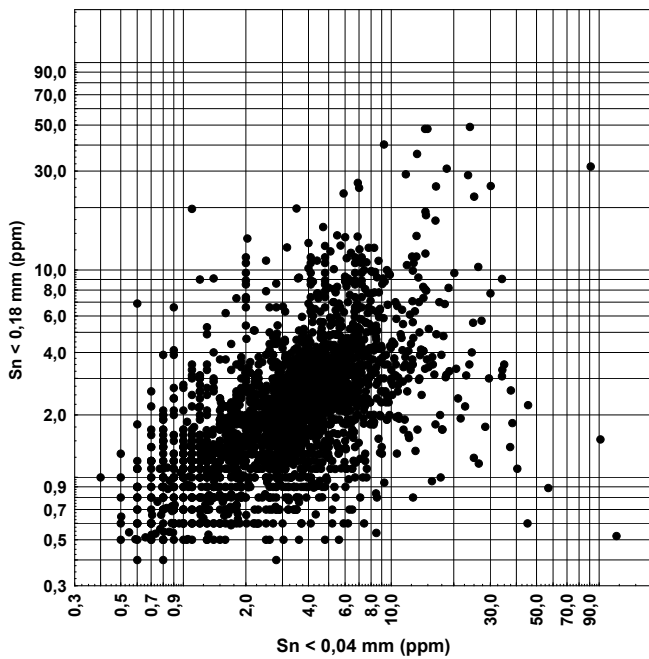


Abb. 133.
Vergleich der Kornfraktionen < 0,18 mm und < 0,04 mm für Zinn (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Über Sn-Verteilungen in alpinen Gesteinsserien liegen kaum Erfahrungen oder Detailarbeiten vor. Deshalb ist eine Interpretation der Daten aus der Bachsedimentgeochemie relativ schwierig.

Eindeutig sind in der Böhmisches Masse Zinn-„Anomalien“ im nördlichen Waldviertel Greisenbildungen im Umfeld jüngerer Granitintrusionen zuzuordnen.

Unterschiedliche geogene Grundgehalte sind zwar nach der Bachsedimentgeochemie in unterschiedlichen ostal-

pinen kristallinen Serien möglich, sollten aber durch gesteinsgeochemische Analysen untermauert werden.

Da in den Bachsedimenten < 0,18 mm isoliert an einer Reihe von Probepunkten höhere Konzentrationen (> 20 ppm) gemessen wurden, besteht die Wahrscheinlichkeit, dass diese Konzentrationen durch Nuggeteffekte geogener oder technogener Sn-führender Partikel erzeugt werden. Diese Phänomene wären in gezielten Detailarbeiten abzuklären.

Kleinregional sind technogene Sn-Einträge an Flüssen im südlichen Wiener Becken nachgewiesen.

Sr – Strontium (Abb. 134–136)

Geogene Herkunft

Lithophiles Spurenelement, getarnt durch Kalzium und Barium, sowie im magmatogenen Milieu abgefangen durch Kalium. Sr-Mineralen sind relativ selten (Strontianit SrCO_3 , Coelestin SrSO_4); als Spuren- bis Nebenelement in Calcit, Gips, Baryt, Alkalifeldspäten, Pyroxenen und Glimmer.

Häufigkeit (Sr in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	320 ⁶
ultrabasische Gesteine	1 ³
basische Gesteine	465 ²
intermediäre Gesteine	800 ¹
granitische Gesteine	285 ²
Tonschiefer	170 ⁵
Sandsteine	20 ³
Karbonatgesteine	610 ³
Unterböden	95 ⁴

Wichtige Strontiumminerale

Strontianit (59,3 % Sr), Coelestin (47,7 %), Strontiumapatit, Goyazit, Ankylit.

Strontium als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Albit	bis 1.900
Amphibole	1.000
Apatit	100
Aragonit	bis 56.000
Baryt	bis 120.000
Calcit	1.000
Fluorit	100
Gips	100
Kalifeldspäte	Ø 200
Loparit	bis 34.000
Plagioklase	100
Pyroxene	100
Witherit	1.000

Technogene Herkunft

Verwendung in Legierungen (Zn), der Zn-Elektrolyse, Elektroindustrie, pyrotechnischen Produkten, der keramischen Industrie bei der Herstellung von Spezial-Schmierstoffen, Farben, Sr-Metall für Magnetherstellung und für Farbfernsehbildschirme. Technische Bedeutung gering. Technogene Verbreitung in der Umwelt eher gering; erhöht im Bereich der Zinkverhüttung und von Aschendeponien aus der Kohleverfeuerung bzw. Müllverbrennung.

Verhalten in der Umwelt

Kein essenzielles Spurenelement für die meisten Organismen. Nicht radioaktive Sr-Isotope sind unbedenklich, Strontium substituiert Kalzium und ist in dessen Gegenwart kaum giftig.

Hohe Mobilität unter allen Redox- und pH-Bedingungen. Strontium ersetzt Kalzium in Ca-haltigen Mineralen; in Bachsedimenten der Granitgebiete geht Strontium teils mit Kalium in die Grobfraction, teils mit Kalzium in die Feinfraktion. 80 % des Sr-Eintrags in die Ozeane stammt aus der Verwitterung von Karbonaten und Sulfaten.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs

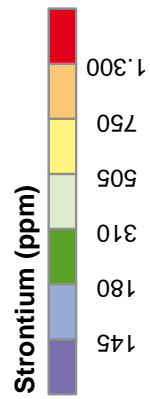
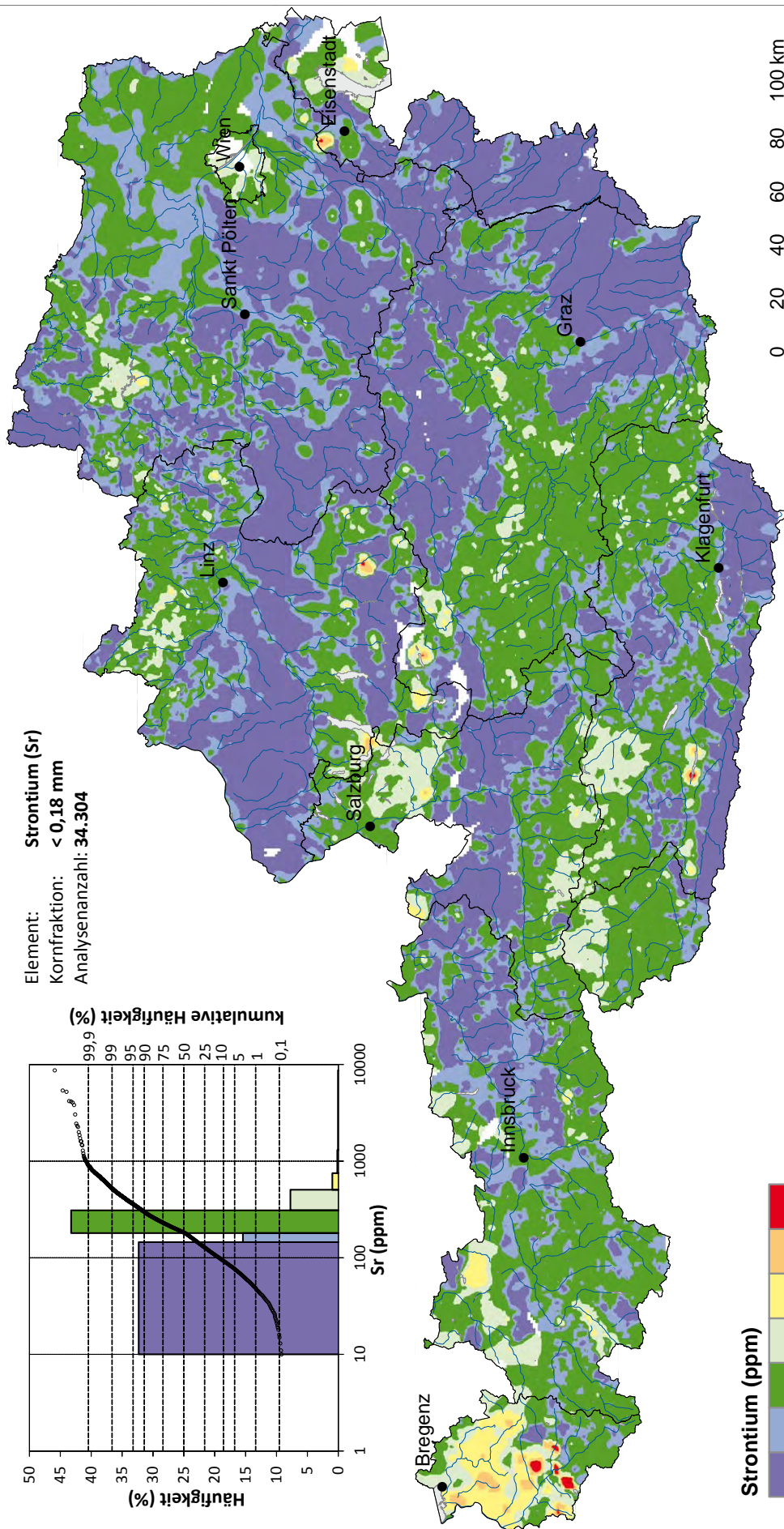
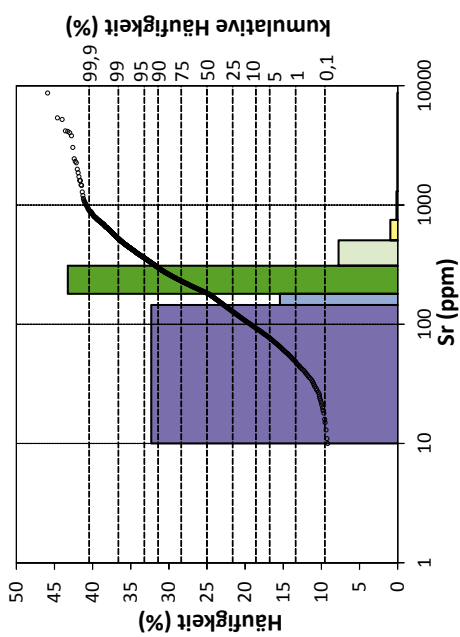


Abb. 134.
Strontiumverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

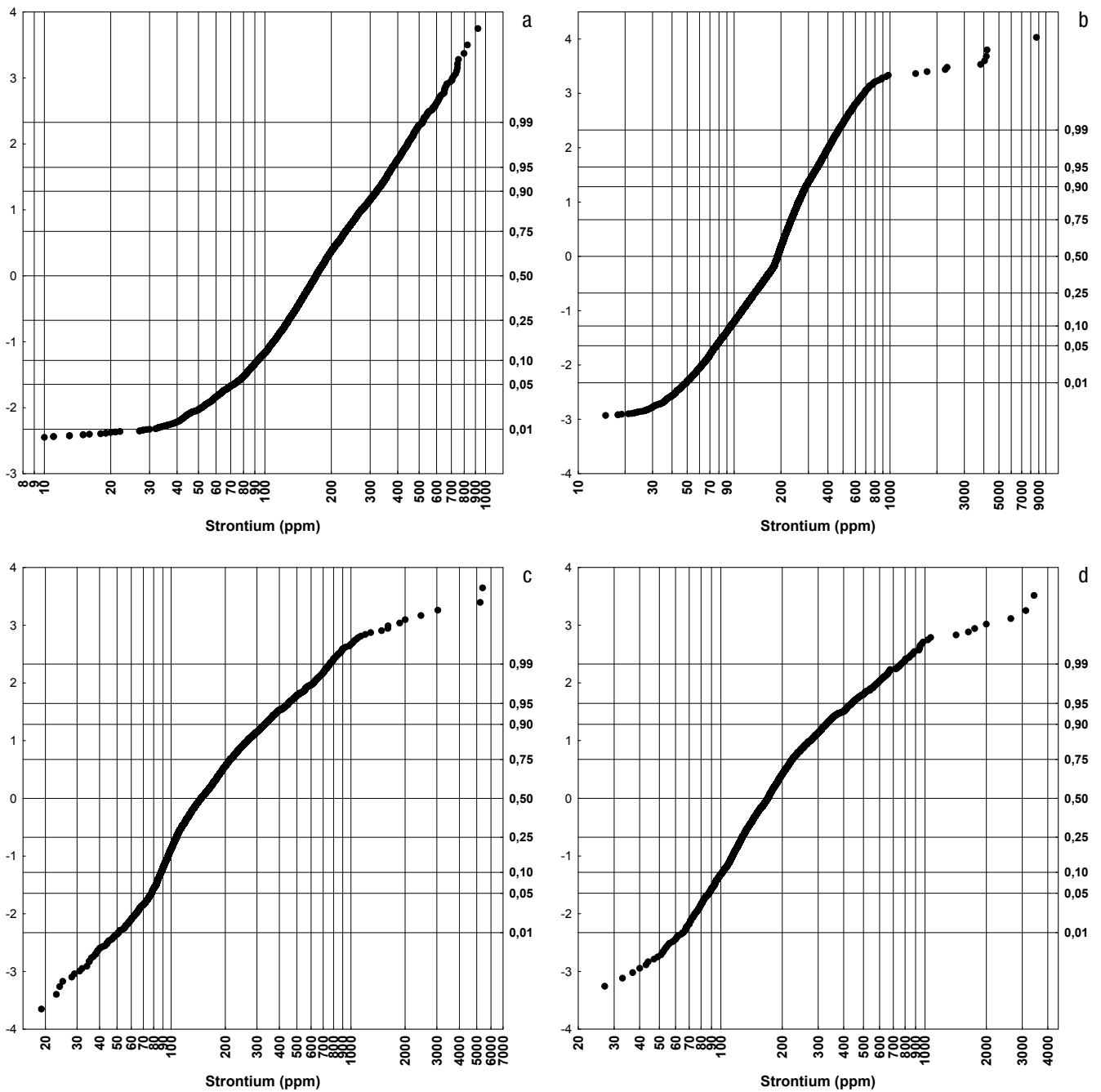


Abb. 135. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Strontium in ppm; Böhmishe Masse (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

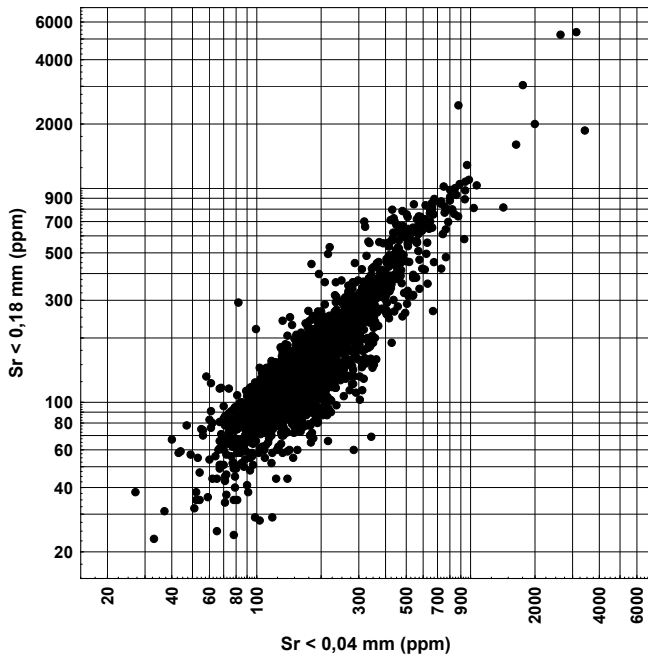


Abb. 136.
Vergleich der Kornfraktionen $< 0,18 \text{ mm}$ und $< 0,04 \text{ mm}$ für Strontium (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Das Element Strontium ist als Spuren- und Nebenbestandteil von gesteinsbildenden Mineralen wie Calcit, Feldspäten oder Gips mit den entsprechenden Serien verknüpft. Das zeigt sich in den höheren Grundgehalten von Kalkstein- oder Marmor führenden Serien im ostalpinen Kris-

tallin (ca. 200 bis 500 ppm). Ähnliches gilt auch für bestimmte Kristallinserien mit höheren Sr-Konzentrationen in Feldspäten und Glimmern. In den Karbonatgebieten sind verbreitet auch Sr-Konzentrationen $> 500 \text{ ppm}$. Hohe Konzentrationen ($> 750 \text{ ppm}$) verweisen direkt auf Gips-/Anhydrit-Vorkommen (z.B. Klostertal/Montafon, Grundlsee, westlicher Drauzug).

Th – Thorium (Abb. 137–139)

Geogene Herkunft

Lithophiles Spurenelement; in magmatischen Gesteinen vorwiegend an akzessorische Minerale gebunden. Assoziationen mit Uran in Pegmatiten, in Alkaligesteinen und Karbonatiten mit Cer, Lanthan und anderen Elementen der Seltenen Erden; in Seifenlagerstätten häufig an Monazit gebunden.

Häufigkeit (Th in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	10,5 ⁶
ultrabasische Gesteine	0,005 ²
basische Gesteine	2,2 ²
intermediäre Gesteine	0,7 ¹
granitische Gesteine	17 ²
Tonschiefer	12 ⁵
Sandsteine	1,6 ³
Karbonatgesteine	0,2 ³

Wichtige Thoriumminerale

Thorianit (88 % Th), Thorit (72 % Th), Äschynit (11,2–17,5 % ThO₂), Monazit (bis 10 % ThO₂), Uraninit (bis 7,5 % ThO₂), Brannerit (7 % Th).

Thorium als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Allanit	bis 1,8 %
Perowskit	1.000
Pyrochlor	0–5 % ThO ₂
Samarskit	0–4,23 % ThO ₂
Zirkon	bis 1,9 % Th

Technogene Herkunft

Verwendungen in Sonderlegierungen, mit Magnesium legiert als Kernreaktorwerkstoff in der Nuklearindustrie, in Mischung mit Uran zur Gewinnung von Atomenergie, für hochfeuerfestes Material (für Heizdrähte elektrischer Öfen, als Th-Oxid im Gasglühlichtstrumpf) und Katalysator. Eintrag in die Umwelt über P-Düngung, Kohlefeuerung, Verhüttung und Weiterverarbeitung von Uranerzen.

Verhalten in der Umwelt

Kein essenzielles Spurenelement für Organismen; chemotoxisch und radiotoxisch; alle Isotope sind α-Strahler. Mobilität unter allen Redox- und pH-Bedingungen aufgrund des Einbaus in sehr verwitterungsresistenten Mineralen (z.B. Monazit, Zirkon) sehr gering; findet sich in den Bachsedimenten hauptsächlich in der Schwermineralfraktion.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs

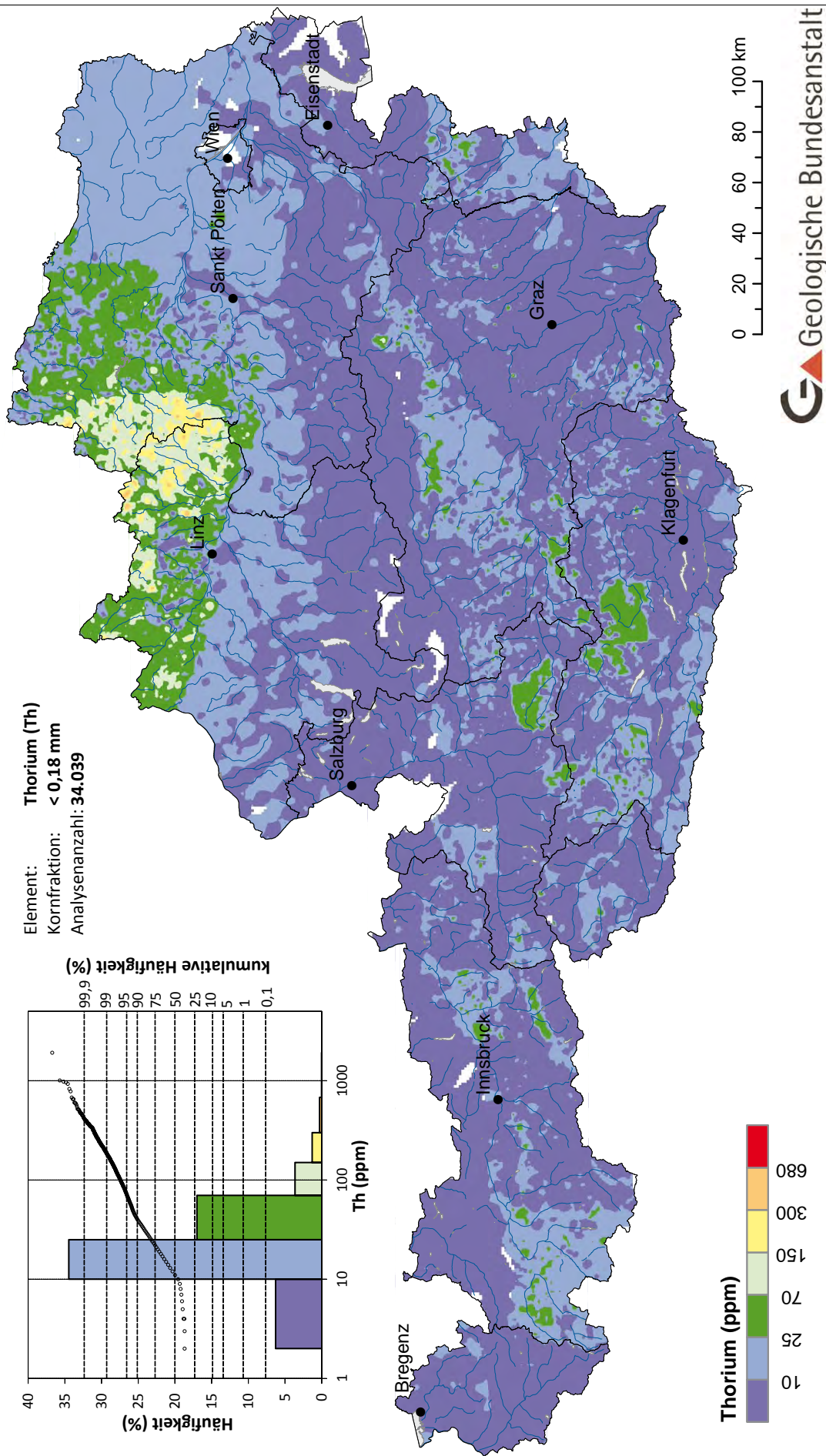
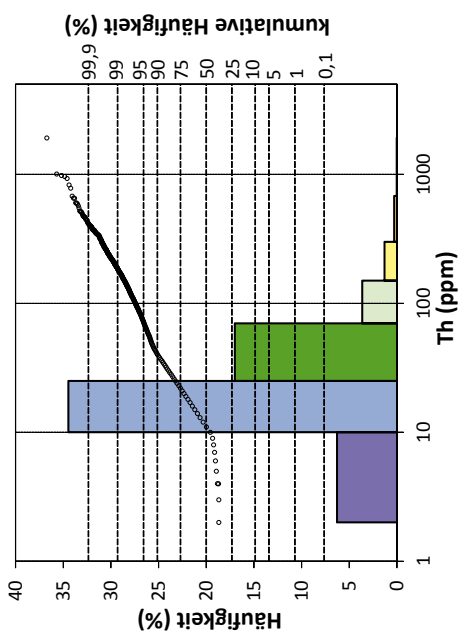


Abb. 137. Thoriumverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

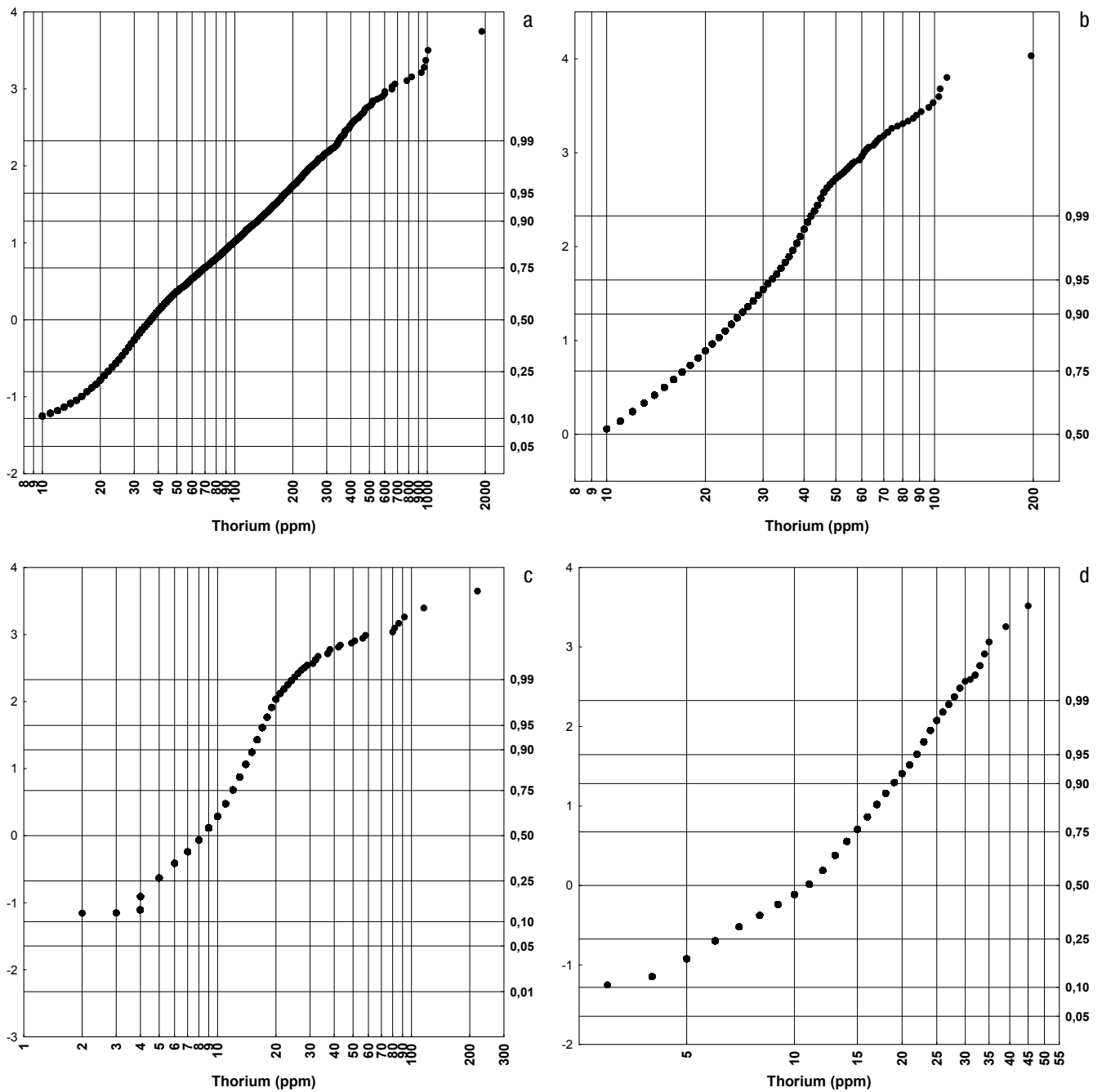


Abb. 138. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Thorium in ppm; Böhmisches Massiv (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

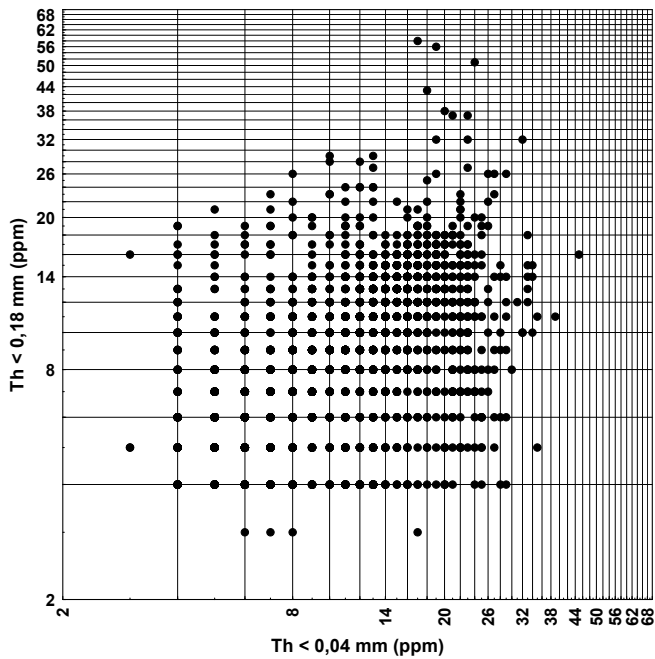


Abb. 139.
Vergleich der Kornfraktionen < 0,18 mm und < 0,04 mm für Thorium (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Das Element Thorium ist geogen überwiegend an Schwerminerale gebunden und dadurch meist mit Cer oder Lanthan korreliert. Lithologisch sind höhere Konzentrationen verknüpft mit Graniten, Granitoiden sowie entsprechenden Migmatiten.

In der Böhmischen Masse finden sich praktisch flächendeckend höhere Grundgehalte zwischen 30 und 150 pp sowie einige kleinräumigere, sehr hohe Konzentrationen zwischen 150 und 650 ppm, direkt verknüpft mit dem Vorkommen von Graniten.

In der Zentralzone sind nur kleinregional etwas höhere Grundgehalte (bis ca. 70 ppm) zu finden.

Ti – Titan (Abb. 140–142)

Geogene Herkunft

Lithophiles Nebenelement; Konzentrationsanstieg mit Alkalisierung der Magmen. In Gesteinen starke Tendenz zur Bildung akzessorischer Minerale. Im Zuge magmatogener Lagerstättenbildung angereichert in oxidischen Mineralbildungen. Sedimentäre Konzentration in rezenten und fossilen Seifen. Ti-Mineralie treten überwiegend in Schwermineralen auf: Ilmenit FeTiO_3 , Rutil, Anatas, Brookit TiO_2 , Titanit CaTiSiO_5 und Perowskit. Als Spurenelement in Amphibolen, Pyroxenen und Glimmermineralen, substituiert dort Fe^{2+} und Mg^{2+} .

Häufigkeit (Ti in M-%)

obere kontinentale Erdkruste	0,36 ⁶
ultrabasische Gesteine	0,03 ³
basische Gesteine	0,9 ²
intermediäre Gesteine	0,8 ¹
granitische Gesteine	0,23 ²
Tonschiefer	4,6 ⁵
Sandsteine	0,15 ³
Karbonatgesteine	0,04 ³
Unterböden	0,33 ⁴

Wichtige Titanminerale

Rutil (60 % Ti), Anatas (60 %), Brookit (60 %), Perowskit (35 %), Ilmenit (32 %), Sphen (24 %), Brannerit (23 %), Pyrochlor (bis 10 %), Euxenit (bis 10 %).

Titan als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Aktinolith	1.000
Allanit	bis 12.000
Amphibole	1.000
Augit	bis 50.000
Axinit	bis 50.000
Basaltische Hornblende	bis 34.000
Biotit	bis 100.000
Boehmit	1.000
Cassiterit	1.000
Chamosit	bis 11.000 TiO_2
Chloritoid	bis 15.000
Chromit	1.000
Chrysoberyll	bis 18.000
Cyanit	1.000
Hämatit	1.000
Illit	bis 13.000
Jadeit	1.000
Magnetit	bis 25.000
Muskovit	bis 23.000
Phlogopit	bis 12.000
Pyrop	1.000
Pyroxene	bis 40.000
Topas	1.000
Tremolit	1.000
Vermiculit	bis 11.000
Vesuvian	bis 28.000

Technogene Herkunft

Aufgrund seiner Eigenschaften ein vielseitig einsetzbarer Werkstoff vor allem in Speziallegierungen (rostfreier Stahl, Schneid- und Bohr Stahl, Düsenmotoren, Flugzeugbau, Raketentechnik u.a.); Haupteinsatzgebiet für oxidische Pigmente in der Farben-, Kunststoff-, Papier-, Keramik- und Lebensmittelindustrie; Verwendung von metallischem Titan zur Herstellung von beispielsweise Elektrodenüberzügen. Technologischer Eintrag auf Grund der hohen geochemischen Häufigkeit nicht erkennbar.

Verhalten in der Umwelt

Kein essenzielles Bioelement; wird aufgrund der geringen Absorption und Retention in Organismen als nicht toxisch eingestuft. Sehr geringe Mobilität unter allen Redox- und pH-Bedingungen; geringe Verwitterbarkeit Ti-führender Minerale; Auftreten vor allem in der Schwermineralfraktion der Bachsedimente.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs

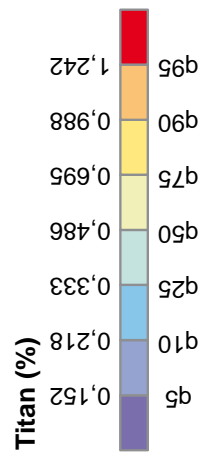
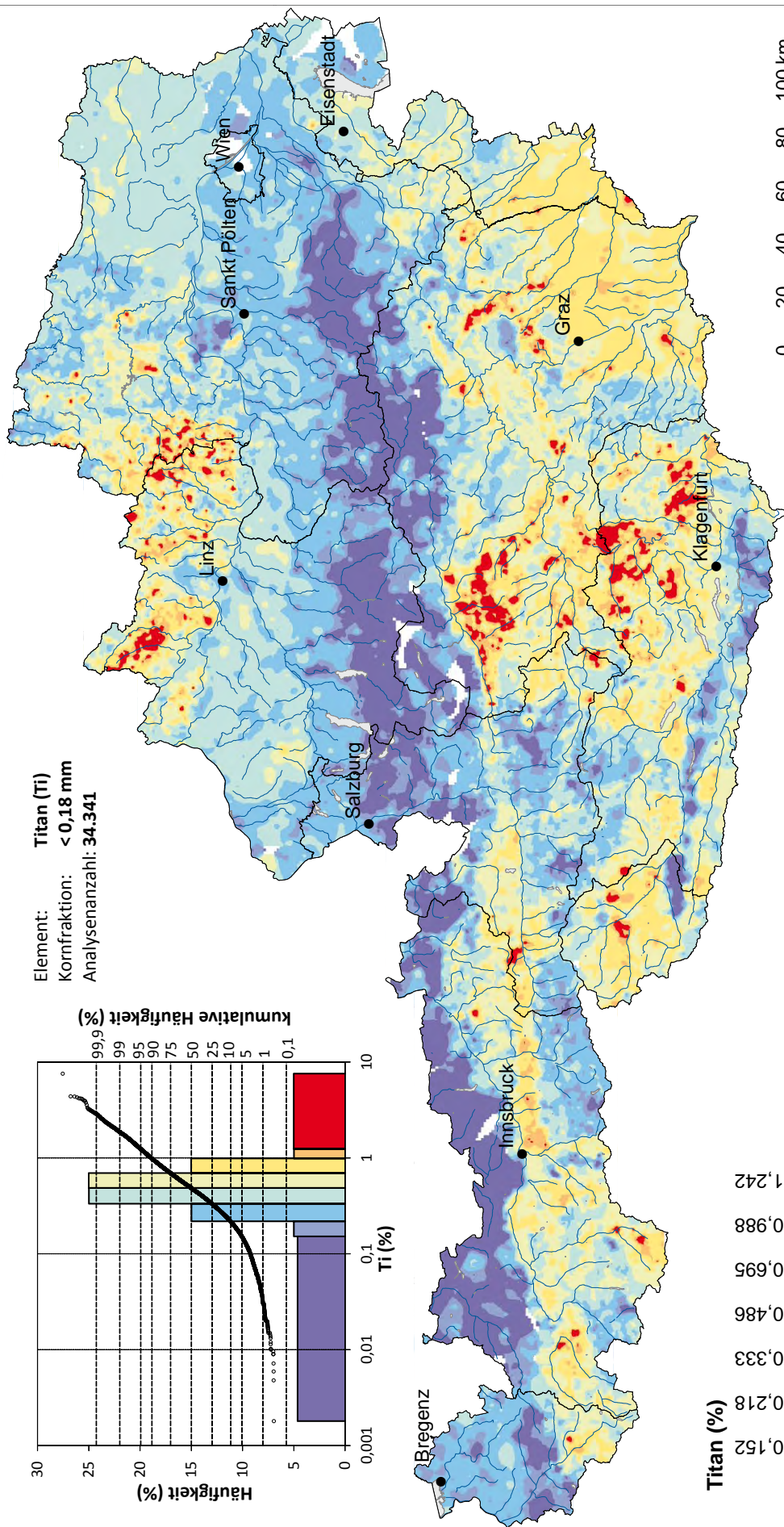
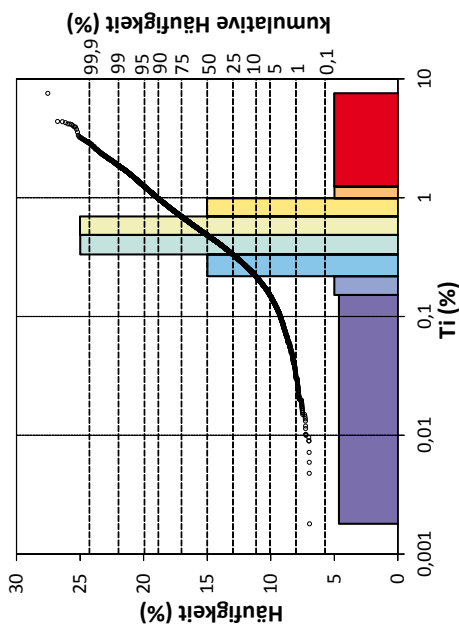


Abb. 140. Titanverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

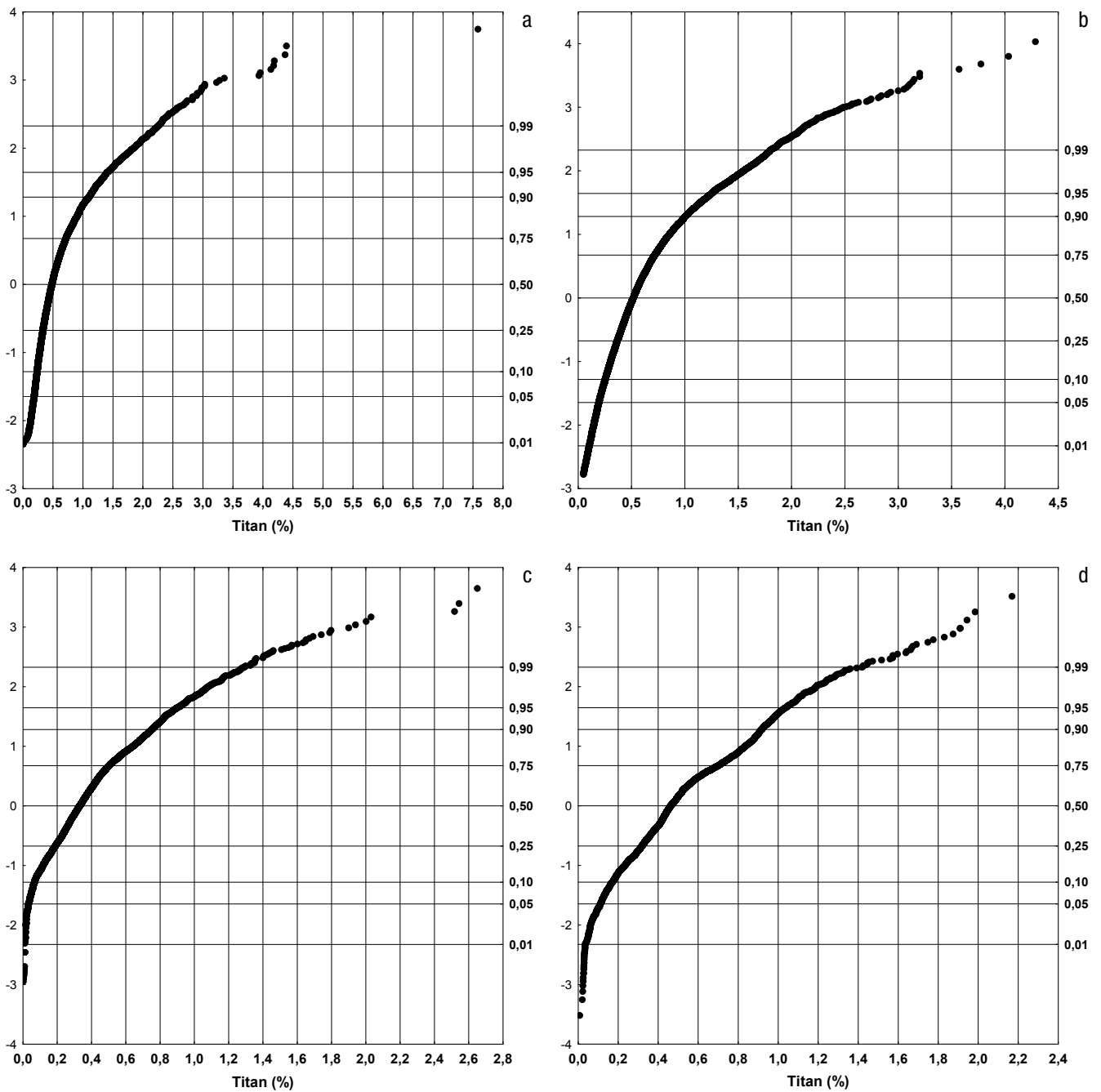


Abb. 141. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Titan in %; Böhmische Masse (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

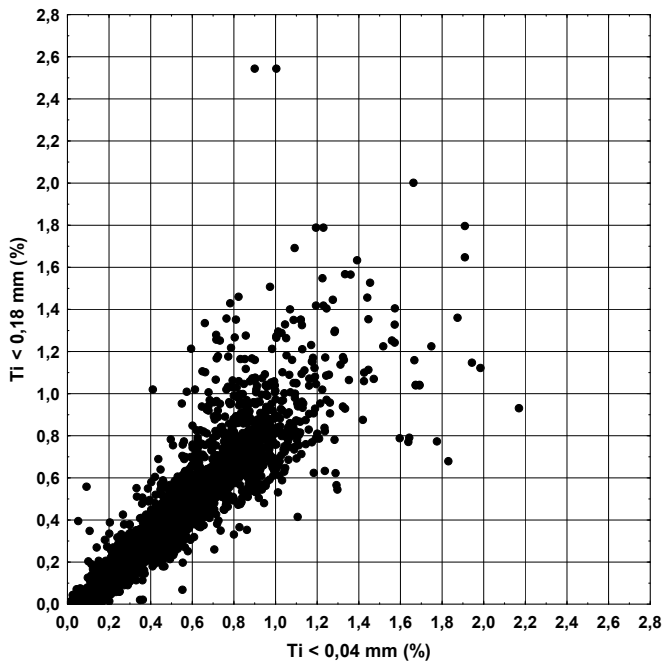


Abb. 142.
Vergleich der Kornfraktionen $< 0,18 \text{ mm}$ und $< 0,04 \text{ mm}$ für Titan (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Das Element Titan ist mineralogisch-geochemisch mit den Mineralen Rutil und Titanit sowie als häufiges Spurenelement in Amphibolen, Pyroxenen und Glimmern mit basischen Gesteinsserien verknüpft. So finden sich in diesen Gesteinsserien durchwegs höhere Grundgehalte (bis

1 %) und kleinregional auch höhere Konzentrationen (bis 2 %). Minima und sehr niedrige Grundgehalte von Titan ($< 0,5 \%$) sind in Flysch, Helvetikum, Kalkalpen, Drauzug und Karawanken anzutreffen. Solche niedrige Grundgehalte finden sich auch in Karbonat führenden Serien des Engadin, der Hohen Tauern sowie des Grazer Paläozoikums.

U – Uran (Abb. 143–144)

Geogene Herkunft

Lithophiles Spurenelement; angereichert mit der Alkalisierung der Magmen in der kontinentalen Kruste; Begleitelement des Thoriums ($\text{Th}/\text{U} = 4$); Abtrennung erfolgt durch hydrothermale und sedimentäre Prozesse; in Pegmatiten und hydrothermalen Mineralisationen oft assoziiert mit Silber, Arsen, Nickel, Cobalt und Bismut; in schichtgebundenen sedimentären Lagerstätten, Konglomeraten und Sandsteinen; in Phosphoriten und Schwarzschiefern vergesellschaftet mit Phosphor, Arsen, Vanadium, Molybdän, Selen, Blei und Kupfer.

Die wesentlichen Uranminerale sind Uraninit UO_2 , Pechblende U_3O_8 und Carnotit $\text{K}_2(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$; Spurenbis Nebenelement in Schwermineralen wie Zirkon, Apatit, Allanit und Monazit.

Häufigkeit (U in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	2,6 ⁶
ultrabasische Gesteine	0,001 ³
basische Gesteine	0,6 ²
intermediäre Gesteine	1,8 ¹
granitische Gesteine	4,8 ⁶
Tonschiefer	2,7 ⁵
Sandsteine	0,45 ³
Karbonatgesteine	2,2 ³
Unterböden	2 ⁴

Wichtige Uranminerale

Uraninit (50–85 % U_3O_8), Uranophan (56 % U), Carnotit (55 % U), Torbernit (51 % U), Autunit (50 % U), Brannerit (41 % U), Schröckingerit (bis 30 % U_3O_8), Urano-Thorianit (15 % und mehr U_3O_8), Thorit (bis 20 % U_3O_8), Tscholith (asphaltartige komplexe Verbindungen), Gummit (Gemenge von Pb-Uranyl-Oxiden und Th, bis 80 % U_3O_8).

Uran als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Apatit	X00
Biotit	10
Epidot	X00
Monazit	bis 34.000
Titanit	100
Xenotim	bis 50.000 UO_2
Zirkon	bis 15.000 U_3O_8

Technogene Herkunft

Verwendung in der Nuklearindustrie, in Nuklearwaffen und Munition sowie in der Glaserzeugung; Eintrag in die Umwelt durch Uranerzverhüttung und -verarbeitung, P-Düngung, Kohlefeuerung, Einsatz uranhaltiger Munition.

Verhalten in der Umwelt

Kein essenzielles Element für Organismen; chemotoxisch und radiotoxisch; alle natürlichen Isotope sind α -Strahler. Unter oxidierenden Bedingungen ist Uran hoch mobil; im reduzierenden Milieu sehr geringe Mobilität, unter sauren pH-Bedingungen hohe Mobilität und unter basischen Bedingungen sehr hohe Mobilität. Uran wird an die organische Substanz sowie an Fe-Hydroxide gebunden; Fällung im reduzierenden Milieu; in Bachsedimenten vor allem in der verwitterungsbeständigen Schwermineralfraktion vertreten.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

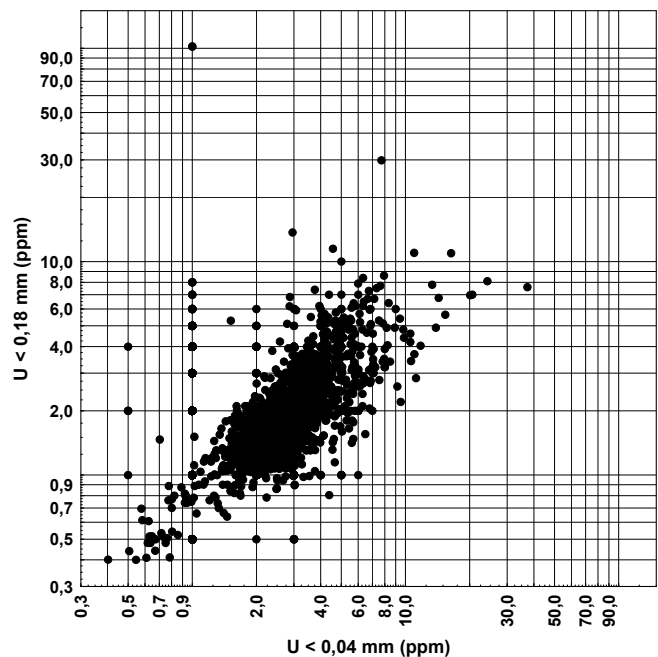


Abb. 143. Vergleich der Kornfraktionen < 0,18 mm und < 0,04 mm für Uran (Bundesländerprojekte).

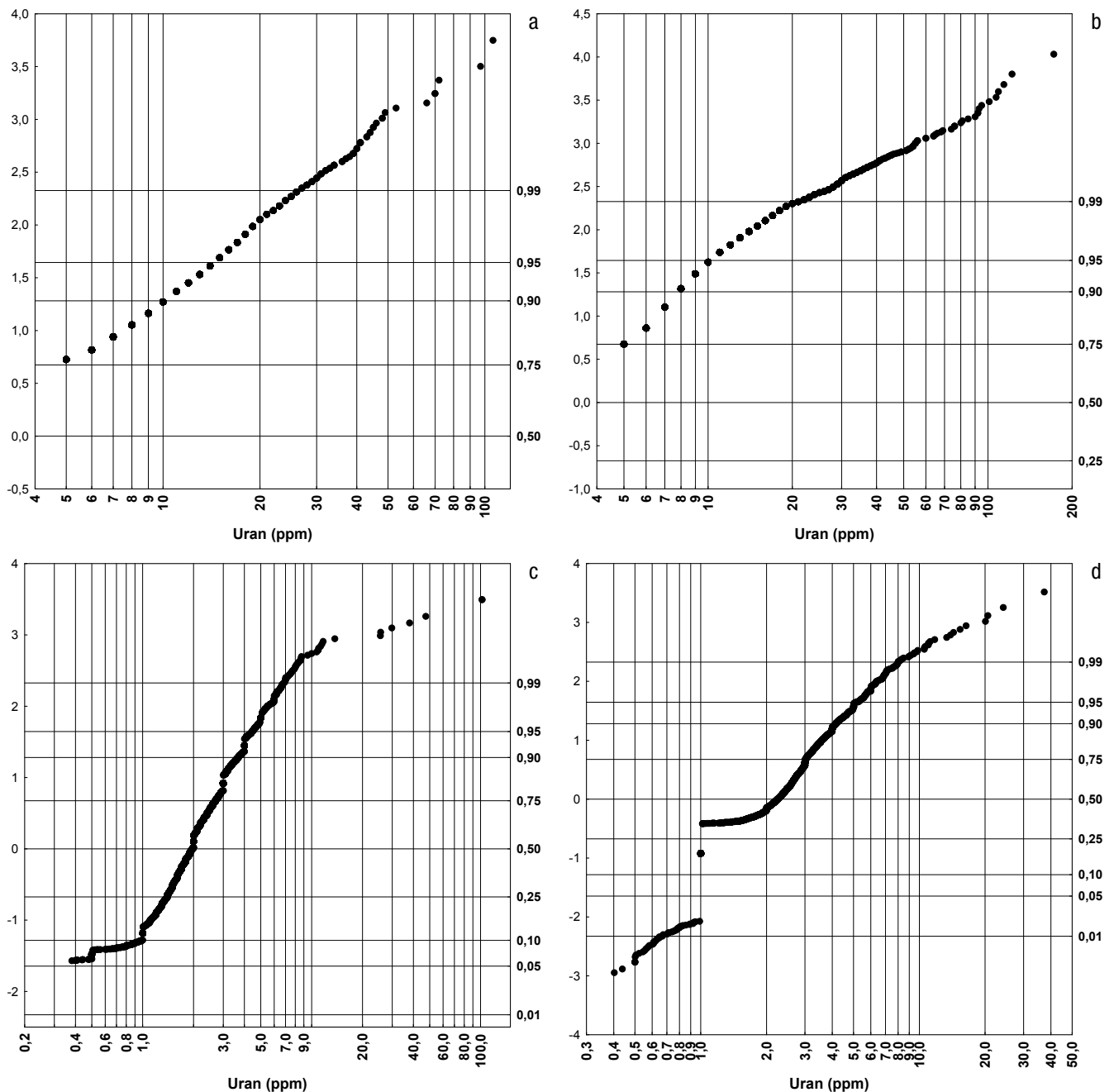


Abb. 144. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Uran in ppm; Böhmisches Massiv (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Für das Element Uran wird keine Flächendarstellung ausgeführt. Das hat seine Gründe in der Tatsache, dass einerseits im Bereich Böhmisches Massiv/Zentralzone ca. 75 % der Messdaten unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen, andererseits nach der Übersichtskontrolle auch die Analyseergebnisse für die Bundesländer Ober- und Niederösterreich nicht als stabil und nicht mit den anderen Bundesländern vergleichbar eingestuft werden können.

Die Verteilung von Uran in den Bachsedimenten ist prinzipiell abhängig von den Schwermineralgehalten der Sedimente, insbesondere der an U-reichen Mineralphasen Xenotim, Monazit und Zirkon. Hohe Konzentrationen folgen hauptsächlich Orthogneisen in verschiedenen Teilen des oberostalpinen Basements (insbesondere im Silvret-

ta-Seckau- bzw. Ötztal-Bundschuh-Deckensystem). Im Subpenninikum sind es vor allem die Zentralgneiskerne mit lokalen Uran-Mineralisationen, die zu höheren U-Gehalten in den Bachsedimenten führen. Transgressiv auflagernde permomskythische Klastika sind hingegen im Bereich der östlichen Grauwackenzone (Veitsch, Radmer) als Uranlieferanten anzusehen. Einen weiteren räumlich-geologischen Schwerpunkt für höhere Uran-Gehalte bildet das Verbreitungsgebiet meist bituminöser Zwischenlagen im Hauptdolomit bzw. seiner Äquivalente in den Gailtaler Alpen. Von den über 100 bekannten Uranvorkommen/-mineralisationen sind die Uran-Lagerstätte Forstau und begleitende Uranmineralisationen (bis 15 ppm U) indiziert, während die meisten anderen Mineralisationen in der Bachsedimentgeochemie wenig bis überhaupt nicht erfasst werden.

V – Vanadium (Abb. 145–147)

Geogene Herkunft

Lithophiles Spurenelement; angereichert mit Eisen in basischen und intermediären Magmen; weiters assoziiert mit Titan und anderen Schwermineralelementen; Trennung vom Eisen im sedimentären Zyklus. Im Oxidationsbereich als Vanadate in limonitischen Eisenerzen, Bauxiten, Tonschiefern, Schwarzschiefern, Phosphoriten, Bitumen und Kohlen. Vanadium tritt in einer Reihe von Mineralen auf: Coulsonit FeV_2O_4 , Vanadinit $\text{Pb}_5\text{Cl}(\text{VO}_4)_3$, Descloizit, Carnotit, V-Magnetit; als Spurenelement in Pyroxenen, Amphibolen, Glimmer, Apatit und Rutil.

Häufigkeit (V in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	106 ⁶
ultrabasische Gesteine	40 ³
basische Gesteine	250 ²
intermediäre Gesteine	100 ¹
granitische Gesteine	20 ²
Tonschiefer	130 ⁵
Sandsteine	20 ³
Karbonatgesteine	20 ³
Unterböden	63 ⁴

Wichtige Vanadiumminerale

Descloizit (13 % V), Carnotit (13 %), Vanadinit (11 %), Tyuyamunit (19,06 % V_2O_3), Patronit (28–39 %).

Vanadium als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Anatas	1.000
Augit	100
Biotit	100
Bronzit	100
Chromit	100
Fassait	1.000
Ilmenit	100
Magnetit	X.000
Muskovit	X00
Pyrit	1.000
Pyromorphit	100
Pyrop	100
Pyroxene	100
Siderit	100
Spodumen	1.000
Titanit	100
Turmalin (Dravit)	100
Wulfenit	bis 8.500

Technogene Herkunft

Verwendung in der Stahlveredelung, Sonderlegierungen (Ti), zur Herstellung von Schweißelektroden, Röntgenfilter in der Elektronikindustrie, Katalysatoren in der chemischen Industrie, für Glasuren, zur Reinigung von Gasen der Verbrennungsmotoren und Pharmazeutika. Eintrag in die Umwelt (vermutlich nur in geringem Ausmaß) durch Verbrennung fossiler Energieträger und aus der metallverarbeitenden Industrie.

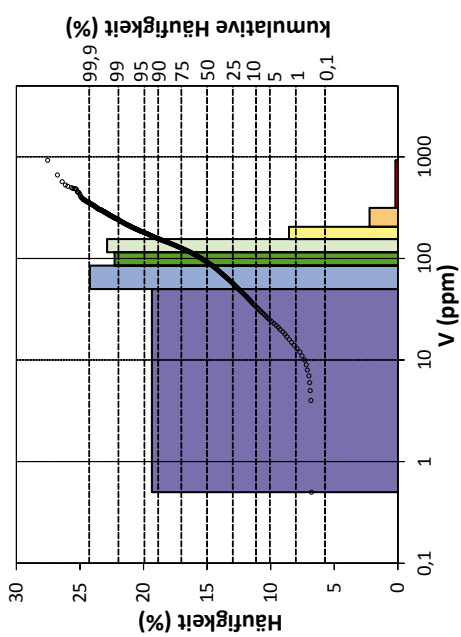
Verhalten in der Umwelt

Essenzielles Spurenelement für manche Organismen (Tiere, Pflanzen). Vanadium im Trinkwasser verhindert Karies (ähnlich Fluor). In höheren Konzentrationen toxische Auswirkungen, abhängig von der Verbindung und Wertigkeit. Manche Pflanzen können Vanadium akkumulieren.

Mobilität von Vanadium unter oxidierenden Bedingungen hoch, im reduzierenden Milieu sehr gering. Bei saurem pH-Wert hohe, bei neutralem bis basischem pH-Wert sehr hohe Mobilität; Sorption an Fe-Hydroxiden und der organischen Substanz; in den Bachsedimenten hauptsächlich in der Schwermineralfraktion angereichert (Magnetit, Granat), bzw. mit Eisen in der Feinfraktion angereichert.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs



Element: Vanadium (V)
 Kornfraktion: < 0,18 mm
 Analysenanzahl: 34.306

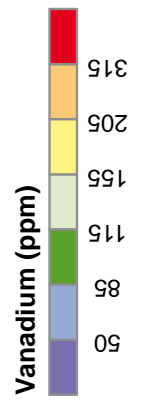
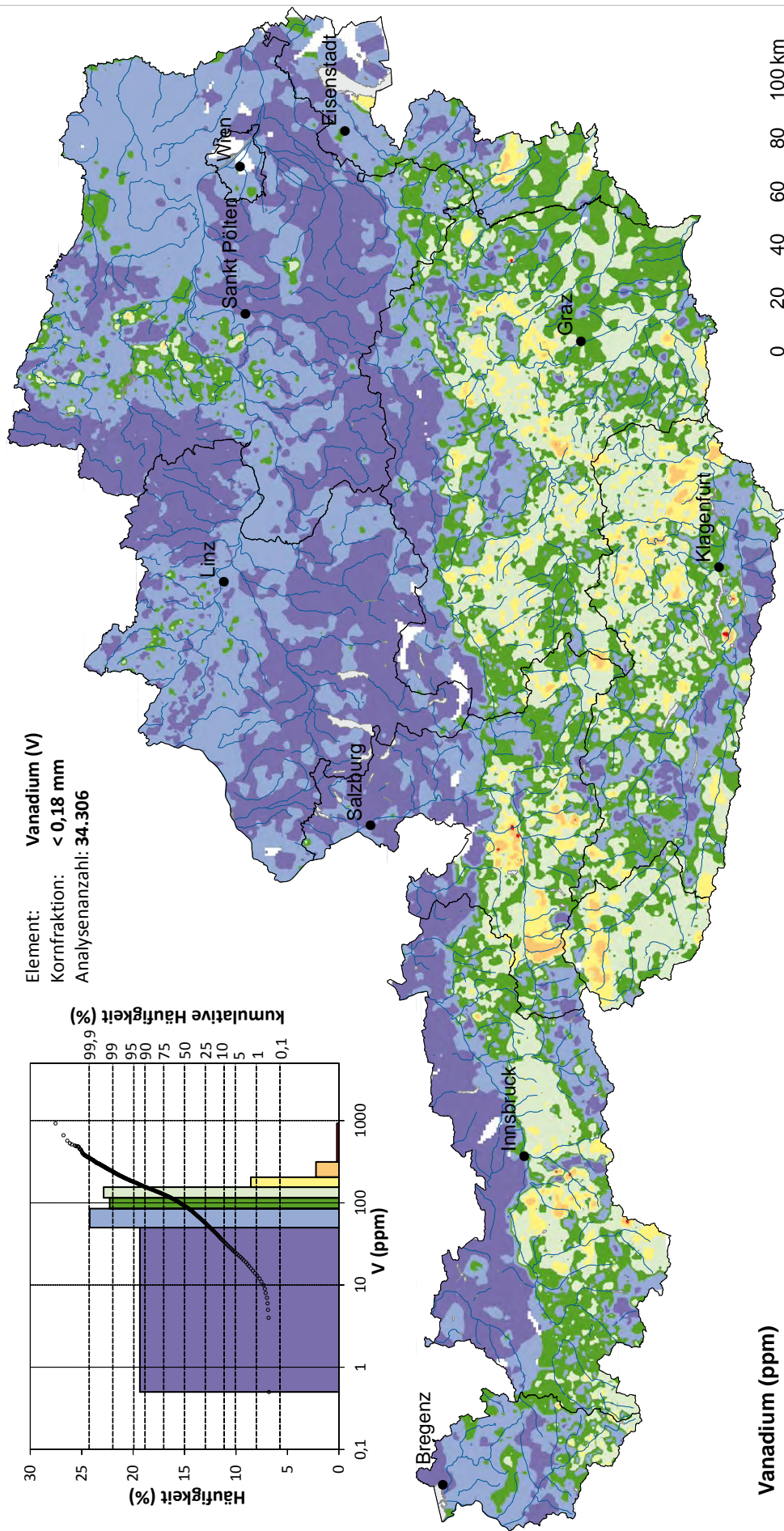


Abb. 145. Vanadiumverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

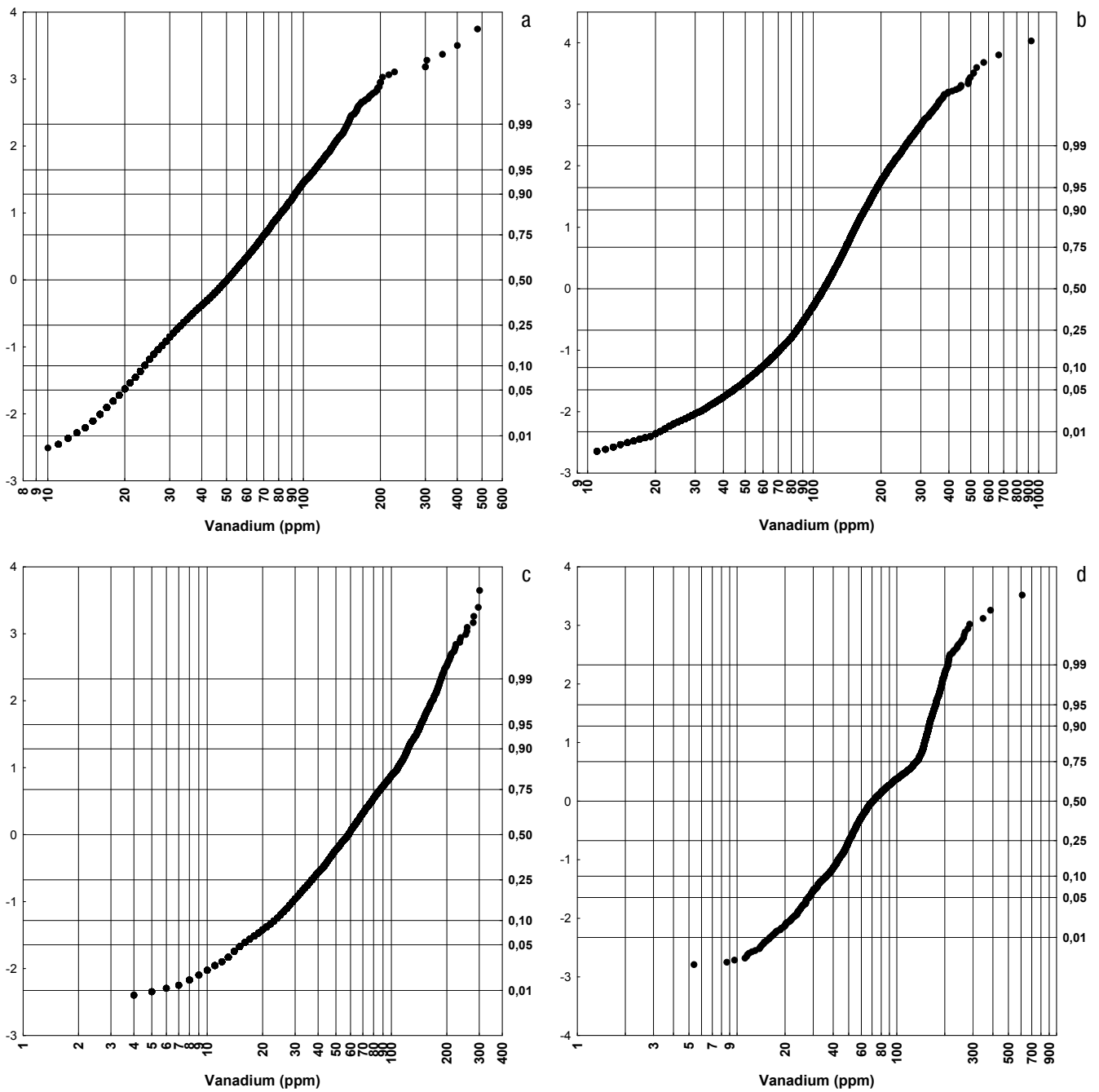


Abb. 146. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Vanadium in ppm; Böhmishe Masse (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

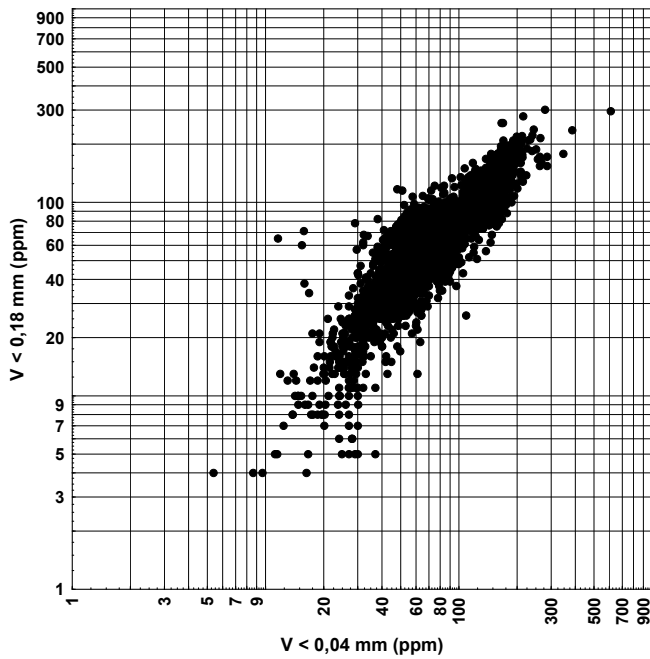


Abb. 147.
Vergleich der Kornfraktionen $< 0,18 \text{ mm}$ und $< 0,04 \text{ mm}$ für Vanadium (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Das Element Vanadium ist als Spurenelement in Amphibolen, Pyroxenen und Glimmern mit basischen und ultrabasischen Gesteinsserien mineralogisch-geochemisch verknüpft. Aus der regionalen und kleinregionalen Verteilung der Vanadium-Grundgehalte (ca. 90 bis 150 ppm /

bis 200 ppm / $> 200 \text{ ppm}$) bestätigt sich dieser Zusammenhang. In Karbonatgebieten und Karbonat führenden ostalpinen Kristallineinheiten liegen die Grundgehalte verbreitet bei $< 50 \text{ ppm}$. In Abhängigkeit von ihren ehemaligen Liefergebieten können im Helvetikum, im Nördlichen Weinviertel oder im Steirischen Becken auch Grundgehalte bis 150 ppm in den Bachsedimenten beobachtet werden.

W – Wolfram (Abb. 148–149)

Geogene Herkunft

Lithophiles Spurenelement der Molybdängruppe; in Spätdifferentiaten saurer Magmen, Pegmatitskarnen und Greisenmineralisationen assoziiert mit Molybdän, Zinn, Tantal, Niob und Bismut; in hydrothermalen, oft auch schichtgebundenen Lagerstätten gemeinsam mit Gold, Bismut und Antimon. Auch in dolomitischen und kalziumsilikatreichen Gesteinen. Hauptminerale sind Wolframit (Fe,Mn)WO₄ und Scheelit CaWO₄. Als Spurenelement in Glimmer.

Häufigkeit (W in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	1,4 ⁶
ultrabasische Gesteine	0,7 ³
basische Gesteine	0,7 ²
intermediäre Gesteine	1,0 ¹
granitische Gesteine	2,0 ²
Tonschiefer	1,8 ⁵
Sandsteine	1,6 ³
Karbonatgesteine	0,6 ³
Unterböden	< 5,0 ⁴

Wichtige Wolframminerale

Wolframit (61 % W), Scheelit (64 % W), Stolzit (40 %).

Wolfram als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Cassiterit	1.000
Columbit	bis 11.000
Feldspäte	bis 100
Ilmenit	bis 70
Manganoxide	bis 55.000
Mikrolith	Ø 600
Muskovit (aus Granit)	Ø 150
Muskovit (aus Greisen)	Ø 510
Pyrochlor	bis 3.000
Pyrolusit	bis 8.000
Rutil	bis 2.000
Sphen	Ø 34
Tantalit	Ø 93

Technogene Herkunft

Verwendung in der Stahlveredelung, in Sonderlegierungen, in Wolframcarbid (harte Werkmaterialien), Glühfäden, Antikathoden in Röntgenstrahlröhren, Katalysatoren, Flugzeug- und Raketentechnik, Behältern und Strahlenschutzschirmen, Leuchtstoffen, Beizmitteln etc. Die Verbreitung in der Umwelt wird als gering eingeschätzt; möglicherweise bei Wolfram-Abbau und -Weiterverarbeitung.

Verhalten in der Umwelt

Kein essenzielles Spurenelement; über toxische Wirkung von Wolfram sind kaum Informationen vorhanden. Toxizität wurde bisher aufgrund der niedrigen Mobilität als gering eingeschätzt; neueren Studien der UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA (2014) zur Folge wird Wolfram bereits als „emerging contaminant“ mit erhöhtem Forschungsbedarf geführt. Bei bestimmten Redox- und pH-Bedingungen wurde Auslaugung von Wolfram aus dem B-Horizont von Böden (starke Anreicherung durch Sorption an Mn-Oxiden) in das Grundwasser beobachtet.

Scheelit sowie Wolfram führende Schwerminerale sind hoch verwitterungsbeständig. Wolfram wird in der Schwermineralfraktion der Bachsedimente angereichert.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

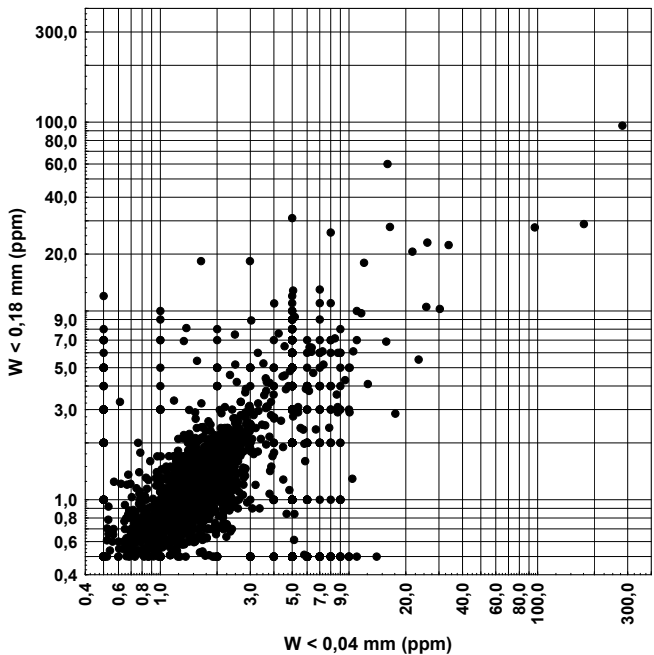


Abb. 148. Vergleich der Kornfraktionen < 0,18 mm und < 0,04 mm für Wolfram (Bundesländerprojekte).

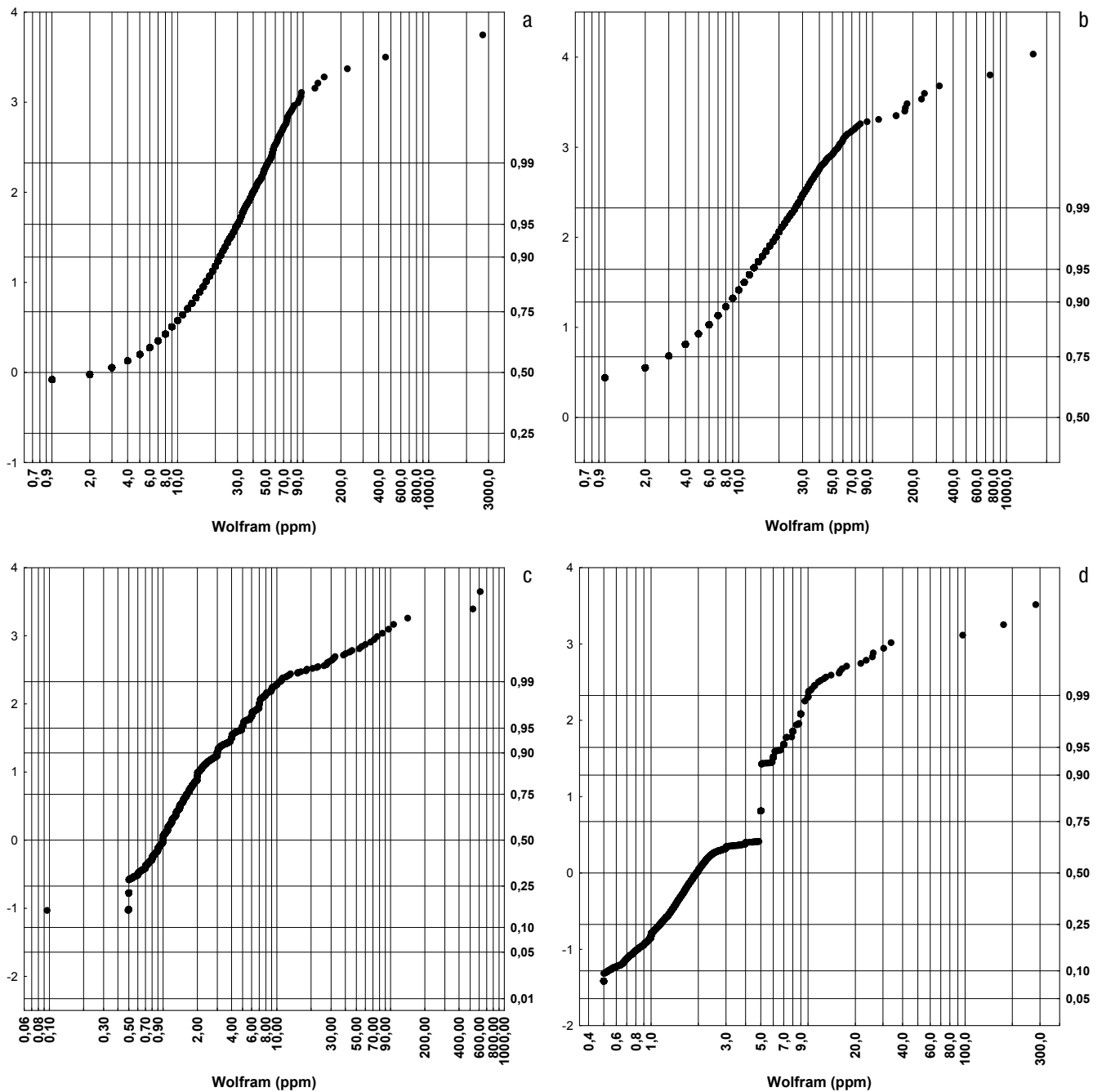


Abb. 149. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Wolfram in ppm; Böhmisches Masse (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Das Element Wolfram wird in den Bach- und Flusssedimenten mineralogisch überwiegend durch Scheelit repräsentiert. Aufgrund der Bruchcharakteristik und des spezifischen Gewichts neigt Scheelit in den Bachsedimenten zur „Übertreibung“ der tatsächlichen Vorkommen im Einzugsgebiet. In der flächigen Darstellung stehen z.B. in den

ostalpinen Kristallineinheiten und dem Subpenninikum somit Einzelprobepunkte mit sehr hohen W-Konzentrationen (> 70 ppm) großen Flächen mit Konzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze gegenüber. Auch in der Analytik zu den Bundesländerprojekten wurden kaum stabile und plausible W-Verteilungen gefunden. Deshalb wird auf eine flächige Darstellung verzichtet.

Y – Yttrium (Abb. 150–153)

Geogene Herkunft

Lithophiles Spurenelement; folgt geochemisch Kalzium; Konzentration in Alkaligesteinen, Pegmatiten und Seifenlagerstätten. Assoziiert mit Schwermineralelementen wie Cer, Lanthan, Titan und Zirkonium. Wichtigstes Yttriummineral ist Xenotim (YPO_4). Als Spurenelement auch in Granat, Apatit und Zirkon.

Häufigkeit (Y in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	21 ⁶
ultrabasische Gesteine	0,X ³
basische Gesteine	25 ²
intermediäre Gesteine	35 ²
granitische Gesteine	40 ²
Tonschiefer	26 ⁵
Sandsteine	40 ³
Karbonatgesteine	30 ³
Unterböden	23 ⁴

Wichtige Yttriumminerale

Xenotim (48 % Y), Gadolinit (38 % Y), Fergusonit (15 %), Brannerit (3 %), Monazit (bis 5 % Y_2O_3), Orthit (bis 8 % Y_2O_3), Samarskit (bis 14,49 % Y_2O_3), Yttrifluorit (bis 13,7 % Y).

Yttrium als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Almandin	1.000
Amphibole	10
Apatit	100
Biotit	10
Eudialyt	1.000
Fluorit	100
Magnetit	100
Pyrop	10
Spessartin	1.000
Uraninit	100
Zirkon	bis 40.000

Technogene Herkunft

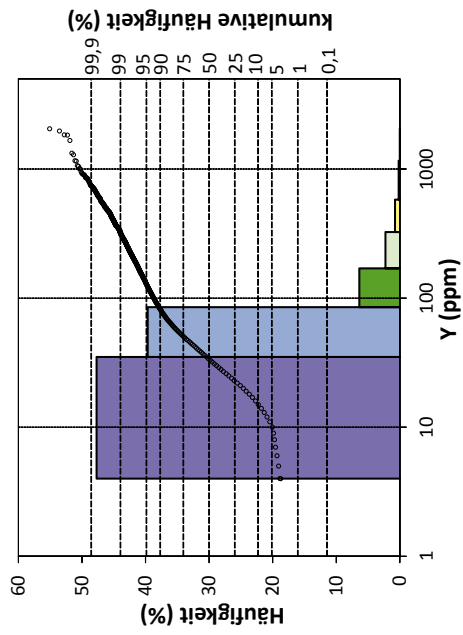
Verwendung in der Keramik- und Glasindustrie, in Legierungen als metallurgische Additiva, in elektrotechnischen Produkten (Kathodenstrahlröhren, Fluoreszenzlampen) und in Hochtemperatursupraleitern; kaum technogener Eintrag in die Umwelt; anthropogene Quellen sind der SEE-Bergbau und die keramische Industrie.

Verhalten in der Umwelt

Kein essenzielles Spurenelement für Organismen. Toxizität vermutlich gering, allerdings existiert nur eine unzureichende Datenlage. Mobilität unter allen Redox- und pH-Bedingungen sehr gering. In Bachsedimenten vor allem in der verwitterungsbeständigen Schwermineralfraktion angereichert.

² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs



Element: Yttrium (Y)
 Kornfraktion: < 0,18 mm
 Analysenanzahl: 34.039

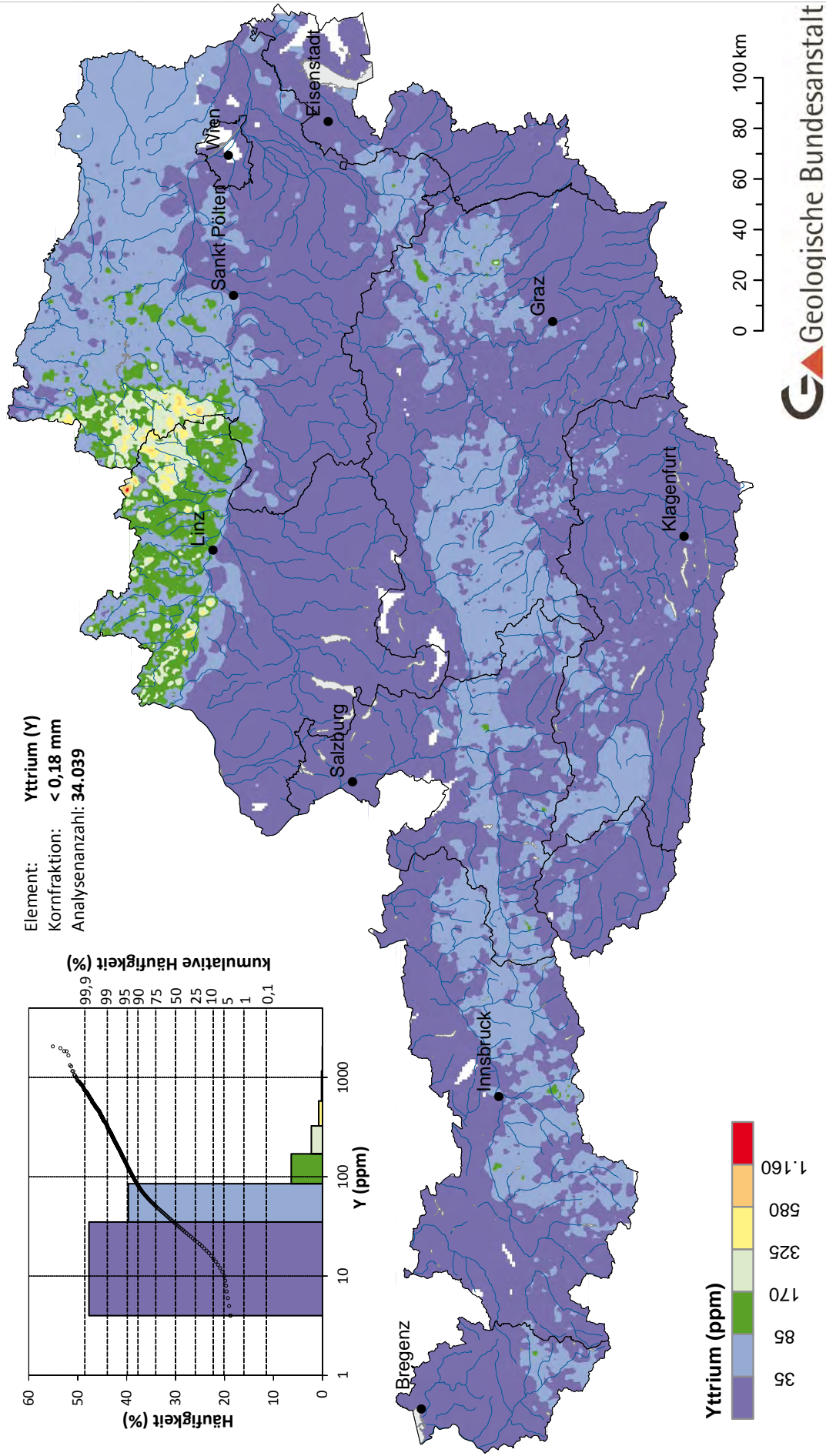


Abb. 150. Yttriumverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

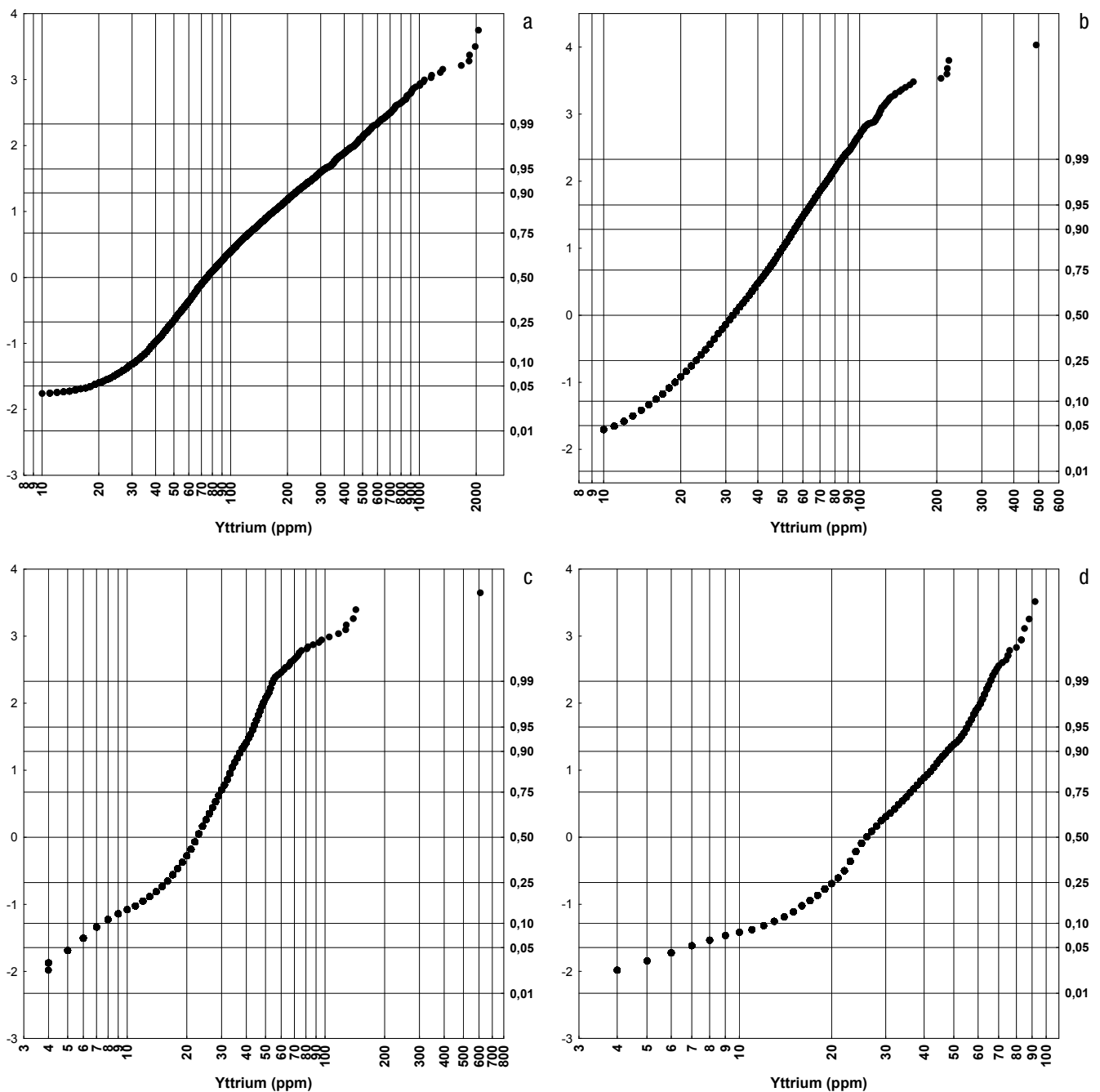


Abb. 151. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Yttrium in ppm; Böhmishe Masse (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Das Element Yttrium ist in den Bach- und Flusssedimenten an das Vorkommen von Schwermineralen gebunden (insbesondere Xenotim). Die jeweilige Elementkonzentration im Sediment ist daher nicht nur von der Lithologie des Einzugsgebiets abhängig, sondern auch von den Transport- und Sedimentationsbedingungen im jeweiligen Bach-/Flussabschnitt. Minerale mit höherem spezifischen Gewicht („Schwerminerale“) werden im Bachverlauf verstärkt direkt unterhalb von Hindernissen abgelagert und

damit an bestimmten Stellen angereichert. Auf Grund ihrer durchschnittlichen Korngröße finden sich diese Schwerminerale auch meist in der Feinstfraktion.

In der Gesamtübersicht für die Analyseergebnisse der Kornfraktion < 0,18 mm fallen die verbreitet hohen Konzentrationen (> bis >> 170 ppm) in der Böhmischen Masse auf. Das hat drei Gründe:

- a. Die Granite und die entsprechenden Migmatite besitzen einen hohen Anteil an Y-führenden Schwermineralen.

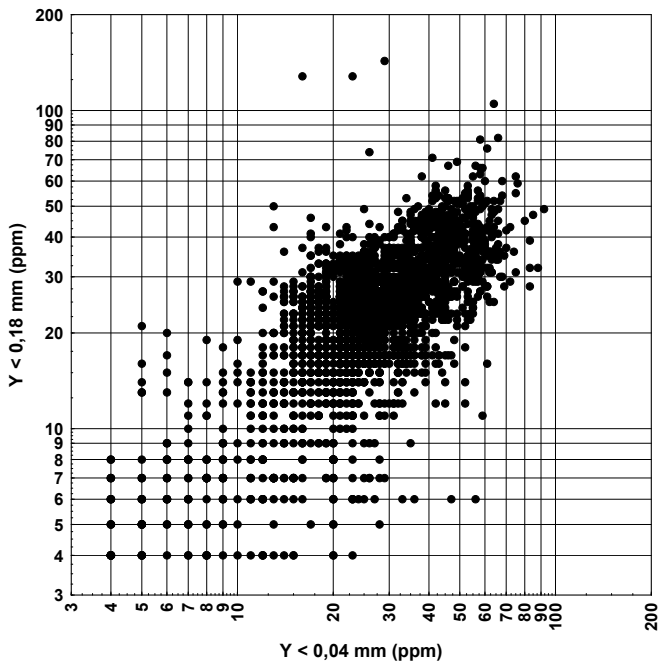


Abb. 152. Vergleich der Kornfraktionen <math>< 0,18 \text{ mm}</math> und <math>< 0,04 \text{ mm}</math> für Yttrium (Bundesländerprojekte).

- b. Die ungestörte Verwitterung seit dem Neogen hat in der Verwitterungsaufgabe zu einer Anreicherung der meist sehr verwitterungsresistenten Schwerminerale geführt.
- c. Die spezifische Sedimentzusammensetzung und die Transportvorgänge führen zu einer weiteren Anreicherung der sehr feinkörnigen Schwerminerale.

Durch diese Dominanz der sehr hohen Y-Konzentrationen in der Böhmisches Masse werden die Verteilungsmuster im übrigen Bundesgebiet undeutlich, da dort kaum Y-Konzentrationen > 170 ppm anzutreffen sind.

Um die Verteilungsmuster auch in Gebieten verbreitet niedrigerer Y-Konzentrationen zu verdeutlichen, werden in Abbildung 153 die Analyseergebnisse der Kornfraktion <math>< 0,18 \text{ mm}</math> aus den Bundesländerprojekten getrennt dargestellt. Damit wird herausgearbeitet, dass die Konzentrationsminima mit den Karbonatgebieten verknüpft sind. In der Molassezone, den inneralpinen Becken sowie im Sediment der größeren, alpinen Flüsse sind verbreitet Y-Konzentrationen von nur 20 bis 40 ppm zu beobachten. Y-Konzentrationen > 40 ppm im Weinviertel und einem kleinen Abschnitt der Oberösterreichischen Molasse weisen auf Liefergebiete für die quartären und neogenen Lockersedimente aus der Böhmisches Masse hin.

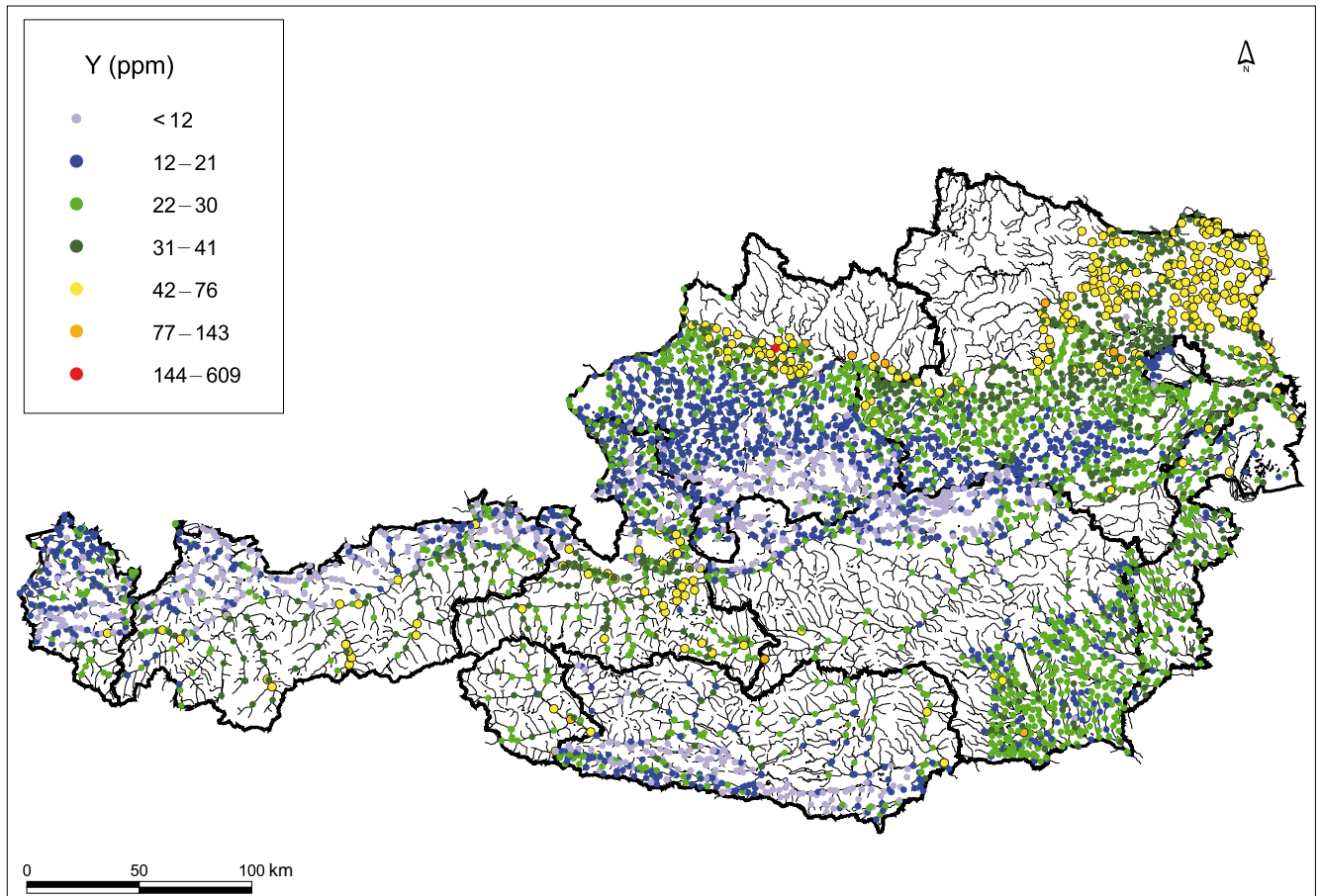


Abb. 153. Bach- und Flusssedimentgeochemie Kornfraktion <math>< 0,18 \text{ mm}</math>, Bundesländerprojekte; Yttriumverteilung.

Zn – Zink (Abb. 154–156)

Geogene Herkunft

Chalkophiles Spurenelement aus der Gruppe der Übergangselemente; getarnt vor allem durch Eisen; vorwiegend in hydrothermalen Lagerstättenbildungen, assoziiert mit Blei, auch Eisen, Kupfer, Silber, Gold, Arsen und Antimon sowie seltenen Spurenelementen wie Cadmium, Gallium, Indium, Thallium und Germanium. Hauptminerale sind vor allem Sphalerit ZnS, untergeordnet Smithsonit ZnCO₃ und Zinkit ZnO; als Spurenelement häufig eingebaut in Pyroxenen, Amphibolen, Glimmer, Granat und Magnetit.

Häufigkeit (Zn in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	75 ⁶
ultrabasische Gesteine	50 ³
basische Gesteine	100 ²
intermediäre Gesteine	72 ¹
granitische Gesteine	40 ²
Tonschiefer	95 ⁵
Sandsteine	16 ³
Karbonatgesteine	20 ³

Wichtige Zinkminerale

Sphalerit (60–67 % Zn), Smithsonit (52 % Zn), Hemimorphit (54 % Zn), Willemit (59 % Zn), Gahnit (36 % Zn), Desclozit (16 % Zn), Franklinit (bis 27 % Zn).

Zink als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Ankerit	1.000
Biotit	100
Brucit	bis 24.000
Cerussit	100
Dolomit	100
Hausmannit	100
Hedenbergit	100
Jamesonit	100
Magnetit	100
Miargyrit	100
Muskovit	100
Pentlandit	100
Pyrit	bis 45.000
Pyroxene	100
Rhodochrosit	bis 120.000
Rhodonit	bis 48.000
Siderit	100
Spinell	1.000
Tennantit	100
Vesuvian	1.000

Technogene Herkunft

Verwendung in Legierungen, zum Verzinken von Metallen, in galvanischen Elementen, in Pigmenten, in Kunststoffen, Batterien, in der chemischen und pharmazeutischen Industrie, in Fungiziden, der Arzneimittel-, Düngemittel- und Futtermittelindustrie, in Verpackungsmaterial etc. Eintrag in die Umwelt durch Zinkverhüttung und die metallverarbeitende Industrie, durch verzinkte Metalle, Industrieabwässer (Zellstoffproduktion), Kohleverfeuerung, Müllverbrennung und Klärschlamm.

Verhalten in der Umwelt

Essenzielles Spurenelement für alle Organismen. Mäßige bis geringe Toxizität für Pflanzen und Tiere. Zinkverbindungen als Futterzusatz für Schweine und Hühner. Hohe Bodenkonzentrationen können zu Wachstumsdepressionen bei Pflanzen führen. Hohe Mobilität unter sauren, oxidierenden Bedingungen; in reduzierendem Milieu und bei neutralen bis basischen pH-Werten gering mobil; Sorption an Fe-, Mn-Oxiden, Tonmineralen und an organischen Substanzen; Mitfällung mit Eisen.

In den Bachsedimenten Anreicherung in der Feinfraktion; Gahnit und Sphalerit finden sich häufig in der Schwermetallfraktion.

¹ GOVETT (1983), ² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs

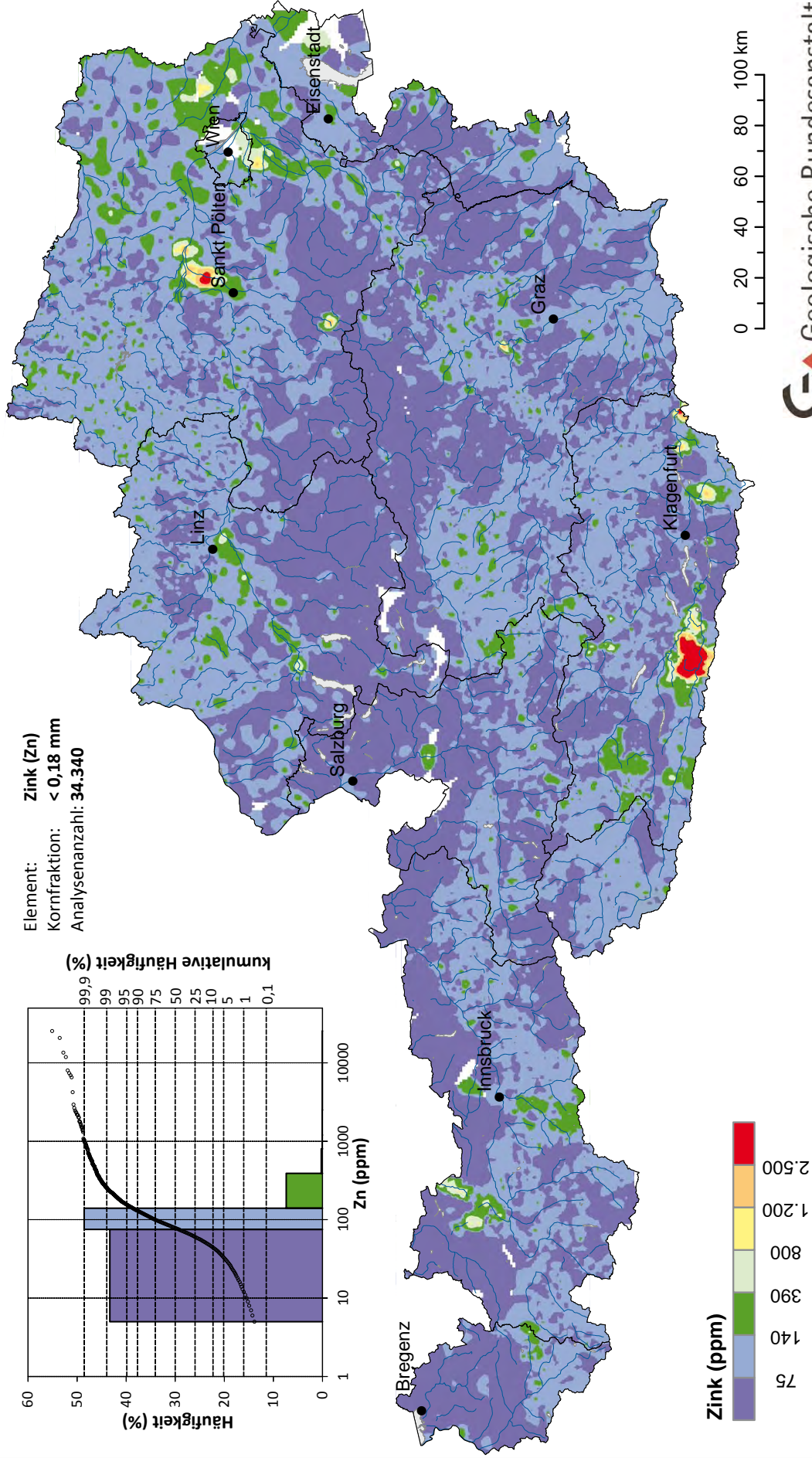
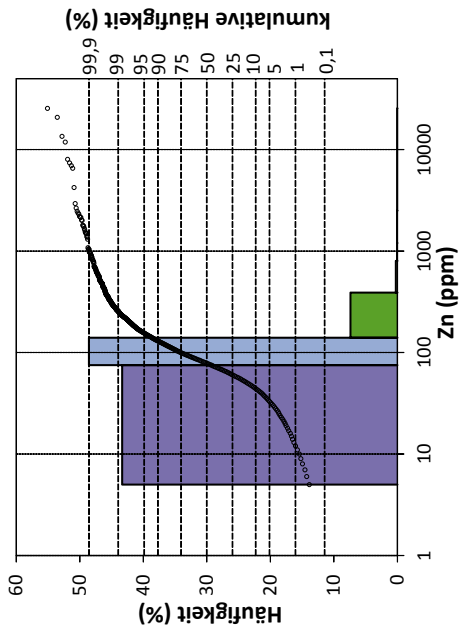


Abb. 154.
 Zinkverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

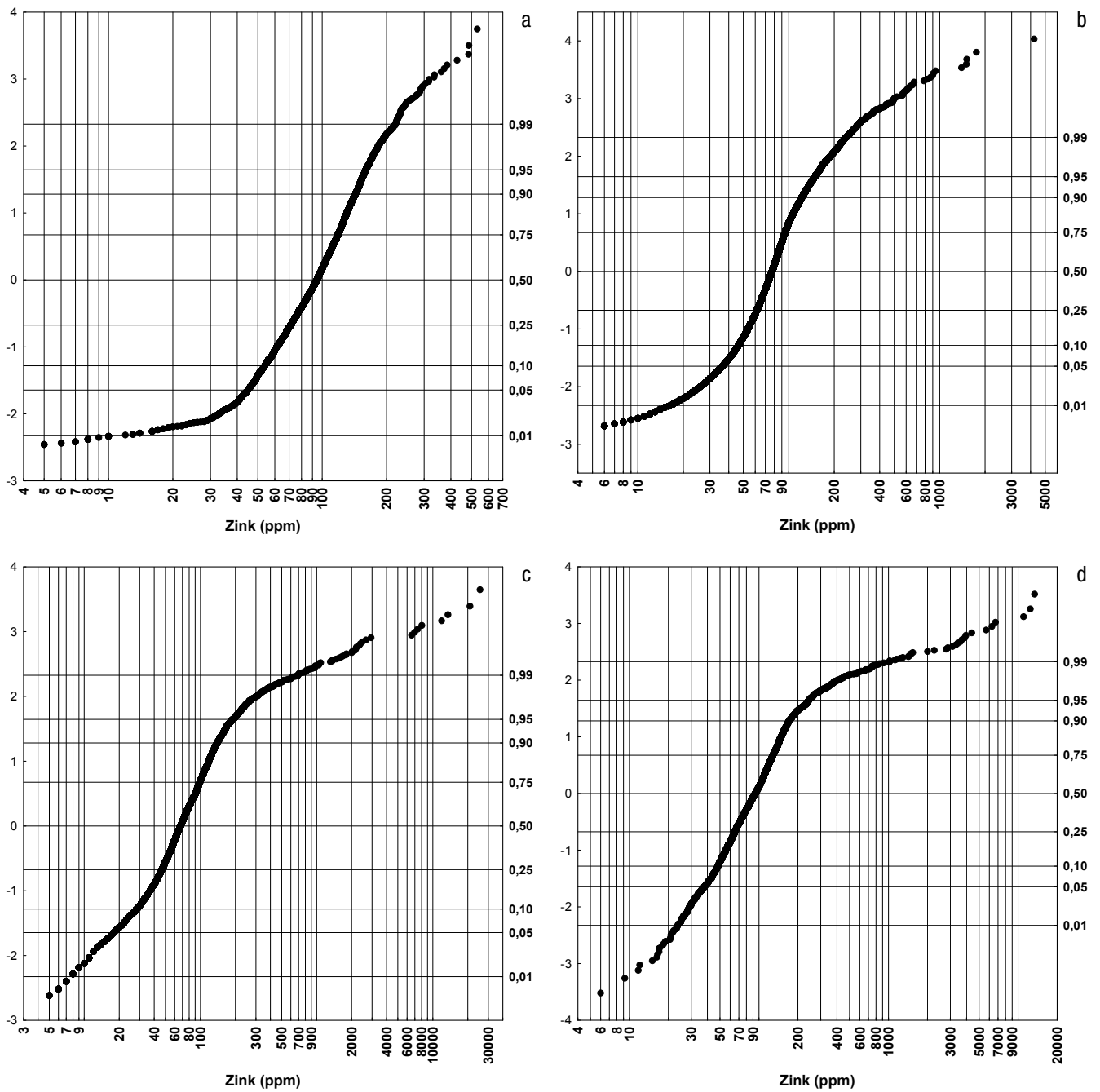


Abb. 155. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Zink in ppm; Böhmische Masse (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

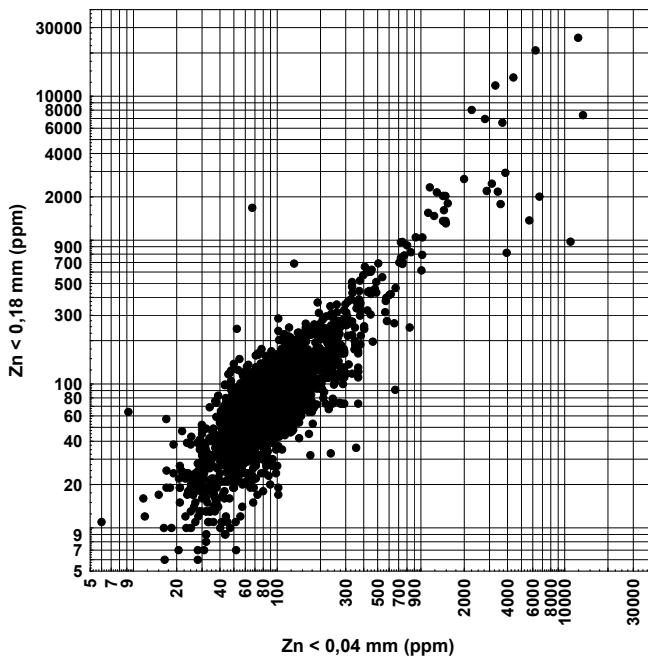


Abb. 156.
Vergleich der Kornfraktionen < 0,18 mm und < 0,04 mm für Zink (Bundesländerprojekte).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Die räumliche Verteilung des Elements Zink in Bach- und Flusssedimenten ist über mehrere Ebenen zu beschreiben.

Geogen:

- Durchwegs niedrige Grundgehalte (< bis << 140 ppm) in großen Teilen der Kristallingebiete der Böhmisches Masse und der Zentralzone. Kleinregional aber auch höhere Grundgehalte (bis ca. 800 ppm), die entweder mit feinverteilten Sulfidvorkommen oder mit Einbau von Zink im Gitter von Amphibolen, Pyroxenen, Glimmer oder Granat verknüpft sind.
- Hohe bis sehr hohe Konzentrationen im Umfeld von Pb-Zn-Vererzungen im Grazer Paläozoikum, Drauzug (Raum Bleiberg-Kreuth), in den Nördlichen Kalkalpen (Annaberg/Türnitz), Karawanken und den westlichen Tiroler Kalkalpen.

Anthropogen/technogen:

- Hohe bis sehr hohe Konzentrationen im Sediment von Flüssen wie Ager-Traun oder Traisen als „Rest“-Belastungen aus industriellen Anlagen.
- Immissionen in Ballungsgebieten, wie z.B. im Marchfeld oder im Süden von Wien.
- Auswirkungen von Verhüttung und Metallverarbeitung wie im Raum Arnoldstein.

Zr – Zirkonium (Abb. 157–160)

Geogene Herkunft

Lithophiles Spurenelement; assoziiert mit Hafnium, Yttrium, Lanthan, Cer und anderen Elementen der Seltenen Erden sowie Titan, Niob, Thorium und Lithium; Zr-Silikate in Alkaligesteinen; Zirkon häufig als Seifenmineral zu beobachten; Ausscheidung als Oxid bei Hydrothermal- und Verwitterungsprozessen.

Häufigkeit (Zr in ppm)

obere kontinentale Erdkruste	193 ⁶
ultrabasische Gesteine	45 ³
basischen Gesteinen	150 ²
intermediäre Gesteine	260 ²
granitische Gesteine	180 ²
Tonschiefer	160 ⁵
Sandsteine	230 ³
Karbonatgesteine	19 ³
Unterböden	222 ⁴

Wichtige Zirkoniumminerale

Zirkon (50 % Zr), Baddeleyit (73,9 % Zr), Caldasit (ein Mineralgemisch aus Zirkon und Baddeleyit mit bis zu 97 % ZrO₂).

Zirkonium als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm)^{8,9}

Aegirin	1.000
Albit	10
Almandin	100
Amphibole	100
Augit	100
Biotit	10
Boulangerit	100
Cassiterit	100
Ilmenit	100
Ilvait	100
Löllingit	100
Monazit	bis 52.000
Muskovit	10
Olivin	10
Periklas	bis 24.000
Rutil	1.000
Titanit	1.000
Vivianit	100
Wolframit	100
Xenotim	bis 30.000 ZrO ₂

Technogene Herkunft

Verwendung in der Glas- und Keramikindustrie, in Sonderlegierungen, Vakuumröhren und Blitzlichtbirnen, in Kernreaktoren, Gießereiformsand, Schleifmitteln, Chirurgie, Kosmetika, Farben und Pigmenten. In technogenen Abfällen eher seltener; Eintrag in die Umwelt unbedeutend.

Verhalten in der Umwelt

Kein essenzielles Spurenelement. Toxizität von Zirkonium höchstwahrscheinlich sehr gering.

Unter allen Redox- und pH-Bedingungen sehr geringe Mobilität. Hohe Verwitterungsbeständigkeit des Schwerminerals Zirkon. In Bachsedimenten in der Schwermineral(fein)fraktion teilweise extrem angereichert.

² TAYLOR (1964), ³ TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), ⁴ DE VOS & TARVAINEN (2006), ⁵ LI (2000), ⁶ RUDNICK & GAO (2003), ⁸ WEDEPOHL (1974), ⁹ RÖSLER & LANGE (1976).

Geochemie der Bachsedimente Österreichs

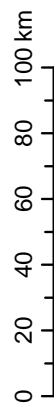
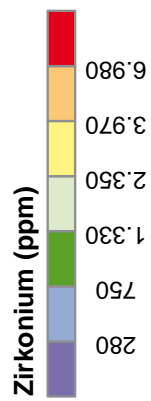
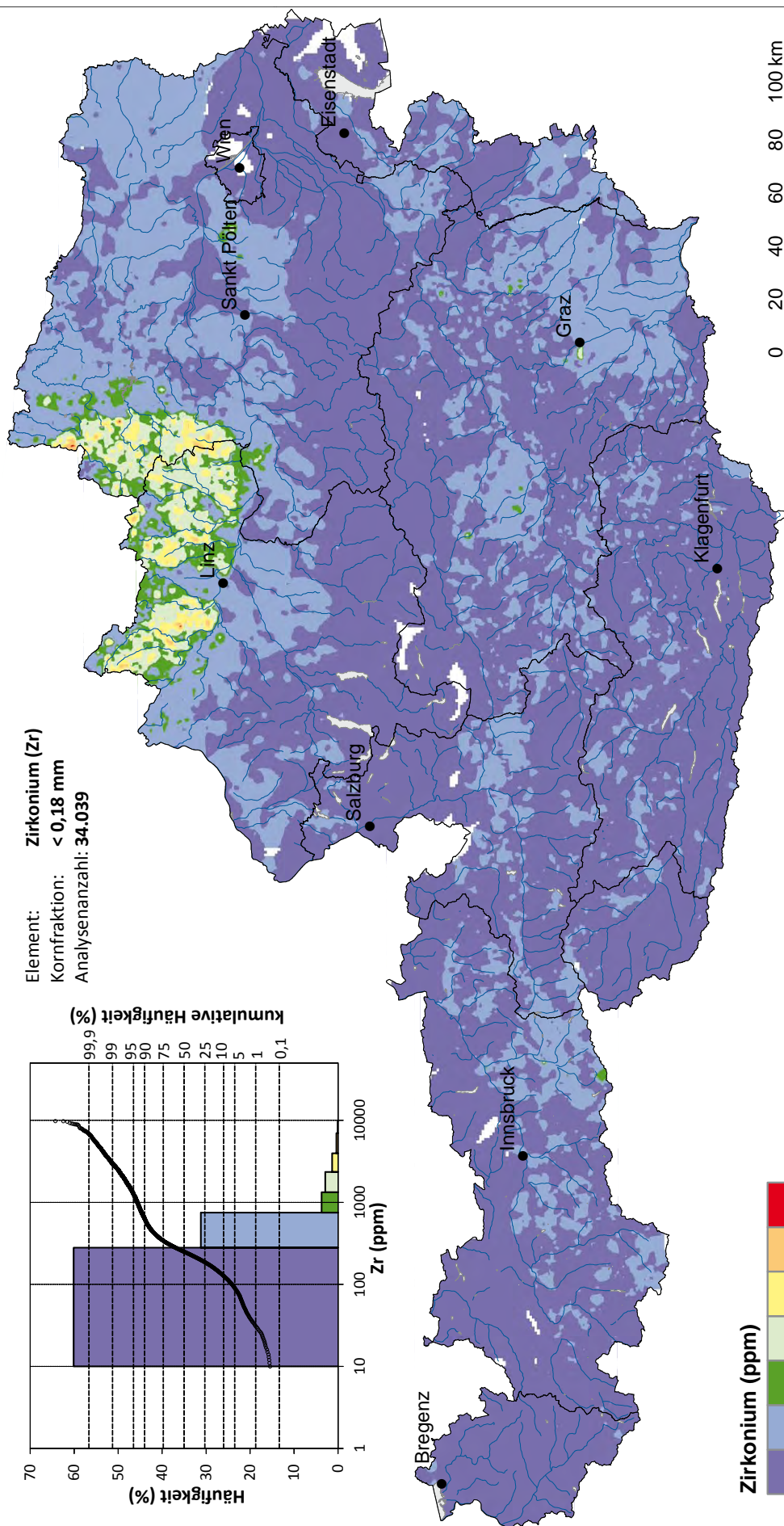
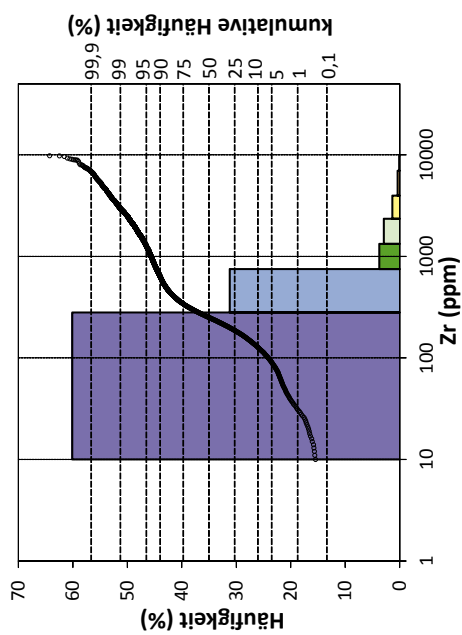


Abb. 157. Zirkoniumverteilung in Bachsedimenten (< 0,18 mm).

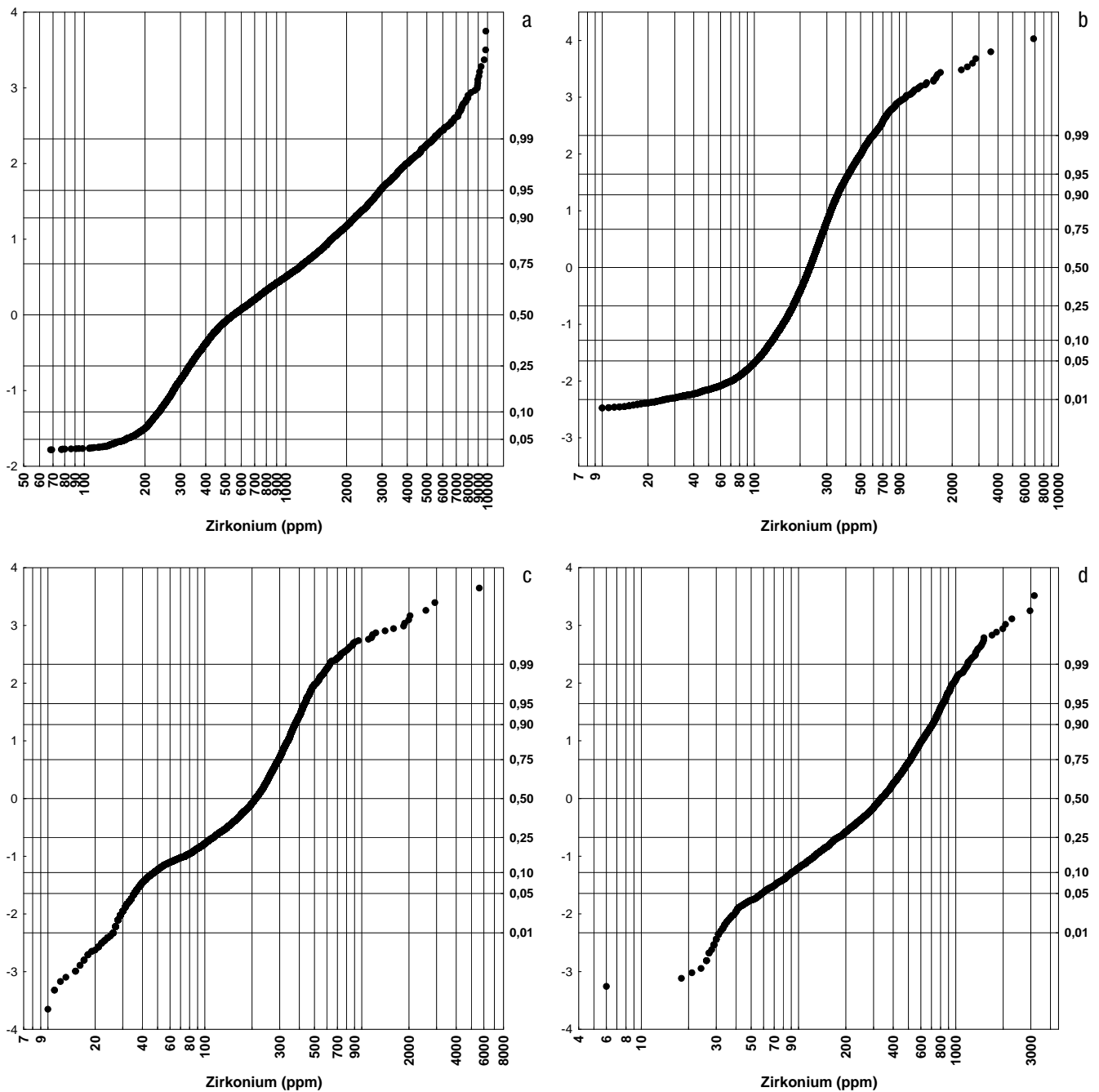


Abb. 158. Kumulative Häufigkeitsverteilung für Zirkonium in ppm; Böhmishe Masse (a), Zentralzone (b) und Bundesländerprojekte (jeweils < 0,18 mm; c) bzw. Bundesländerprojekte (< 0,04 mm; d).

Kurzcharakteristik der Ergebnisse

Das Element Zirkonium ist in den Bach- und Flusssedimenten an das Vorkommen von Schwermineralen gebunden (insbesondere Zirkon). Die jeweilige Elementkonzentration im Sediment ist daher nicht nur von der Lithologie des Einzugsgebiets abhängig, sondern auch von den Transport- und Sedimentationsbedingungen im jeweiligen Bach-/Flussabschnitt. Minerale mit höherem spezifischem Gewicht („Schwerminerale“) werden im Bachverlauf verstärkt direkt unterhalb von Hindernissen abgelagert und damit an bestimmten Stellen angereichert. Auf Grund ihrer durchschnittlichen Korngröße finden sich diese Schwerminerale auch meist in der Feinstfraktion (< 0,04 mm).

In der Gesamtübersicht für die Analyseergebnisse der Kornfraktion < 0,18 mm fallen die verbreitet hohen Konzentrationen (> bis >> 750 ppm) in der Böhmischen Masse auf. Das hat drei Gründe:

- a. Die Granite und die entsprechenden Migmatite besitzen einen hohen Anteil an Zr-führenden Schwermineralen.
- b. Die ungestörte Verwitterung seit dem Neogen hat in der Verwitterungsaufgabe zu einer Anreicherung der meist sehr verwitterungsresistenten Schwerminerale geführt.

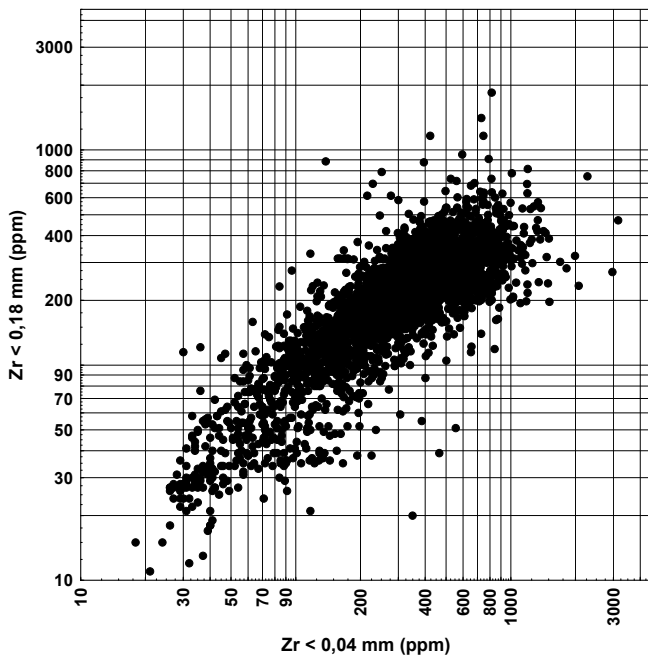


Abb. 159. Vergleich der Kornfraktionen $< 0,18 \text{ mm}$ und $< 0,04 \text{ mm}$ für Zirkonium (Bundesländerprojekte).

c. Die spezifische Sedimentzusammensetzung und die Transportvorgänge führen zu einer weiteren Anreicherung der sehr feinkörnigen Schwerminerale.

Durch diese Dominanz der sehr hohen Zr-Konzentrationen in der Böhmisches Masse werden die Verteilungsmuster im übrigen Bundesgebiet undeutlich, da dort nur lokal und kleinregional Zr-Konzentrationen $> 2.000 \text{ ppm}$ anzutreffen sind.

Um die Verteilungsmuster auch in Gebieten verbreitet niedrigerer Zr-Konzentrationen zu verdeutlichen, werden in Abbildung 160 die Analyseergebnisse der Kornfraktion $< 0,18 \text{ mm}$ aus den Bundesländerprojekten getrennt dargestellt. Damit wird herausgearbeitet, dass die Konzentrationsminima mit den Karbonatgebieten ($< 100 \text{ ppm Zr}$) verknüpft sind. In der Molassezone, den inneralpinen Becken sowie im Sediment der größeren, alpinen Flüsse liegen die Zr-Konzentrationen bei $100\text{--}400 \text{ ppm Zr}$, mit bereichsweisen Maxima bis 3000 ppm Zr .

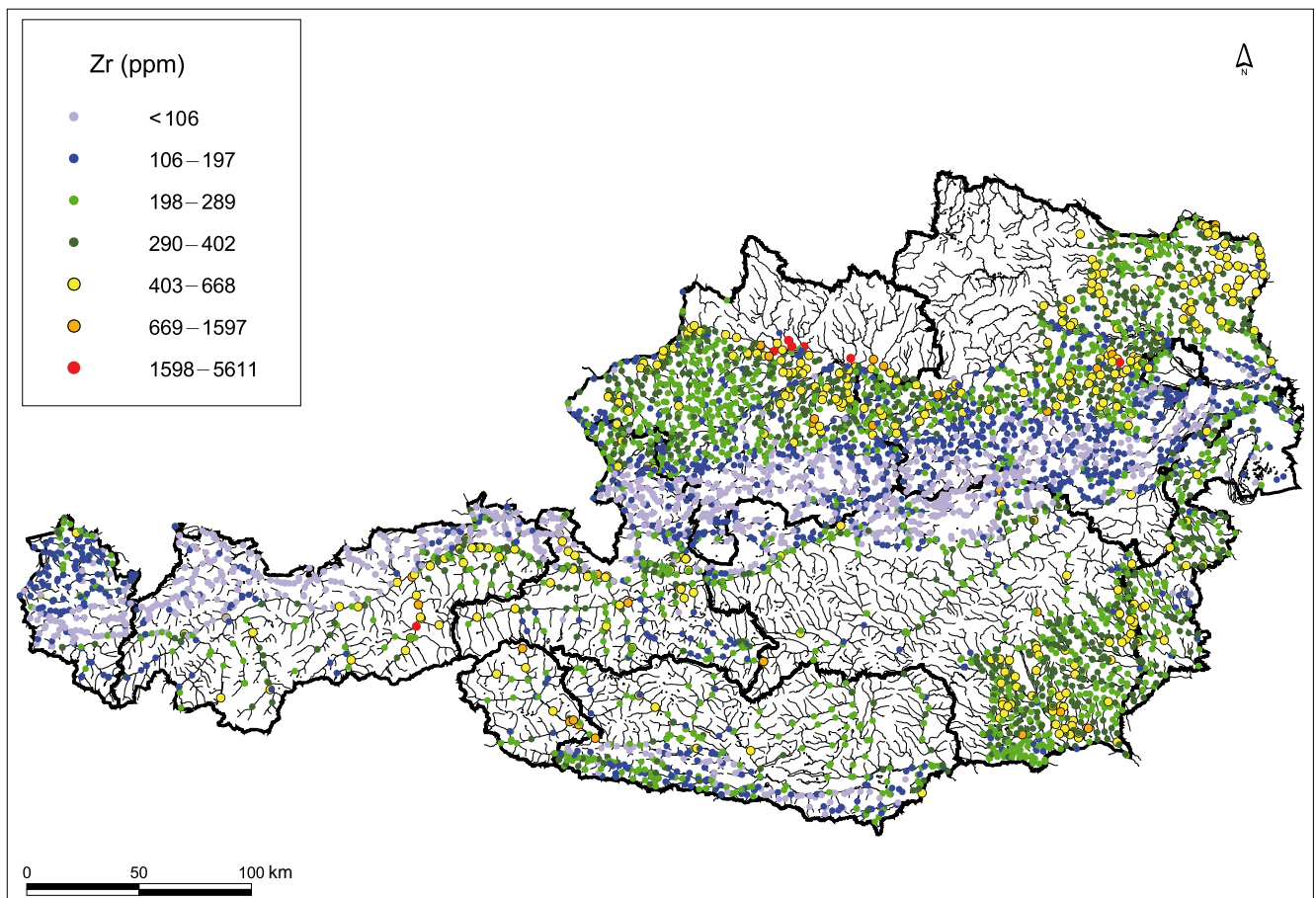


Abb. 160. Bach- und Flusssedimentgeochemie Kornfraktion $< 0,18 \text{ mm}$, Bundesländerprojekte; Zirkoniumverteilung.