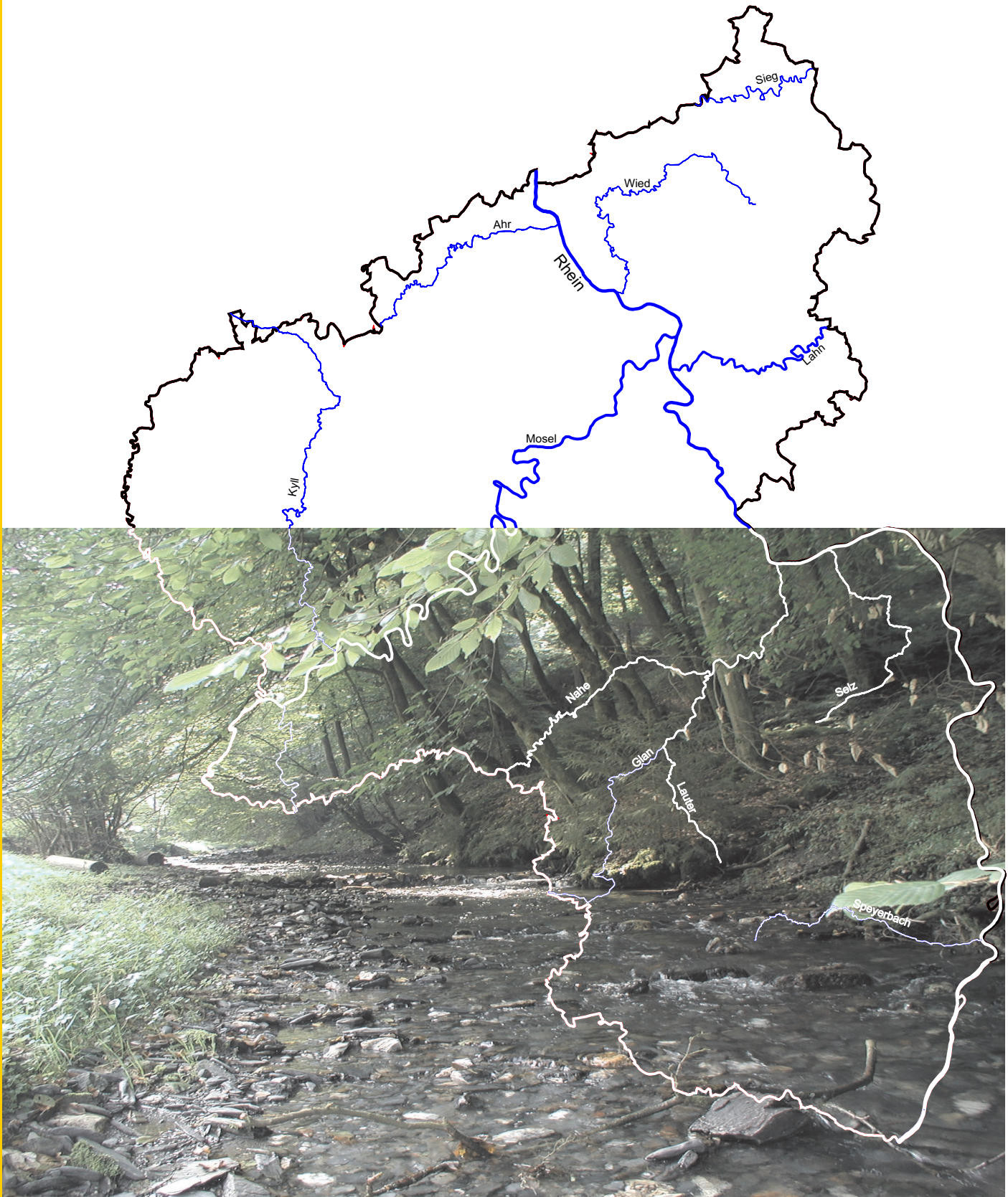


Spurenelemente in Bachsedimenten von Rheinland-Pfalz



SPURENELEMENTE IN BACHSEDIMENTEN VON RHEINLAND-PFALZ

VERFASSEN

M. HAUENSTEIN, M. KRIMMEL, M. GOLDSCHMITT

GEOLOGISCHES LANDESAMT
RHEINLAND-PFALZ

IMPRESSUM

Autoren:

Dipl.-Geogr. Michael Goldschmitt

Dipl.-Geogr. Matthias Hauenstein

Dipl.-Geol. Dr. Michael Kimmel

Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz
(ehemals Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz)
Emy-Roeder-Straße 5

55129 Mainz-Hechtsheim

Postfach 10 02 55

55133 Mainz

Bezugsquelle:

Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz
Emy-Roeder-Straße 5

55129 Mainz-Hechtsheim

Telefon: 06131/9254-0

06131/9254-175 (Kartenvertrieb)

Telefax: 06131/295-123

email: vertrieb@lgb-rlp.de

2. Auflage, 2003

Alle urheberlichen Rechte, insbesondere die der Vervielfältigung, des Nachdrucks und der Übersetzung sind vorbehalten. Die Autoren sind für den Inhalt ihrer Beiträge selbst verantwortlich.



Herrn Professor Dr.
Karl-Hans Emmermann
zum 65. Geburtstag

Im Jahr 1966 trat Prof. Dr. K.-H. Emmermann in die Dienste des Geologischen Landesamtes Rheinland-Pfalz ein.

Zu seinen ersten Aufgaben gehörte der Auf- und Ausbau geochemisch-boden-chemischer und petrographischer Labors in dieser geowissenschaftlichen Fachbehörde.

Bis heute hat er, trotz der vielfältigen administrativen Aufgaben als Amtsleiter, gerne weiter wissenschaftlichen Aufgaben in der Geochemie und der Petrographie gewidmet.

In der Zeit als Laborleiter und auch als Amtsleiter wurden die geochemischen und petrographischen Laboratorien stark vorangetrieben und zählen heute zu den modernsten der Staatlichen Geologischen Dienste.

Auch die Mitarbeit in der ad hoc Arbeitsgemeinschaft Geochemie der Staatlichen Geologischen Dienste und der Geowissenschaftlichen Gemeinschaftsaufgaben (GGA) trug dazu bei, dass die Geochemie im Hause einen besonderen Stellenwert erhielt.

Durch sein Bestreben wurden durch die GGA in den Jahren 1973 bis 1984 landesweite geochemische Übersichtsprospektionen durchgeführt. Im Rahmen dieser Untersuchungen wurde eine große Zahl von Bachsediment- und Wasserproben vor allem auf die Elemente Blei, Zink, Kupfer und Barium analysiert. Aus diesen Arbeiten und den Untersuchungen zum Geochemischen Atlas (FAUTH et al. 1985) konnten somit für über 17.000 Standorte in Rheinland-Pfalz Elementdaten gewonnen werden.

Mit den vorliegenden Auswertungen und kartographischen Aufbereitung soll dieser Schatz an Daten gehoben und zugänglich gemacht werden.

Wir widmen die vorliegende Arbeit Herrn Prof. Dr. K.-H. Emmermann in Dank und Anerkennung.

INHALT

Zusammenfassung	2
1. Einleitung	6
2. Untersuchungsraum	7
3. Untersuchungsmethodik	14
3.1. Beprobung	14
3.2. Analytik	15
3.2.1. Probenvorbehandlung	15
3.2.2. Analytik	15
3.3. Auswertung	15
3.3.1. Statistische Auswertung	15
3.3.2. Graphische Darstellung	17
3.3.3. Kartographische Darstellung	18
4. Ergebnisse	18
4.1. Barium	18
4.2. Cadmium	22
4.3. Kobalt	26
4.4. Chrom	30
4.5. Kupfer	34
4.6. Fluor	38
4.7. Lithium	41
4.8. Nickel	44
4.9. Blei	48
4.10. Strontium	53
4.11. Uran	57
4.12. Vanadium	61
4.13. Zink	64
Schriften	70
Tabellenverzeichnis	72
Abbildungsverzeichnis	73
Kartenverzeichnis	73

Zusammenfassung

In Rheinland-Pfalz wurden zwischen 1977 bis 1983 flächendeckend Bachsedimente entnommen und auf ihren Spurenelementgehalt untersucht. Landesweit stehen Daten von mehr als 17000 Proben zur Verfügung. Anlass der Untersuchungen waren Arbeiten zum Geochemischen Atlas der Bundesrepublik (FAUTH et al. 1985) und landesweiter geochemischer Übersichts- und Detailprospektionen. Die Analytik führte die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) durch.

Obwohl das natürliche Elementspektrum der Bachsedimente im wesentlichen von der geologischen Situation des jeweiligen Einzugsgebietes bestimmt wird, wurde der Datensatz nicht nach geologischen Einheiten, sondern nach Naturräumen gruppiert. Im wesentlichen lag dies darin begründet, dass selbst kurze Fließgewässer häufig mehrere Einheiten durchfließen und daher die Sedimente aus den unterschiedlichsten Komponenten zusammengesetzt sein können. Da die Grenzen naturräumlicher Groseinheiten stark von geologischen Gegebenheiten geprägt werden, wurden die Daten nach ihrer naturräumlichen Zugehörigkeit untergliedert.

Rheinland-Pfalz berührt vier Großlandschaften, wovon das **Rheinische Schiefergebirge** mit ca. 56% die weitaus größte Fläche einnimmt. Es lässt sich weiter in den linksrheinischen Teil mit Eifel und Hunsrück und den rechtsrheinischen Teil mit Süderbergland (~Siegerland), Westerwald und Taunus gliedern. Wie es schon der Landschaftsname besagt, sind für diesen Raum devonische (Ton-)Schiefer charakteristisch. Weitere bedeutsame Gesteine sind insbesondere in Eifel und Westerwald die Vulkanite. Hinzu kommen die jüngsten vulkanischen Bildungen des Quartärs mit Schwerpunkt im Neuwieder Becken. Mit den Schiefern und insbesondere den basischen Magmatiten des Hohen Westerwaldes besitzen jene Gesteine einen hohen Flächenanteil, die von Natur her einen überdurchschnittlichen Spurenelementgehalt erwarten lassen.

Die meist spurenelementarmen, grobklastischen und carbonatischen Gesteine sind in diesem Raum insgesamt weniger vertreten. Von Bedeutung sind Kalke und Dolomite des Mitteldevons und Sandsteine des Buntsandstein in der Kalkeifel und der Kyllburger Waldeifel. Ferner sind niedrige Spurenelementgehalte im Bereich der Quarzitzüge des Hunsrücks (Soon-, Hoch- und Idarwald) und der Rotliegend-Sedimente der Wittlicher Senke zu erwarten.

Einen großen Einfluss auf die chemische Zusammensetzung der Bachsedimente haben die zahlreichen Erzlagerstätten des Rheinischen Schiefergebirges. In der Umgebung von Erzgängen können zwar auch in der Natur kleinräumig merklich erhöhte Gehalte vorkommen, jedoch hat erst der jahrhundertlange Abbau der Vorkommen und die Weiterverarbeitung der Erze zu weiträumigen Belastungen geführt. Überwiegend handelt es sich um Buntmetall-Lagerstätten, aus denen insbesondere Blei und Zink aber auch Kupfer gewonnen wurden. Mitte der sechziger Jahren wurden die letzten Gruben aus Rentabilitätsgründen geschlossen. Geblieben sind die vielen Bergbau-relikte wie Betriebsstätten und Halden. In deren Abstrombereich sind in den Bachsedimenten häufig hohe Schwermetallgehalte festzustellen. Je nach der Erzart sind neben den Leitmetallen auch Nebenelemente wie z.B. Cadmium erheblich erhöht.

Außerhalb der Abstrombereiche führte auch die Sekundärnutzung des Haldenmaterials, wie z.B. als Schotter für Waldwegen, zu weiteren Belastungen.

Schwerpunkte des intensiven Buntmetall-Bergbaus sind rechtsrheinisch die Einzugsgebiete der Flüsse Sieg und Wied, das Lahntal, der angrenzende südliche bzw. südwestliche Niederwesterwald sowie Bereiche des Oberen Mittelrheintals. Im Linksrheinischen Schiefergebirge sind es vor allem die Seitentäler des mittleren Moseltals (Moselhunsrück) und die Umgebung von Bleialf (Westeifel).

Die geologische Situation und die Nutzung der Erzlagerstätten führte dazu, dass im Rheinischen Schiefergebirge mit Schwerpunkt im rechtsrheinischen Teil die landesweit höchsten Buntmetallgehalte in Bachsedimenten festgestellt wurden. Die Bachsedimente des linksrheinischen Teils insbesondere in der Eifel sind überwiegend geringer belastet. Bei Gehalten von mehr als 300 mg/kg Zink und/oder 100 mg/kg Blei bzw. Kupfer sind die Bachsedimente meist erheblich durch den ehemaligen Bergbau beeinflusst.

Im Kannebäcker Land wurden sehr hohe Blei- und Zinkbelastungen festgestellt, die nicht allein auf Bergbaualtlasten zurückgehen, sondern in starkem Maß auch auf Abwässer der keramischen Industrie. In Einzelfällen, wie im Gebiet der Ortschaften Braubach und Krautscheid, wurden die Bachsedimente zusätzlich durch die Verhüttung und Aufbereitung von Alt-Blei belastet.

Auch bei weiteren Elementen liegen die Konzentrationen in den Bachsedimenten in einigen Naturräumen des Rheinischen Schiefergebirges über dem Landesdurchschnitt, wobei hier überwiegend natürliche Ursachen angenommen werden, d.h. dass sie auf die geologische Situation zurückzuführen sind. Besonders auffällig ist dies im Hohen Westerwald und Oberwesterwald, dem flächenmäßig bedeutesten Gebiet der tertiären Vulkanite. Gerade im Einzugsgebiet der Basalte liegen die Gehalte an den Elementen Kobalt, Chrom, Nickel und Vanadium deutlich über dem Landesdurchschnitt und den meisten weiteren Naturräumen des Rheinischen Schiefergebirges. Für geogene Ursachen spricht, dass diese Elemente in basischen Magmatiten in hohen Konzentrationen enthalten sind, sie durch den Mensch nur verhältnismäßig gering freigesetzt werden und die Anzahl von Ausreißerwerten gering sind. Eingeschränkt gilt dies auch für Cadmium und Zink, ohne dass Spitzenwerte wie in den Erzbergbaugebieten erreicht werden.

In den Bachsedimenten der Schiefergebiete wurden ebenfalls relativ hohe Kobalt- und Nickelgehalte festgestellt. Dies ist gerade im östlichen Bereich der Hunsrückhochfläche und der Simmerner Mulde ausgeprägt. Hier treten häufig tiefgründig verwitterte devonische Tonschiefer (Saprolithe) auf. Innerhalb der Verwitterungsdecke existieren Zonen mit sekundären Eisenerzen, in denen auch Kobalt und Nickel angereichert sind. Das Neuwieder Becken zeigt auffallend hohe Fluor-, Strontium- und Vanadiumgehalte, die wahrscheinlich in Verbindung mit den Trachyttuffen des Maria-Laach-Vulkanismus stehen.

Neben dem Saar-Nahe-Berg- und Hügelland (siehe unten) wurden leicht erhöhte Urangehalte in Bachsedimenten im Raum zwischen Selters (Ww) - Montabaur - Westerbürg gemessen. In diesem Bereich des Oberwesterwaldes treten verstärkt intermediäre Vulkanite (z.B. Trachyt, -tuff, Latit) bzw. deren Verwitterungsprodukte auf, die wahrscheinlich zur Erhöhung der Gehalte beigetragen haben.

An der Landesfläche nehmen das Südwestdeutsche Stufenland und das Nördliche Oberrheinische Tiefland einen Anteil von jeweils ca. 16% ein.

Im **Südwestdeutschen Stufenland** überwiegen die spurenelementarmen Gesteine der Trias. Hierzu zählen die Sandsteine des Buntsandsteins, die die Geologie des Pfälzerwaldes prägen. Große Flächenanteile besitzen sie ferner im Bitburger Gutland und im Mosel-Saar-Gau sowie in der Kalkeifel, die naturräumlich aber zum Rheinischen Schiefergebirge gerechnet wird. Die Bachsedimente im Einzugsgebiet dieser Sandsteine sind ausgesprochen spurenelementarm. Aufgrund des extrem hohen Waldanteils gilt dies insbesondere für die Bachsedimente des Pfälzerwaldes. Annähernd bei allen untersuchten Elementen wurden in diesem Naturraum die niedrigsten Gehalte des Landes gemessen. Lediglich die Bariumgehalte liegen hier höher als in anderen Räumen. Der Grund ist unklar, jedoch wurde dies von FAUTH et al. (1985) auch in anderen Buntsandsteingebieten Deutschlands festgestellt, so dass natürliche Ursachen wahrscheinlich sind.

Die Bachsedimente im Einzugsgebiet der Carbonatgesteine der jüngeren Trias, die im Westrich (Saarländ.-Pfälz. Muschelkalkgebiet) und im Gutland an das Buntsandsteingebiet anschließen, weisen ebenfalls überwiegend nur geringe Spurenelementgehalte auf. Die Gehalte liegen meist etwas über denen der Sandsteingebiete, jedoch deutlich unter dem Landesdurchschnitt.

Das **Nördliche Oberrheinische Tiefland** umfasst den nördlichen Oberrheingraben und das Mainzer Becken. Hierbei handelt es sich um eine tertiäre Senke, bei der die mächtigen tertiären Schichten häufig von quartären Lockersedimenten verhüllt sind. Die vorherrschenden Gesteine lassen überwiegend niedrige bis mittlere Spurenelementgehalte erwarten. Dennoch liegen die Blei- und Zinkgehalte im Mittel etwas über dem Landesdurchschnitt, ohne dass Extremwerte wie im Rheinischen Schiefergebirge festgestellt wurden. Dies ist auf unspezifische zivilisatorische Einträge in die Bachsedimente in diesem dicht besiedelten Raum zurückzuführen. Der Cadmiumgehalt entspricht zwar etwa dem Landesmittel, jedoch zeigt dieses Schwermetall eine auffallend hohe Schwankungsbreite, was ebenfalls als Indiz auf anthropogene Ursachen gewertet wird.

Am auffallendsten ist der Kupfergehalt der Bachsedimente dieser Landschaft. Hier wurde der höchste mittlere Kupfergehalt in Rheinland-Pfalz festgestellt. Als wesentliche Ursache wird der Einsatz Kupferhaltiger Spritzmittel im Weinbau gesehen. Die Folgen sind nicht wie in Bergbaugebieten einzelne räumlich eingegrenzte Spitzenwerte, sondern eine flächig erhöhte Hintergrundbelastung.

Bei den vorherrschenden potentiell spurenelementarmen Gesteinen würde der geogene Grundgehalt dieser Schwermetalle sicherlich niedriger liegen.

Bei jenen Elementen, die eine vergleichsweise geringe Umweltrelevanz besitzen, wie Barium, Kobalt, Chrom, Nickel, Strontium und Vanadium, enthalten die Bachsedimente des Nördlichen Oberrheinischen Tieflandes weniger als im Landesdurchschnitt. Tendenziell sind die Gehalte im südlichen Teil dieses Naturraums geringer als in Rheinhessen. Im Bereich von Weinstraße und Vorderpfälzer Rheinebene haben die

Bäche des Pfälzerwaldes nach Austritt aus der Vorbergzone breite Schwemmfächer gebildet, so dass die Bachsedimente ohne anthropogene Beeinflussung eher dem Chemismus denen des Pfälzerwaldes entsprechen. Gerade die obengenannte Elemente Barium, Kobalt, Chrom und Nickel zeigen hier ähnliche Gehalte wie im Pfälzerwald, während der Gehalt jener Elemente, die stärker durch die menschliche Nutzung in die Fließgewässer gelangen, auffallend höher als im benachbarten Mittelgebirge liegen.

Dass im nördlichen Teil die Gehalte dieser Elemente meist geringfügig höher sind, dürfte überwiegend geogene Ursachen haben. Im Bereich des Mainzer Beckens ist der Flächenanteil tertiärer Sedimente höher. Gerade die tonigen Sedimente wie z.B. Tonmergel dürften den Kobalt-, Chrom- und Nickelgehalt in den Bachsedimenten erhöht haben. Die ebenfalls verbreiteten Carbonatgesteine trugen zu den überdurchschnittlichen Strontiumgehalten rheinhessischer Bäche bei.

Das **Saar-Nahe-Berg- und Hügelland**, das etwa 12% der Landesfläche einnimmt, besteht vornehmlich aus Rotliegend-Gesteinen. Hierbei handelt es sich um basische bis saure Magmatite sowie um vorwiegend grob- bis feinklastische Sedimentgesteine. Die spurenelementreichen basischen Magmatite haben ihr Hauptverbreitungsgebiet in der Umgebung von Idar-Oberstein und Baumholder. Große Rhyolithmassive sind bei Bad Kreuznach und dem Donnersberg zu finden. Im südlichen Teil treten auch Sandsteine und Schiefertone des Oberkarbon auf.

Im Gebiet der basischen Magmatite liegen auch in diesem Naturraum die Gehalte von Kobalt, Chrom, Nickel, Vanadium und Zink in den Bachsedimenten mehr oder weniger höher als im Bereich der Sedimentgesteine. Gegenüber dem Westerwald mit seinen jungen tertiären Magmatiten ist dies aber weit geringer ausgeprägt. Vermutlich liegt dies im hohen Alter der (Paläo-)Basalte („Melaphyre“) begründet. Durch Verwitterung und Mineralneubildung kann eine Abreicherung dieser Stoffe stattgefunden haben.

Im Verbreitungsgebiet der Sedimentgesteine liegen die Konzentrationen der meisten untersuchten Elemente in den Bachsedimenten allgemein unterhalb des Landesdurchschnittes. Tendenziell ist ein Nord-Süd-Gefälle zu beobachten, d.h. zum Hunsrückrand sind die Gehalte leicht höher, zum Rand des Pfälzerwaldes bzw. der Westricher Hochfläche niedriger. Möglicherweise spiegelt dies die ehemals unterschiedlichen Liefergebiete der Sedimentgesteine wider.

Geochemische Besonderheiten sind im Saar-Nahe-Berg- und Hügelland nur vereinzelt bei wenigen Elementen zu beobachten. Neben dem Westerwald ist es der Naturraum, in dem die Bachsedimente die höchsten mittleren Uran-Konzentrationen besitzen. Die höchsten Urangelhalte wurden in Bächen im Einzugsbereich des Donnersbergmassivs und bei einem kleineren Uranerzvorkommen südlich von Birkenfeld bei Ellweiler festgestellt. Die vergleichsweise hohen Konzentrationen stehen in Zusammenhang mit den dort anstehenden sauren Rotliegend-Vulkaniten. Das Rhyolithvorkommen bei Bad Kreuznach ist hingegen weniger auffällig.

Die einzigen bedeutsamen Buntmetallanomalien befinden sich im Saar-Nahe-Raum bei Fischbach und Winnweiler, wo früher Kupfererze abgebaut wurden. Extremwerte wie im Rheinischen Schiefergebirge wurden jedoch nicht angetroffen.

Insgesamt sind die Stoffgehalte in diesem Naturraum Ausdruck einer weitgehend quasinatürlichen Elementausstattung der Bachsedimente. Potentielle Schadstoffe wie Cadmium, Blei und Zink, die typisch für allgemeine anthropogene Einträge sind, sind nur gering bis durchschnittlich vertreten.

1. Einleitung

Die geochemische Untersuchung des Stoffbestandes von Bachsedimenten wurde früher zur Suche nach unbekannten Lagerstätten genutzt (Prospektion). Hierbei machte man sich zunutze, dass oberflächennah ausstreichende Erzgänge den Gehalt in der Geo- und Hydrosphäre – darunter zählen auch die Bachsedimente – beeinflussen. Gerade mit der Untersuchung von Bachsedimenten und –wässer konnten vergleichsweise schnell unbekannte Areale mit ungewöhnlichen (anormalen) Elementgehalten eingegrenzt werden. Zur genauen Lokalisierung von vermuteten Lagerstätten wurden dann gezielt weitere Methoden, wie bodenchemische Untersuchungen und geophysikalische Methoden eingesetzt.

In Rheinland-Pfalz erfolgten Prospektionen insbesondere auf die Buntmetalle Blei, Kupfer und Zink sowie auf das Erdalkalimetall Barium. Im Auftrag des Geologischen Landesamtes Rheinland-Pfalz führte die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe im Zeitraum von 1973 bis 1984 im Rahmen der Geowissenschaftlichen Gemeinschaftsaufgaben (GGA) Übersichtsprospektionen im Rheinland Pfalz durch. In einigen Schwerpunktgebieten folgten dann ergänzende Untersuchungen.

Entscheidende Grundlagen für die vorliegende Arbeit lieferten die Untersuchungen zum Geochemischen Atlas der Bundesrepublik Deutschland (FAUTH et al. 1985). Für diesen Atlas wurden im Gebiet der „alten“ Bundesländer an etwa 75000 Probenahmepunkten aus Bächen Sediment- und Wasserproben gewonnen. Hiervon lagen 8038 Standorte innerhalb der Grenzen von Rheinland-Pfalz. Einschließlich der Prospektionsdaten ergibt es den flächendeckendsten geochemischen Datensatz des Landes.

Die Daten ermöglichen einen umfassenden Überblick über Gehaltshöhe und räumliche Verteilung der untersuchten Elemente in Bachsedimenten. Deutlich sind die räumlich schwankenden natürlichen (geogenen) Hintergrundgehalte zu erkennen, und es können Regionen mit erhöhten bis anormalen Werten abgegrenzt werden.

Sicherlich fehlen aus heutiger Sicht einige interessante Elemente wie z.B. Quecksilber. Jedoch waren zum Zeitpunkt der Erhebung die analytischen Möglichkeiten noch nicht gegeben, in einem zeitlichen und finanziell vertretbaren Rahmen vergleichsweise schwierig bestimmbare Elemente in das Untersuchungsspektrum aufzunehmen.

Zwar liegt die Probenahme schon etwa 20-30 Jahre zurück, jedoch besitzen die untersuchten Elemente in Bachsedimenten eine hohe Persistenz, so dass die Werte auch heute noch weitgehend Gültigkeit besitzen. Für die Bachwässer ist dies nicht gegeben. Es ist heute nicht abzuschätzen, inwiefern durch Umweltschutzmaßnahmen

oder Stilllegung von industriellen Betrieben, sich die Situation geändert hat. Daher wurde auf die Auswertung der Bachwasserdaten verzichtet.

Durch die hohe Datendichte besteht aus heutiger Sicht kein Bedarf mehr, die Untersuchungen hinsichtlich der Suche nach Erzvorkommen fortzuführen, allerdings liefern die Daten einen sehr wertvollen Beitrag, quasinatürliche (ubiquitäre) Hintergrundwerte für Bachsedimente zu definieren und Problembereiche einzugrenzen. Nicht zu letzt sind im Überflutungsbereich belasteterer Bäche meist auch die Böden betroffen. Mit Hilfe der Daten können daher auch mögliche Belastungen anderer Umweltmedien gezielter erforscht werden.

2. Untersuchungsraum

Rheinland-Pfalz liegt im wesentlichen im Gebiet von 4 naturräumlichen Großlandschaften, deren Abgrenzung stark von den geologischen-tektonischen Gegebenheiten geprägt werden. Mehr als die Hälfte der Landesfläche nimmt das Rheinische Schiefergebirge ein, das von den Flüssen Rhein, Mosel und Lahn in nächst kleinere Einheiten untergliedert wird. Westlich des Rheins unterteilt die Mosel das Rheinische Schiefergebirge in die Eifel im Norden und den Hunsrück im Süden. Die Lahn trennt östlich des Rheins den Westerwald vom südlich gelegenen Taunus. Typisch für das Rheinische Schiefergebirge sind weiträumige Hochflächen mit SW-NE streichenden markanten Höhenrücken aus morphologisch harten Gesteinen und intramontane Beckenlandschaften wie das Mittelrheinische Becken und die Wittlicher Senke.

Das rheinische Schiefergebirge ist Teil eines Flachmeeres, in dessen tieferen Bereichen (Trögen) sich im Devon feinkörnige und im Schelfbereich zunehmend sandigere Sedimente ablagerten. In der folgenden Gebirgsbildung wurden diese Sedimente stark gefaltet, aber meist nur schwach metamorphisiert. Es bildeten sich die für weite Räume charakteristischen Ton-, Dach-, Flaser- und Rauhschiefer und die grobkörnigeren Sandsteine, Quarzite und Grauwacken, in die örtlich magmatische Gesteine wie Keratophyre und Diabase eingedrungen sind. Insgesamt nehmen diese devonischen Gesteine etwa 45% der Landesfläche ein. Im Mesozoikum und Tertiär wurde das variszische Gebirge fortschreitend abgetragen und zu Rumpfflächen eingeebnet. Die Gesteine unterlagen einer intensiven chemischen Verwitterung, so dass die devonischen Gesteine der heutigen Hochflächen häufig saprolitisiert sind. Unter Saprolitisierung versteht man die intensive chemische Verwitterung, die zu Stoffab- und anreicherungen und Mineralneubildungen führt, ohne dass das vorhandene Gesteinsgefüge zerstört wird. Innerhalb der Saprolitdecke bildeten sich limonitische Eisenkrusten (Hunsrückerze), in denen auch Spurenelemente wie Nickel, Chrom und Kobalt angereichert sind. In erosionsgeschützten Lagen sind örtlich auch Graulehme zu finden, die als Relikte vollständiger Zersetzung anzusehen sind.

Neben den klastischen Gesteinen treten vor allem in der Kalkeifel, dem Limburger Becken und dem Taunus devonische Karbonatgesteine auf, die als Bildungen in Riffarealen des mittel- bis oberdevonischen Meeres angesehen werden. In anderen Teilen des Rheinischen Schiefergebirges sind es nur kleinere Vorkommen wie z.B. in

Tab. 1 Naturräumliche Haupteinheiten in Rheinland-Pfalz

Naturraum	Flächen- anteil in %	Naturraum	Flächen- anteil in %
Rheinisches Schiefergebirge*	Σ 55,5	Südwestdeutsches Stufenland*	Σ 16,4
24 Hunsrück	Σ 13,2	17 Pfälzerwald	Σ 9,0
240 Soonwald	1,4	170 Haardt	0,9
241 Simmerner Mulde	1,8	171 Südlicher Pfälzerwald (Wasgau)	2,6
242 Hoch- und Idarwald	1,8	172 Mittlerer Pfälzerwald	3,0
243 Hunsrück-Hochfläche	4,0	173 Nördlicher Pfälzerwald	2,5
244 Rheinhunsrück	0,6	18 Saarl.-Pfälzisches Muschelkalkgebiet	Σ 2,8
245 Moselhunsrück	2,5	180 Westlicher Hochfläche	2,8
246 Saar-Ruwer-Hunsrück	1,1	26 Gutland	Σ 4,6
25 Moseltal	Σ 4,3	260 Mosel-Saar-Gau	0,8
250 Mittleres Moseltal	2,8	261 Bitburger Gutland	3,3
251 Wittlicher Senke	0,9	262 Ferschweiler Plateau	0,5
252 Unteres Saartal	0,6	Saar-Nahe-Bergland*	Σ 11,9
27 Osteifel	Σ 13,1	19 Saar-Nahe-Berg- und Hügelland	Σ 11,9
270 Moseleifel	3,9	192 Saarländisch-Pfälzische Moorniederung	0,6
271 Östliche Hocheifel	3,2	193 Glan-Alsenz-Berg- und Hügelland	7,9
272 Ahreifel	1,9	194 Prims-Nahe-Bergland	2,4
274 Nordöstlicher Eifelrand	0,4	195 Soonwaldvorstufe	0,7
276 Kalkeifel	2,0	196 Sobernheimer Talweite	0,3
277 Kyllburger Waldeifel	1,7	199 Hunsrück-Vorland	<0,1
28 Westeifel	Σ 4,8	Ober rheinisches Tiefland*	Σ 16,4
280 Islek und Oesling	3,6	22 Nördliches Ober rheinisches Tiefland	Σ 15,9
281 Westliche Hocheifel	1,2	220 Weinstraße	1,3
29 Mittelrheingebiet	Σ 5,7	221 Vorderpfälzische Rheinebene	5,2
290 Oberes Mittelrheintal	1,2	222 Nördliche Ober rheinniederung	2,0
291 Mittelrheinisches Becken	2,9	227 Rheinhess.-Pfälz. Tafel- und Hügelland	6,3
292 Unteres Mittelrheingebiet	1,6	228 Unteres Nahehügelland	0,8
30 Taunus	Σ 2,3	229 Untere Naheebene	0,3
304 Westlicher Hintertaunus	2,3	23 Rhein-Main-Tiefland	Σ 0,5
31 Lahntal	Σ 0,7	232 Untermainebene	0,1
310 Unteres Lahntal	0,4	237 Ingelheim-Mainzer-Rheinebene	0,4
311 Limburger Becken	0,3	Kölner Tieflandsbucht*	Σ <0,1
32 Westerwald	Σ 9,2	55 Niederrheinische Bucht	Σ <0,1
322 Hoher Westerwald	1,1	553 Zülpicher Börde	<0,1
323 Oberwesterwald	1,9		
324 Niederwesterwald	6,2		
33 Süderbergland	Σ 2,2		
330 Mittelsiegburgland	1,4		
331 Siegerland	0,8		
336 Südsauerländer Bergland	<0,1		

Flächenanteile beziehen sich auf die Landesfläche (100% = 19849 km²) und sind von Karte 1 abgeleitet

* Geographische Landschaftsnamen der Großräume nach LIEDTKE (1984)

Die Ordnungszahlen und die Namen der Einheiten entstammen dem Schlüssel des Instituts für Landeskunde der Bundesanstalt für Landeskunde und Raumforschung.

Zweistellige Zahlen gliedern die Gruppen naturräumlicher Haupteinheiten (Einheit 3. Ordnung)

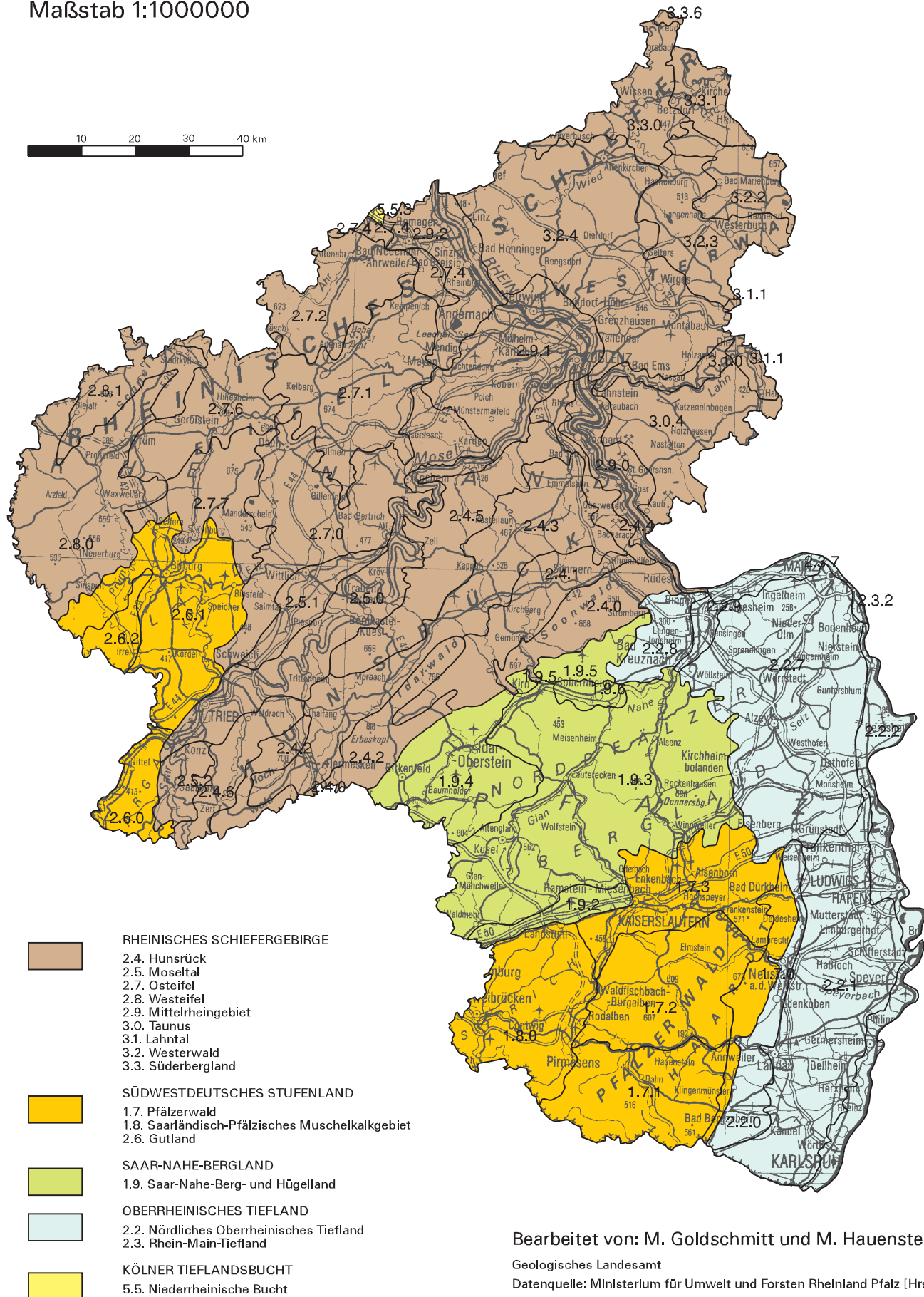
Dreistellige Zahlen ordnen die nächst kleineren Einheiten, den Haupteinheiten (Einheit 4.Ordnung)

Stromberg (Hunsrück). Durch Kalkeifel und Kyllburger Waldeifel zieht eine sich nord-südlich erstreckende Zone, in der in zahlreichen Mulden diese Carbonatgesteine sedimentierten. Hinzu kommen Gesteine des Buntsandsteins, die aus dem Gutland in die Eifel übergreifen. In der Wittlicher Senke, die naturräumlich zum Moseltal gezählt wird, stehen wie im Saar-Nahe-Bergland Sedimente aus dem Rotliegend an.

Im Rheinischen Schiefergebirge sind zahlreiche Erzlagerstätten vorhanden, die jahrhundertlang – teilweise sogar seit der Römerzeit - abgebaut wurden. Besonders umweltrelevant war der Abbau der überwiegend sulfidisch gebundenen Buntmetallvorkommen. Wichtige Abbauggebiete waren das Lahntal (Bad Ems,

Naturräume in Rheinland-Pfalz

Maßstab 1:1000000



Bearbeitet von: M. Goldschmitt und M. Hauenstein

Geologisches Landesamt

Datenquelle: Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland Pfalz [Hrsg.] (1994): Forstatlas. - Mitt. Landesforstverwaltung Rheinland-Pfalz 12: 1-104.; Mainz.

Digitale Kartographie: M. Goldschmitt

Redaktion: M. Hauenstein

Grundlage: Rasterdaten - D 1000; Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Nr. 417/98

Stand: 04.12.2000

Geographische Landschaftsnamen der Großräume nach LIEDTKE (1984)
zweistellige Ordnungszahlen = Gruppe der naturräumlichen Haupteinheiten
dreistellige Ordnungszahlen = Naturräumliche Haupteinheiten

Holzappel), das Siegerland, der nördliche Westerwald, sowie linksrheinisch das mittlere Moseltal und die Umgebung von Bleialf (Westeifel). Je nach Erz wurden vor allem Blei, Zink und/oder Kupfer gewonnen. Örtlich waren auch nennenswerte Nebenelemente wie z.B. Silber von Bedeutung. Nach einer Intensivierung vor dem 2. Weltkrieg kam der Erzbergbau in den sechziger Jahren aus Rentabilitätsgründen zum Erliegen. Die Nutzung dieser Lagerstätten beeinflusst jedoch auch heute noch nachhaltig die Elementzusammensetzung der Bachsedimente in den Abbaugebieten und deren Abstrombereichen.

In Folge der alpidischen Orogenese durchdrangen im Tertiär an Schwächezonen überwiegend basische Magmen die devonischen Gesteine und bildeten die Vulkanfelder der Hochlagen von Eifel und Westerwald. Intermediäre Vulkanite wie Trachyte treten im Flächenanteil hingegen zurück. Hierbei handelt es sich nicht um geschlossene Magmatitdecken, sondern um zahlreiche benachbarte Einzelvorkommen. Ihre morphologische Härte führte dazu, dass im Jungtertiär und im Quartär die Nebengesteine stärker abgetragen wurden, und infolgedessen die Magmatite das Relief der vormals flachwelligen Rumpfflächenlandschaft überprägten.

In das Tertiär fällt auch die Ablagerung von limnischen Tonen und Sanden, die insbesondere im Westerwald den Rohstoff für die keramische Industrie bilden. In den Randbereichen des Rheinischen Schiefergebirges kommen tertiäre marine Sedimente hinzu.

Die morphologische Heraushebung des Rheinischen Schiefergebirges fand im ausgehenden Tertiär und Pleistozän statt. Damit ging auch die Bildung des heutigen Tal-systems einher. Das eiszeitliche Klima führte zu starkem Abtrag und linienhaften Einschneiden der Fließgewässer in die mesozoische-tertiäre Verwitterungsdecke. Gerade entlang der großen Flüsse wurde diese Decke so weit abgetragen, dass hier frische devonische Gesteine aufgeschlossen sind. Vergleichbar mit den Magmatiten setzten auch die Quarzite dem Abtrag mehr Widerstand als z.B. die Schiefer entgegen. Ihre Härtingszüge sind gerade am Südrand des Hunsrücks mit Hoch-, Idar- und Soonwald und des Taunus morphologisch besonders auffallend.

Der Maar-Vulkanismus der Eifel, bei dem vorwiegend intermediäre bis saure Pyroklastika abgelagert wurden, fällt ebenfalls in das Pleistozän. Bedeutsam waren vor allem die Eruptionen im Gebiet von Maria-Laach im ausgehenden Eiszeitalter. Der Trachytbimstuf bedeckte, bis zu mehreren Meter mächtig, weite Teile des Neuwieder Beckens und der südlich und nordöstlich angrenzenden Gebiete.

Allgegenwärtig sind die äolischen Komponenten Löss und Lösslehm in den oberflächennahen Substraten und in Folge dessen auch in den Bachsedimenten enthalten. Sie wurden im Pleistozän eingeweht und mit den liegenden Gesteinen vermischt. Überwiegend sind es carbonatfreie Lösslehme, während bedeutendere Vorkommen an carbonathaltigen Lössen meist nur in den innermontanen Becken wie dem Mittelrheinischen Becken zu finden sind.

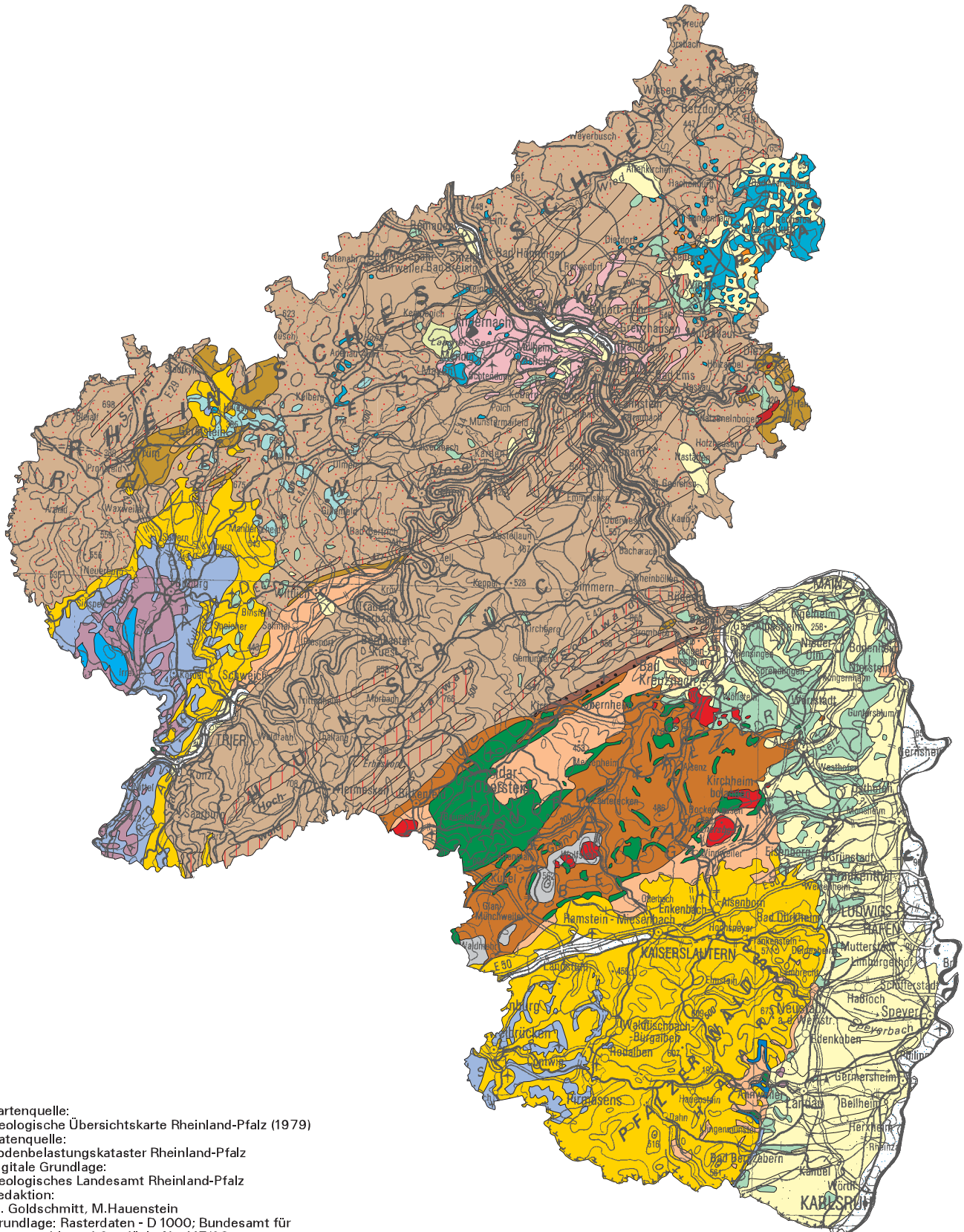
All diese Prozesse führten zu einer geologischen Vielfalt im Rheinischen Schiefergebirge, was unmittelbar die Zusammensetzung und Elementausstattung der Bach- und Flusssedimente bestimmt.

Tab. 2 Gesteine in Rheinland-Pfalz
(Flächenanteile aus der Geologischen Übersichtskarte abgeleitet)

Stratigraphie	Petrographie	km ²	Flächen- anteil in %
Sedimente			
Holozän	Überwiegend Auensedimente (Auensand, -lehm, und -ton, Kiese, örtlich Torfe und Anmoor	486	2,4
Pleistozän	Löß	1398	7,0
	sandige Lockersedimente (Flugsand, Terrassensande und -kiese)	903	4,5
Tertiär	- im Oberrheinischen Tiefland Überw. Mergel, Tone, Kalkstein - im Westerwald Überw. Tone - im Gutland und westl. Rheinischen Schiefergebirge Überw. Kiese, Sande, Tone	758	3,8
Jura	Sandsteine untergeordnet Tone	49	0,3
Keuper	Mergel und Sandsteine	575	2,9
Muschelkalk	Dolomit, (dolom.) Kalke, Kalkmergel, Muschelsandstein	575	2,9
Buntsandstein	Sandsteine, untergeordnet konglomeratische Sandsteine, Schiefertone	2812	14,2
Zechstein	Dolomitische Sandsteine und Schiefertone	12	0,1
Oberrotliegend	Konglomerate, Sandsteine, Schiefertone	741	3,7
Unterrotliegend	Sandsteine, Arkosen, Konglomerate, Schiefertone mit Kalkeinlagerungen	1049	5,3
Oberkarbon	Sandstein, Schiefertone mit Kohleflözchen	72	0,4
Oberdevon	Dolomite, Tonschiefer, Kalke	12	0,1
Mitteldevon	Kalke, Dolomite, Tonschiefer	252	1,3
Unterdevon	vorw. Tonschiefer	3727	18,8
	Tonschiefer mit mächtigen Grauwackeneinschaltungen	4532	22,7
	Quarzite	630	3,2
Magmatite			
Tertiär-Holozän	Basalttuff	104	0,5
	Phonolithtuff	26	0,1
	Trachyttuff	305	1,6
Tertiär-Pleistozän	Basalt	269	1,4
	Phonolith, Trachyt	9	<0,1
Rotliegend	Basalt, Andesit, Latit (Melaphyr, Porphyrit)	454	2,3
	Rhyolith (Quarzporphyr)	62	0,3
Karbon/Devon	Basalt (Diabas), Keratophyr	10	<0,1
Metamorphite	vorw. Grünschiefer, Phyllite	31	0,2

Südlich des Hunsrücks schließt das Saar-Nahe-Bergland an, das einen Anteil von ca. 12% an der Landesfläche besitzt. Die naturräumlichen Grenzen stimmen weitgehend mit der permokarbonen Saar-Nahe-Senke überein. In diese Senke wurden während des Karbon und Rotliegend aus den Randgebieten kontinuierlich mächtige Schichten abgelagert. Hierbei handelt es sich am Rand um Konglo- oder Fanglomerate, die mit zunehmender Entfernung zum Liefergebiet in feinkörnige Sand-, Schluff-, Tonsteine übergehen. Außer im südwestlichen Bereich des Saar-Nahe-Berglandes sind die Sedimente des Karbons von Rotliegend-Gesteinen überdeckt. Im tiefen Oberrotliegend setzte ein starker Vulkanismus ein, bei dem in der weiteren Umgebung von Idar-Ober-

Geologische Übersichtskarte Rheinland-Pfalz



Kartenquelle:
Geologische Übersichtskarte Rheinland-Pfalz (1979)
Datenquelle:
Bodenbelastungskataster Rheinland-Pfalz
Digitale Grundlage:
Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz
Redaktion:
M. Goldschmitt, M. Hauenstein
Grundlage: Rasterdaten - D 1000; Bundesamt für
Kartographie und Geodäsie, Nr. 417/98

Stand Mai 2000

Die Legende befindet sich [auf der nächsten Seite

Maßstab 1:1000000

0 10km 50km

	H O L O Z Ä N
	Überwiegend Auensedimente
	P L E I S T O Z Ä N
	Löß
	sandige Lockersedimente
	T E R T I Ä R
	- Im Oberrheinischen Tiefland überw. Mergel, Tone, Kalkstein - im Westerwald überw. Tone - Im Gutland und westl. Rheinischen Schiefergebirge überw. Klese Sande und Tone
	J U R A
	Sandsteine, untergeordnet Tone
	K E U P E R
	Mergel und Sandsteine
	M U S C H E L K A L K
	Dolomit, Kalke, Kalkmergel, Muschelsandstein
	B U N T S A N D S T E I N
	Sandsteine, untergeordnet konglomeratische Sandsteine Schiefertone
	Z E C H S T E I N
	Dolomitische Sandsteine und Schiefertone
	O B E R R O T L I E G E N D
	Konglomerate, Sandsteine, Schiefertone
	U N T E R R O T L I E G E N D
	Sandsteine, Arkose, Konglomerate, Schiefertone mit Kalkeinlagen
	O B E R K A R B O N
	Sandstein, Schiefertone mit Kohleflözchen
	O B E R D E V O N
	Kalke, Dolomite, Tonschiefer
	M I T T E L D E V O N
	Kalke, Dolomite, Tonschiefer
	U N T E R D E V O N
	vorw. Tonschiefer
	Tonschiefer mit mächtigen Grauwackeneinschaltungen
	Quarzite
	E R U P T I V G E S T E I N E
	T e r t i ä r - H o l o z ä n
	Basalttuff
	Phonollithtuff
	Trachyttuff
	T e r t i ä r - P l e i s t o z ä n
	Basalt
	Phonolith
	Trachyt
	R o t l i e g e n d
	Basalt, Andesit und Latit
	Rhyolith
	K a r b o n ?
	Granit und Granitgneis
	Keratophyr und Basalt (Diabas)
	M E T A M O R P H I T E
	vorw. Grünschiefer, Phyllite

stein und Baumholder vorwiegend basische und intermediäre Magmen aufdrängen, während in den übrigen Bereichen auch mächtige saure Effusiv- und Intrusivgesteine vorhanden sind.

Das Südwestdeutsche Stufenland (Südwestdeutsches-Lothringisches Schichtstufenland) nimmt ca. 16 % der Landesfläche ein, und die Grenze deckt sich weitgehend mit der Verbreitung mesozoischer Sedimentgesteine. Mehr als die Hälfte des Naturraums werden von Ablagerungen des Buntsandsteins bestimmt. Es sind in erster Linie Sandsteine und nachgeordnet konglomeratische Sandsteine und Schiefertone. Sie bilden den Untergrund von Pfälzerwald und weiten Teilen der Westricher Hochfläche und des Gutlandes. Sand- Mergel- und Kalksteine des Muschelkalk kommen verbreitet im Westrich und dem Bitburger Gutland vor. Insbesondere die morphologisch harten Kalksteine bilden Plateaus und Stufen, in die sich die Fließgewässer einschnitten. An deren Talhängen treten wieder die liegenden Gesteine des Buntsandstein auf. Das jüngere Mesozoikum mit Keuper und Jura ist in der Trier-Bitburger Mulde zu finden. Deren Mergel- und Sandsteine liegen im Bitburger Gutland und dem Ferschweiler Plateau konkordant auf den Schichten des Muschelkalks.

Die am dichtesten besiedelte und klimatisch sehr begünstigte Großlandschaft ist das Oberrheinische Tiefland, das in Rheinland-Pfalz etwa die gleiche Fläche wie das Südwestdeutsche Stufenland aufweist. Es entspricht dem Oberrheingraben, dessen Ende im Nordwesten vom Mainzer Becken eingenommen wird. Die Grabenzone bildet sich seit dem Tertiär und steht in Zusammenhang mit der alpidischen Orogenese. Der Graben ist mit bis zu 3000 m mächtigen Ton-, Mergel- und Kalkgesteinen verfüllt, die ihrerseits meist von quartären äolischen und fluvialen Lockersedimenten überdeckt sind. Typisch sind Löss und deren vielfältigen Umlagerungsformen, welche neben dem Klima die Voraussetzung für die intensive landwirtschaftliche Nutzung bilden. Zusammenhängende Flugsandgebiete sind vor allem entlang des Rheins und im Bereich des Vorderpfälzer Tieflands zu finden. Je nach Liefergebiet sind sie carbonatfrei bis -reich. Die Bäche des Pfälzerwaldes schütteten in die Vorderpfälzer Rheinebene großflächige Schwemmfächer, deren Zusammensetzung deutlich auf das Liefergebiet hinweisen.

3. Untersuchungsmethodik

3.1. Beprobung

Die Probenahme für den Geochemischen Atlas der Bundesrepublik Deutschland (FAUTH et al. 1985) erfolgte zwischen 1977 und 1983. Die Geländearbeiten für die geochemische Übersichtsprospektion im linksrheinischen Teil des Schiefergebirges wurden von FAUTH & HINDEL (1979) zwischen 1973 und 1977 durchgeführt. Die Beprobung des rechtsrheinischen Teils fand 1981 unter Leitung von WEWER (1984) statt.

3.2. Analytik

3.2.1. Probenvorbehandlung

Die Vorbehandlung des Probenmaterials erfolgte bei den in 3.1. aufgeführten Arbeiten einheitlich. Enthielten die Bachsedimente einen hohen Anteil grober Komponenten, wurden sie noch vor Ort auf kleiner 2 mm gesiebt. Die Trocknung fand bei 90°C im Trockenschrank statt (ca. 24 h). Anschließend wurden sie mit einer Maschenweite von 0,18 mm (80mesh) abgesiebt und ein Aliquot mittels Achatmühle feingemahlen.

3.2.2. Analytik

Die Analytik führte die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) durch. Eine Betrachtung der Analysenfehler ist in FAUTH et al. (1985, S.7) beschrieben.

Tab. 3 Analytische Methoden

Element	Untersuchungsprogramm	Aufschluss- oder Extraktionsmethode	Messtechnik
Barium (Ba)	¹	12 mg Festsubstanz	Optisches Emissionsspektrometer
	³	KOH/Titriplex-Aufschluß	Atomabsorptionsspektrometer (AAS)
Cadmium (Cd)	^{1, 2, 4}	Salpetersäure-Extraktion ⁵	Atomabsorptionsspektrometer (AAS)
Kobalt (Co)	^{1, 2, 4}	Salpetersäure-Extraktion ⁵	Atomabsorptionsspektrometer (AAS)
Chrom (Cr)	¹	12 mg Festsubstanz	Optisches Emissionsspektrometer
Kupfer (Cu)	^{1, 2, 3, 4}	Salpetersäure-Extraktion ⁵	Atomabsorptionsspektrometer (AAS)
Fluor (F)	¹	Salpetersäure-Extraktion ⁵	elektrometrisch
Lithium (Li)	¹	Salpetersäure-Extraktion ⁵	Atomabsorptionsspektrometer (AAS)
Nickel (Ni)	^{1, 2, 4}	Salpetersäure-Extraktion ⁵	Atomabsorptionsspektrometer (AAS)
Blei (Pb)	^{1, 2, 3, 4}	Salpetersäure-Extraktion ⁵	Atomabsorptionsspektrometer (AAS)
Strontium (Sr)	¹	12 mg Festsubstanz	Optisches Emissionsspektrometer
Uran (U)	¹	Salpetersäure-Extraktion ⁵	fluorimetrisch
Vanadium (V)	¹	12 mg Festsubstanz	Optisches Emissionsspektrometer
Zink (Zn)	^{1, 2, 3, 4}	Salpetersäure-Extraktion ⁵	Atomabsorptionsspektrometer (AAS)

¹ Geochemischer Atlas, ² Geochemische Übersichtsprospektion Rechtsrheinisch, ³ Geochemische Übersichtsprospektion Linksrheinisch, ⁴ Geochemische Untersuchungen Blatt 5512 Montabaur

⁵ Halbkonzentrierte Salpetersäure (HNO₃) bei 90°C im Wasserbad. Dauer 3h

3.3. Auswertung

3.3.1. Statistische Auswertung

Den größten Anteil am Gesamtdatensatz (n=17113) besitzen mit 48% jene Daten, die während der Erhebung zum Geochemischen Atlas der Bundesrepublik (FAUTH et al. 1985) gewonnen wurden. Der große Vorteil dieser Daten liegt darin, dass bei der Festlegung der Entnahmepunkte darauf geachtet wurde, dass sie über die gesamte

Landesfläche statistisch möglichst gleichmäßig verteilt sind. Lediglich städtisch geprägte Räume wurden nicht beprobt. Daraus ergeben sich etwa 50 Bachsedimentproben für jedes Blatt der Topographischen Karte 1:25000 (TK25). Diese Daten wurden durch Ergebnisse regionaler geochemischer Prospektionen ergänzt. Dadurch kam es bei verschiedenen Elementen wie Kupfer, Blei und Zink zu einer räumlichen Ungleichverteilung. Am extremsten war hiervon der Westerwald betroffen. Einschließlich der Daten der Detailprospektion im Gebiet der TK25 Blatt 5512 Montabaur (HINDEL 1984) stammen allein 64% der Daten aus dem Westerwald von diesem Kartenblatt.

Um die ungewollte räumliche Verzerrung weitgehend zu beseitigen, wurde die Landesfläche in 1 km²-Rasterflächen unterteilt und diesen die Daten des Geochemischen Atlas zugeordnet. Das Raster entspricht den Gitterpunkten des Gauß-Krüger-Netzes (3. Gitterstreifen). Anschließend erfolgte die Prüfung, welche noch nicht belegten Rasterzellen mit Prospektions-Daten aufgefüllt werden können. Beim Element Blei ergibt sich daraus, dass im „räumlich bereinigten“ Datensatz 82% der Daten von der Erhebung zum Geochemischen Atlas stammen und es sich bei den restlichen 18% um Daten verschiedener Prospektionen handelt.

Beim „räumlich bereinigten“ Datensatz wurde nochmals getrennt überprüft, ob es sich je nach Datenherkunft um grundsätzlich unterschiedliche Datenkollektive bzw. Grundgesamtheiten handelt. Dies wurde nicht beobachtet. Mit dem geprüften Datensatz wurden anschließend die statistischen Berechnungen durchgeführt. Dies erklärt auch die Diskrepanz zwischen Gesamtdatensatz und den Fallzahlen (n) in den Tabellen und Abbildungen. Vereinzelt führte diese Arbeitsweise dazu, dass die angegebenen Maximalgehalte nicht mit dem Maximum des Gesamtdatensatzes übereinstimmen.

Die Gruppierung des Datensatzes erfolgte nach Naturräumen und nicht nach geologischen Einheiten. Zum einen weil die Dokumentation der geologischen Situation lückenhaft ist, zum anderen weil selbst kurze Fließgewässer häufig mehrere Einheiten durchfließen und dann verständlicherweise nicht eindeutig zuzuordnen sind. Gerade aus letztem Grund wurde von einer nachträglichen Zuordnung mit Hilfe der geologischen Übersichtskarte Abstand genommen. Da die Grenzen naturräumlicher Großeinheiten stark von den geologischen Gegebenheiten geprägt werden, wurden die Naturräume zur Gruppierung des Datensatzes herangezogen.

Folgende statistische Kenngrößen wurden für die einzelnen Datenkollektive ermittelt:

- Anzahl der Messwerte
- Prozentualer Anteil der Messwerte unterhalb der Nachweisgrenze
- Minimum und Maximum
- 25., 50., 75., 90. Perzentil
- obere Ausreißergrenze

Geowissenschaftliche Datenkollektive sind meist nicht normalverteilt, sondern es treten überwiegend unimodale linksverteilte Verteilungskurven auf. Aus diesem Grund wurden als statistische Maßzahlen verschiedene Perzentile herangezogen. Im Gegen-

satz zum arithmetischen Mittel oder der Standardabweichung sind sie vom Verteilungstyp unabhängig und korrekt bestimmbar. Perzentile sind weniger empfindlich gegenüber Ausreißerwerten und lassen eine sinnvolle Bearbeitung der Werte unter der Nachweisgrenze zu. Die Berechnung erfolgt mit einer linearen Interpolation des aufsteigend sortierten Datenkollektivs:

P.: Perzentil

$$v = nP./100 + 0,5$$

k: Rangplatz, ganzzahliger Teil von v

$$P. = (1-f) x_k + f x_{k+1}$$

f: Dezimalteil von v

n: Probenanzahl

x: (Mess-)Wert des Rangplatzes

Das 50. Perzentil (Median) (Synonym: Zentralwert, Stellungsmittel) ist der Wert, über bzw. unter dem sich 50 % aller Fälle befinden. Im Falle einer Normalverteilung der Messwerte entspricht der Median dem arithmetischen Mittel. Anstatt Median werden im Folgenden auch „Durchschnittswert“ oder „Mittelwert“ als sinnverwandte Worte benutzt.

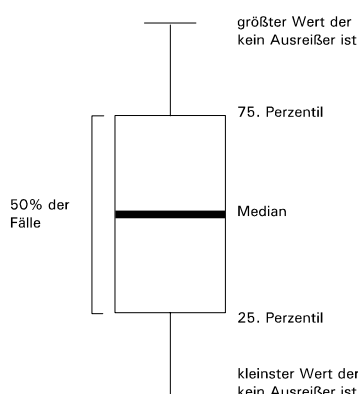
Im Wertebereich zwischen dem 25. und 75. Perzentil liegen 50% der Proben, deren Abstand als Interquartilabstand bezeichnet wird. Er dient als Streuungsmaß und wird bei Spannweitendiagrammen (Boxplot) als Kasten dargestellt (siehe Abb. XX).

Das 90. Perzentil dient häufig als Orientierungs- oder Hintergrundwert zur Abgrenzung von merklicher anthropogener Belastung (LABO 1994).

Ausreißer sind Werte, die das 75. Perzentil bzw. das 25. Perzentil um mehr als das 1,5fache des Interquartilabstandes über- bzw. unterschreiten. In den Tabellen wird nur die Obergrenze angegeben, bei der bei dem jeweils vorliegenden Datenkollektiv Werte als Ausreißer anzusehen sind.

Die Nachweisgrenze differiert aufgrund unterschiedlicher Messtechnik elementspezifisch in einem gewissen Maß. Sollten statistische Kennwerte die Nachweisgrenze unterschreiten, wird in den Tabellen die gemittelte Nachweisgrenze angegeben.

In jenen Fällen, in denen konkrete Zahlenwerte benötigt werden, wird bei Unterschreitung der element- und probenspezifischen Nachweisgrenze die halbe Nachweisgrenze verwendet.



3.3.2. Graphische Darstellung

Der Boxplot (siehe Abb. XX) fasst Informationen über die Verteilung der Werte weiter zusammen und stellt die zusammenfassenden Statistiken der Verteilung graphisch dar. Die untere Grenze des Kastens gibt das 25. Perzentil und die obere Grenze das 75. Perzentil an. Die Linie innerhalb des Kastens repräsentiert den Median. Die Länge des Spannweitendiagramms (Interquartilabstand) liefert Aufschlüsse über die Variabilität

Abb. 1 Schema eines Boxplots

der Beobachtungen. Boxplots eignen sich besonders für den Vergleich der Verteilungen von Messwerten in mehreren Gruppen. Wie in den Tabellen erfolgte die Gruppierung nach Naturräumen. Um einen raschen Vergleich mit den landesweiten Werten zu ermöglichen, ist der Median des bereinigten Datensatzes als Linie durch die gesamte Abbildung gezogen.

3.3.3. Kartographische Darstellung

Bei der Darstellung der Ergebnisse in der geochemischen Übersichtskarte (Maßstab 1:1000000) wird ebenfalls das 1km²-Raster verwendet (siehe auch 3.3.1.). Fallen mehrere Entnahmestellen in eine Rasterzelle, wird der Median der Zelle in der Karte abgebildet. Der Gesamtdatenbestand beim Element Blei beträgt z.B. 14669 gültige Werte. Diese fallen in 6915 Rasterzellen, d.h. in jeder Rasterzelle liegen durchschnittlich 2,1 Entnahmestellen. Dieser günstige Fall ist aber nur bei den Buntmetallen Blei, Kupfer und Zink gegeben. Bei anderen Elementen repräsentiert meist nur ein Wert eine Rasterzelle.

4. Ergebnisse

4.1. Barium

Das Erdalkalimetall Barium (Ba) ist das 14-häufigste Element in der Erdkruste. In intermediären und sauren Magmatiten sowie tonigen Locker- und Festgesteinen sind im allgemeinen die höchsten Konzentrationen zu finden. Das bei der Verwitterung freigesetzte Barium ist wenig mobil, da es rasch als Sulfat oder Carbonat gefällt oder an Tonmineralen adsorbiert wird.

Tab. 4 Barium-Gehalte in den häufigsten Gesteinen

(Angaben in mg/kg) (1- EMSLEY 1994, 2-KABATA-PENDIAS & PENDIAS 1992)

Erdkruste ¹	500
Basische Magmatite ²	250 - 400
Intermediäre Magmatite ²	600 - 1000
Saure Magmatite ²	400 - 1200
Tonige Sedimente ²	500 - 800
Schiefer ²	500 - 800
Sandstein ²	100 - 320
Kalkstein/Dolomit ²	50 - 200
Oberböden	60 - 200

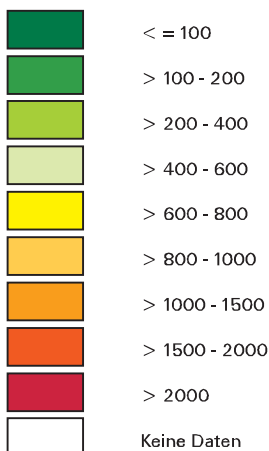
Geochemische Übersichtskarte Rheinland-Pfalz 1:1000000

Barium in Bachsedimenten



Geologisches Landesamt
Rheinland-Pfalz

Barium in mg/kg TS



Gesamtaufschluss/KOH-Titriplex-Aufschluss



Bearbeitet von: M. Goldschmitt, M. Hauenstein
und Dr. M. Krimmel

Geologisches Landesamt
Digitale Kartographie: M. Goldschmitt
Redaktion: M. Hauenstein
Grundlage: Rasterdaten - D 1000; Bundesamt für
Kartographie und Geodäsie, Nr. 417/98
Stand: 04.12.2000

Der mittlere Bariumgehalt in rheinland-pfälzischen Bachsedimenten entspricht mit 526 mg/kg etwa der durchschnittlichen Konzentration der Erdkruste. In 90% der Proben wurden Gehalte < 800 mg/kg festgestellt. Oberhalb von 1200 mg/kg sind die Gehalte als anomal anzusehen.

Die Bariumgehalte in Bachsedimenten des Rheinischen Schiefergebirges liegen überwiegend unter dem Landesdurchschnitt. Allerdings bestehen in dieser Großlandschaft deutliche räumliche Unterschiede. Während insbesondere die Bachsedimente der Eifel mit einem Median von ca. 300 mg/kg relativ wenig Barium enthalten, liegt die Barium-Konzentration im Westerwald und Süderbergland etwa doppelt so hoch. Eine Häufung überdurchschnittlicher Gehalte ist auch in der östlichen Hunsrück-Hochfläche am Rande des Soonwaldes zu beobachten.

Obwohl die Gesteine des Buntsandsteins eher Barium-arm sind, weisen die Bachsedimente im Pfälzerwald mit 767 mg/kg den höchsten Durchschnittsgehalt auf. Entsprechend weisen auch die Sedimente jener Bäche, die im Pfälzerwald entspringen und in angrenzende Naturräume fließen, erhöhte Barium-Gehalte auf. Dies fällt be-

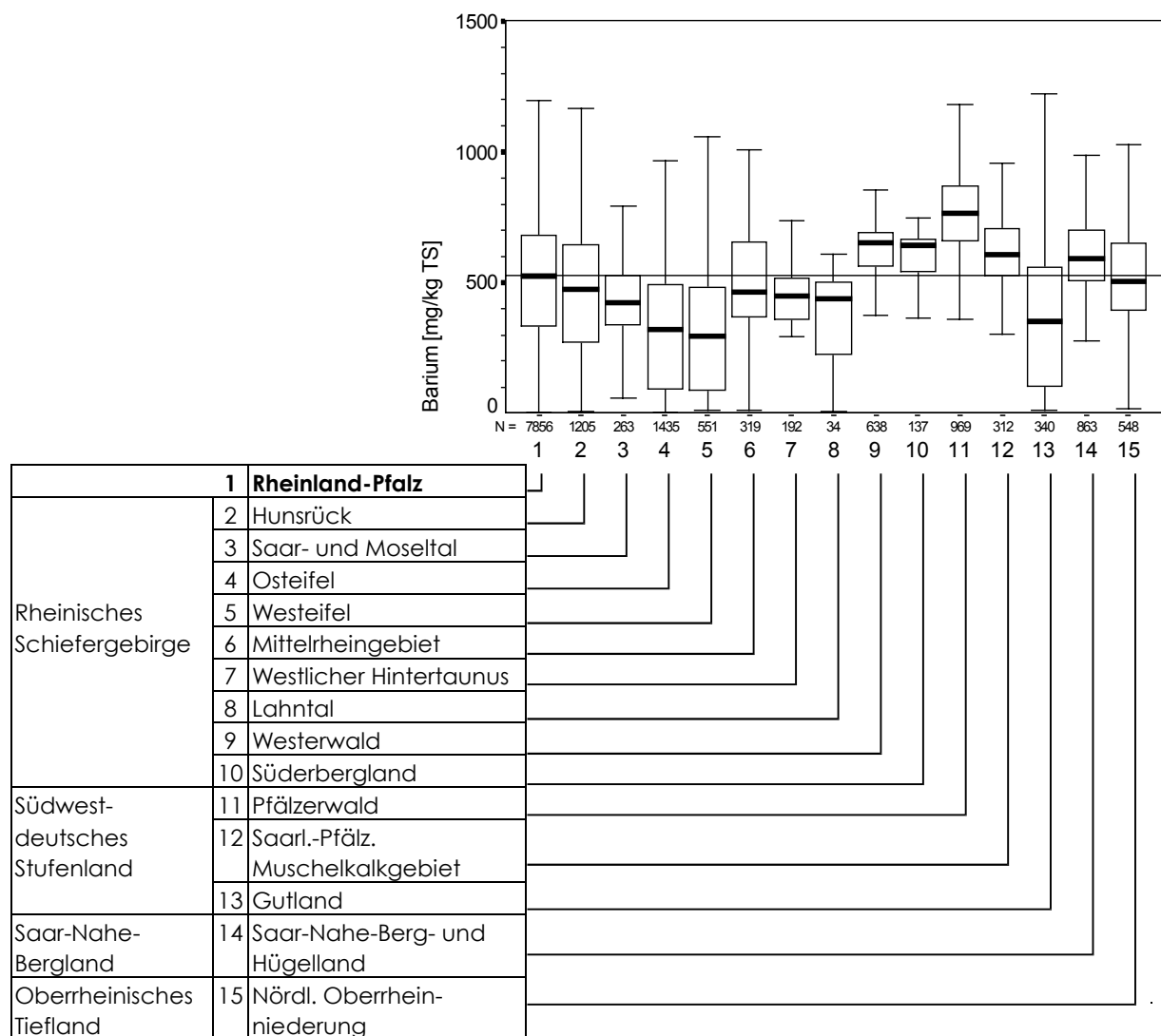


Abb. 2 Barium in Bachsedimenten

sonders beim Schwemmfächer des Speyerbachs auf. Eine anthropogene Beeinflussung ist für diesen äußerst walddreichen Naturraum nicht anzunehmen. Vermutlich wird das durch Verwitterung freigesetzte Barium in geringerem Umfang immobilisiert, so dass es in stärkerem Maß in die Bäche gelangt. Ansonsten sind die Bachsedimente im Gebiet des jüngeren Mesozoikums insbesondere die des Jura überwiegend Barium-arm.

Barium-Anomalien von mehr als 2000 mg/kg sind selten ($\approx 0,25\%$) und treten nur kleiräumig auf. In den südlich von Saarburg liegenden Gemeinden Freudenburg, Kastel-Staadt und Taben-Rodt (Blatt 6405 Freudenburg) wurde in Bachsedimenten Gehalte bis zu 10000 mg/kg festgestellt. Auch im südlichen Teil des Saar-Nahe-Berg- und Hügellands wurden im Raum Birkenfeld-Baumholder sowie Wolfstein vergleichbar hohe Konzentrationen gemessen. Weitere kleinflächige Anomalien liegen in der Eifel bei Üfersfeld (Blatt 5708 Kaiseresch). Sie stehen in Zusammenhang mit Barytgängen, die entlang der Linie Adenau-Ulmen auftreten (FAUTH & HINDEL 1979). Die gleichzeitig

Tab. 5 Statistische Kennwerte: Barium in Bachsedimenten

(Angaben in mg/kg TS)

Naturraum	Anzahl	Anzahl < NWG	Min.	Perzentil 25	Median	Perzentil 75	Perzentil 90	Max.	max. Wert <Ausr.-gr.	Anzahl Ausreißer
Rheinland-Pfalz	7856	0 (0,0%)	5	335	526	680	798	10000	1195	87 (1,1%)
Hunsrück	1205	0 (0,0%)	10	272	472	644	785	4826	1165	6 (0,5%)
Saar- und Moseltal	263	0 (0,0%)	15	338	423	527	622	4552	795	6 (2,3%)
Osteifel	1435	0 (0,0%)	5	95	322	494	663	10000	968	6 (0,4%)
Westeifel	551	0 (0,0%)	15	90	295	482	691	2850	1059	7 (1,3%)
Mittelrheingebiet	319	0 (0,0%)	15	368	465	657	764	1225	1010	2 (0,6%)
Westlicher Hintertaunus	192	0 (0,0%)	5	360	450	517	651	896	738	4 (2,1%)
Lahntal	34	0 (0,0%)	10	225	441	504	534	610	610	1 (2,9%)
Westerwald	638	0 (0,0%)	10	563	653	690	726	4072	855	6 (0,9%)
Süderbergland	137	0 (0,0%)	15	544	642	665	687	748	748	1 (0,7%)
Pfälzerwald	969	0 (0,0%)	20	662	767	870	971	2933	1180	23 (2,4%)
Saarl.-Pfälz. Muschelkalkgeb.	312	0 (0,0%)	304	527	609	709	781	986	957	2 (0,6%)
Gutland	340	0 (0,0%)	15	105	353	560	700	10000	1220	7 (2,1%)
Saar-Nahe-Berg- und Hügelland	863	0 (0,0%)	20	509	592	703	828	10000	988	33 (3,8%)
Nördl. Oberrhein- niederung	548	0 (0,0%)	20	395	505	649	837	5541	1026	26 (4,7%)

erhöhten Strontium-Gehalte der Anomalien Baumholder und Üfersfeld sind als geochemisches Indiz für Baryt-(Schwerspat, BaSO_4) Lagerstätten zu werten, da Baryt oft reich an Strontium ist (PETRASCHKE & POHL 1982). Ferner sind Baryt-Anomalien im Hintertaunus bei Oberneisen und Lohrheim (Blatt 5614 Limburg) bekannt (EMMERMANN et al. 1993).

4.2. Cadmium

Mit durchschnittlich 0,11 mg/kg zählt Cadmium zu den eher seltenen Elementen. Damit steht es nur an 65. Stelle in der Rangfolge der Elemente. Der natürliche Gehalt der Gesteine variiert nicht sehr, lediglich Sand- und Carbonatgesteine unterschreiten den allgemeinen Mittelwert deutlich. Hohe natürliche Gehalte sind in Rheinland-Pfalz nur in sulfidischen Buntmetallerzen - insbesondere als Substituent der Zinkblende - zu erwarten. Cadmium wird als Nebenprodukt bei der Zink-Verhüttung gewonnen.

Tab. 6 Cadmium-Gehalte in den häufigsten Gesteinen

(Angaben in mg/kg) (¹- EMSLEY 1994, ²-KABATA-PENDIAS & PENDIAS 1992)

Erdkruste ¹	0,11
Basische Magmatite ²	0,13 - 0,22
Intermediäre Magmatite ²	- 0,13
Saure Magmatite ²	0,05 - 0,20
Tonige Sedimente ²	- 0,30
Schiefer ²	0,22 - 0,30
Sandstein ²	- 0,05
Kalkstein/Dolomit ²	- 0,04
Oberböden	0,17 - 0,92

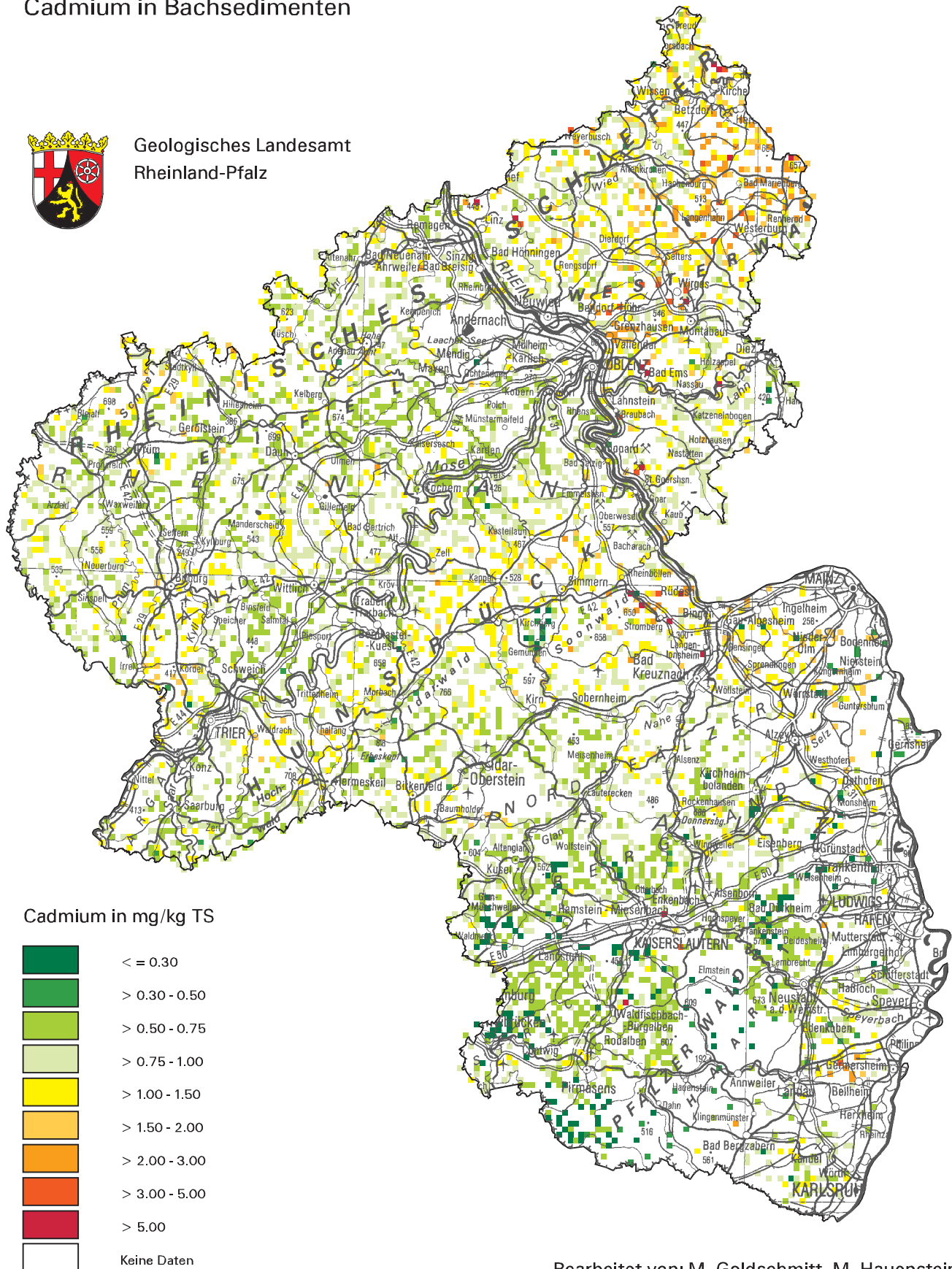
Die üblichen Cadmium-Gehalte in rheinland-pfälzischen Bachsedimenten reichen von Werten kleiner der Nachweisgrenze von 0,3 mg/kg (3,2%) bis 1,5 mg/kg. Der Mittelwert liegt bei 0,9 mg/kg. Werte oberhalb 1,8 mg/kg sind als anomal zu bewerten. FAUTH et al. (1985) geben einen bundesweiten Durchschnittswert von 0,6 mg/kg an. Zwar wurde eine relativ unempfindliche Meßmethode benutzt, so dass die meisten Messwerte die Nachweisgrenze nur geringfügig überschreiten und daher eine gewisse Unschärfe der Ergebnisse besteht, dennoch ist offensichtlich, dass die meisten Bachsedimente mehr Cadmium enthalten als es die mittleren Gehalte in Gesteinen erwarten lassen. Ein merklicher anthropogener Anteil ist daher allgemein anzunehmen. In 0,2% der Proben wurden mehr als 10 mg/kg Cadmium festgestellt. Dies entspricht dem Klärschlammgrenzwert der Klärschlammverordnung (AbfKlärV 1992). Diese hohen Belastungen sind in aller Regel anthropogenen Ursprungs. Auch in Gegenden mit zahlreichen Erzgängen sind solch hohe Konzentrationen primär nicht zu erwarten, sondern sie gehen meist auf ehemalige Bergbauaktivitäten zurück.

Geochemische Übersichtskarte Rheinland-Pfalz 1:1000000

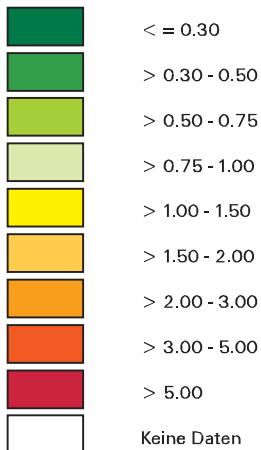
Cadmium in Bachsedimenten



Geologisches Landesamt
Rheinland-Pfalz



Cadmium in mg/kg TS



Salpetersäure-Extraktion

Bearbeitet von: M. Goldschmitt, M. Hauenstein
und Dr. M. Krimmel

Geologisches Landesamt
Digitale Kartographie: M. Goldschmitt
Redaktion: M. Hauenstein
Grundlage: Rasterdaten - D 1000; Bundesamt für
Kartographie und Geodäsie, Nr. 417/98
Stand: 04.12.2000

Die höchsten Durchschnittswerte wurden in Rheinland-Pfalz im rechtsrheinischen Schiefergebirge festgestellt. Die Bachsedimente enthalten im Westerwald und Süderbergland im Mittel 1,2 mg/kg Cadmium. Die Ausreißergrenze liegt bei 3,0 bzw. 2,1 mg/kg. Insbesondere im Hohen Westerwald und im Siegerland wird diese Grenze oft fast erreicht, jedoch nur selten überschritten. Im Niederwesterwald hingegen sind sehr hohe Überschreitungen von bis zu 64 mg/kg gerade in der Umgebung von Ransbach-Baumbach und Höhr-Grenzhausen (Blatt 5512 Montabaur) zu beobachten. Meist weisen diese Bachsedimente auch sehr hohe bis extreme Blei- und Zink-Belastungen auf. Südlich hiervon wurden auch in Nebenbäche der Lahn bei Bad Ems Gehalte bis zu 11 mg/kg erreicht. Diese stehen vermutlich mit dem ehemaligen Bergbau in Verbindung.

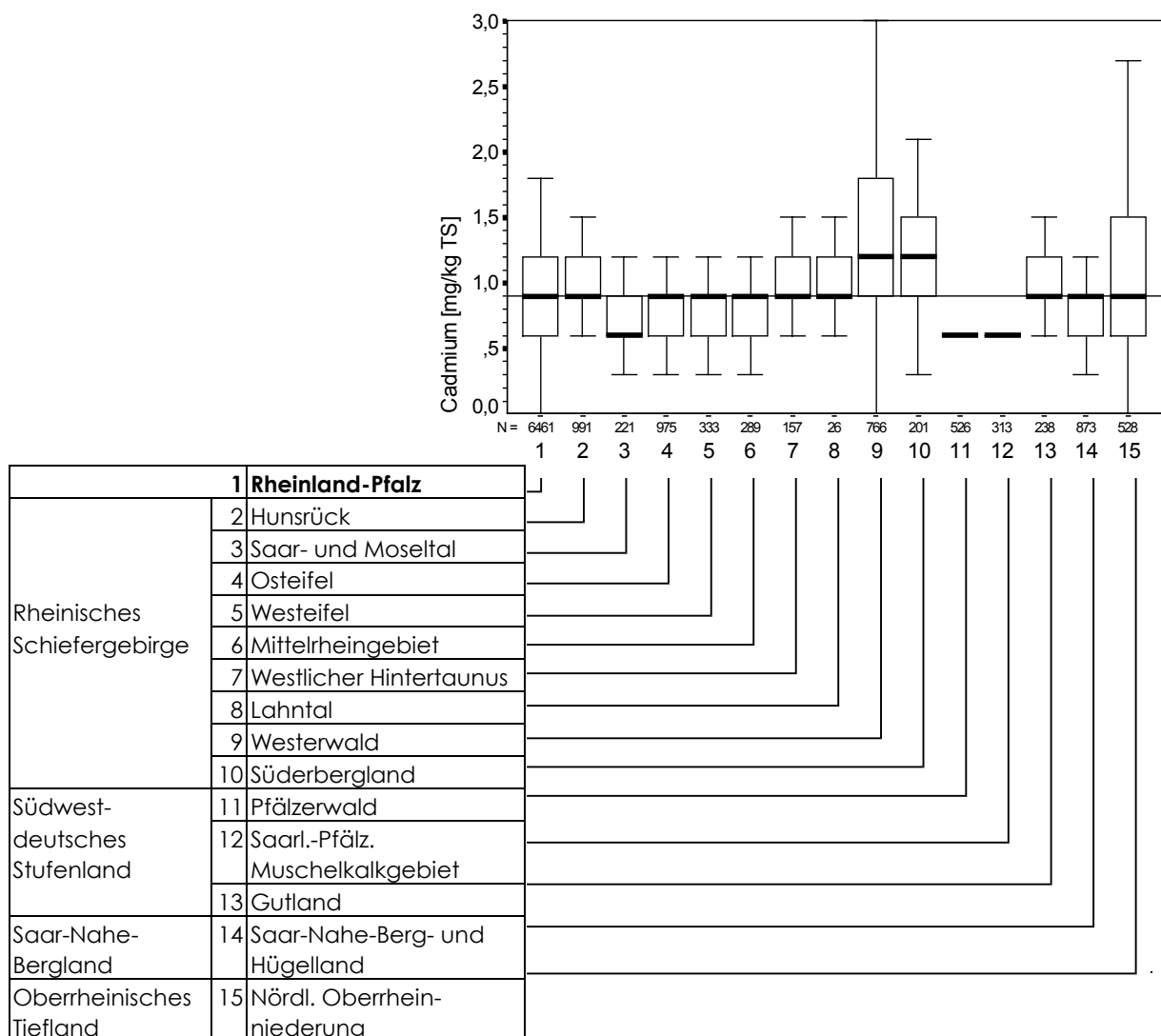


Abb. 3 Cadmium in Bachsedimenten

In den übrigen Landesteilen schwanken die Gehalte überwiegend nur leicht um den Landesdurchschnitt und starke Belastungen bestehen nur punktuell oder kleinräumig. Unterdurchschnittlich sind die Werte aus dem Pfälzerwald, der Westricher Hochfläche und den Rotliegend-Sedimenten des südlichen Saar-Nahe-Berg- und Hügellandes. Lediglich im Stadtgebiet von Kaiserslautern wurden in 2 Proben sehr hohe Konzentrationen von 18 bzw. 29 mg/kg Cadmium festgestellt, die wahrscheinlich anthropogenen Ursprungs sind.

Leicht überdurchschnittliche Konzentrationen sind in den Bachsedimenten der Hunsrückhochfläche zu finden, was aber überwiegend natürliche Ursachen haben dürfte. Im Oberlauf des Guldenbachs (Hunsrück; Blatt 6012 Stromberg) wurden sehr hohe Cadmiumgehalte festgestellt. In Rheinböllen enthalten seine Bachsedimente 58 mg/kg, die im Verlauf des Baches auf etwa 23 mg/kg im Gebiet der Gemeinde Seibersbach und 20 mg/kg in Stromberg abnehmen. Im weiteren Verlauf sinken die Gehalte deutlich ab. Die Ursache ist unklar, da andere Elemente nicht oder nur mäßig erhöht sind.

Tab. 7 Statistische Kennwerte: Cadmium in Bachsedimenten

(Angaben in mg/kg TS)

Naturraum	Anzahl	Anzahl < NWG	Min.	Perzentil 25	Median	Perzentil 75	Perzentil 90	Max.	max. Wert <Ausr.-gr.	Anzahl Ausreißer
Rheinland-Pfalz	6461	205 (3,2%)	<0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	57,9	1,8	43 (6,7%)
Hunsrück	991	15 (1,5%)	<0,3	0,9	0,9	1,2	1,5	57,9	1,5	166 (16,8%)
Saar- und Moseltal	221	0 (0,0%)	0,3	0,6	0,6	0,9	0,9	1,8	1,2	21 (9,5%)
Osteifel	975	1 (0,1%)	<0,3	0,6	0,9	0,9	1,2	2,1	1,2	182 (18,7%)
Westeifel	333	0 (0,0%)	0,3	0,6	0,9	0,9	1,2	1,8	1,2	73 (21,9%)
Mittelrheingebiet	289	1 (0,3%)	<0,3	0,6	0,9	0,9	1,5	17,1	1,2	64 (22,1%)
Westlicher Hinter- taunus	157	0 (0,0%)	0,3	0,9	0,9	1,2	1,2	1,8	1,5	13 (8,3%)
Lahntal	26	0 (0,0%)	0,6	0,9	0,9	1,2	1,8	26,1	1,5	4 (15,4%)
Westerwald	766	3 (0,4%)	<0,3	0,9	1,2	1,8	2,4	56,6	3,0	46 (6,0%)
Süderbergland	201	0 (0,0%)	0,3	0,9	1,2	1,5	1,8	12,3	2,1	17 (8,5%)
Pfälzerwald	526	76 (14,4%)	<0,3	0,6	0,6	0,6	0,9	29,1	-	-
Saarl.-Pfälz. Muschelkalkgeb.	313	45 (14,4%)	<0,3	0,6	0,6	0,6	0,9	1,5	-	-
Gutland	238	1 (0,4%)	<0,3	0,9	0,9	1,2	1,5	1,8	1,5	52 (21,8%)
Saar-Nahe-Berg- und Hügelland	873	38 (4,4%)	<0,3	0,6	0,9	0,9	1,2	3,0	1,2	105 (12,0%)
Nördl. Oberrhein- niederung	528	24 (4,5%)	<0,3	0,6	0,9	1,5	1,5	20,1	2,7	6 (1,1%)

Auch in den Nebenbächen der Mosel treten örtlich unterhalb Bergbau-Altstandorten sehr hohe Cadmiumgehalte in den Bachsedimenten auf. So wurden im Altlaybach und im Peterswalder-Bach Konzentrationen von bis zu 10-17 mg/kg festgestellt. Auf den Einfluss des Bergbaus weisen ferner die sehr hohen Buntmetallgehalte hin.

4.3. Kobalt

In der Erdkruste ist das Schwermetall Kobalt (Co) mit durchschnittlich 20 mg/kg vertreten. In der Häufigkeitsfolge der Elemente steht es damit an 32. Stelle. In Spuren ist Kobalt für die meisten Spezies essentiell. Während Carbonatgesteine sowie sandige Locker- und Festgesteine nur geringe Gehalte aufweisen, steigen sie mit dem Tonmineralgehalt. Die höchsten Co-Konzentrationen sind in (ultra-)basischen Magmatiten zu finden. Erhöhte Gehalte sind ebenfalls im Verbreitungsgebiet sulfidischer Erzgänge zu erwarten. Das geochemische Verhalten von Kobalt ähnelt dem von Eisen, Nickel und Mangan. Das durchschnittlichen Kobalt/Nickel-Verhältnis beträgt 1:4 (FALBE & REGITZ 1997).

Tab. 8 Kobalt-Gehalte in den häufigsten Gesteinen

(Angaben in mg/kg) (1- EMSLEY 1994, 2-KABATA-PENDIAS & PENDIAS 1992)

Erdkruste ¹	20
Basische Magmatite ²	35 - 50
Intermediäre Magmatite ²	1 - 10
Saure Magmatite ²	1 - 15
Tonige Sedimente ²	14 - 20
Schiefer ²	11 - 20
Sandstein ²	0,3 - 10
Kalkstein/Dolomit ²	0,1 - 3
Oberböden	5 - 30

Mit einem Median von 15 mg/kg stimmt der Kobaltgehalt in den Bachsedimenten etwa mit dem mittleren Gehalt in der Erdkruste überein. Die Gehalte schwanken typisch zwischen <5 und 30 mg/kg. Werden 50 mg/kg überschritten, befinden sich die Bachsedimente im Einzugsgebiet basischer magmatischer Gesteine oder einer geochemischen Anomalie. Möglicherweise liegt dann auch eine anthropogene Kontamination vor.

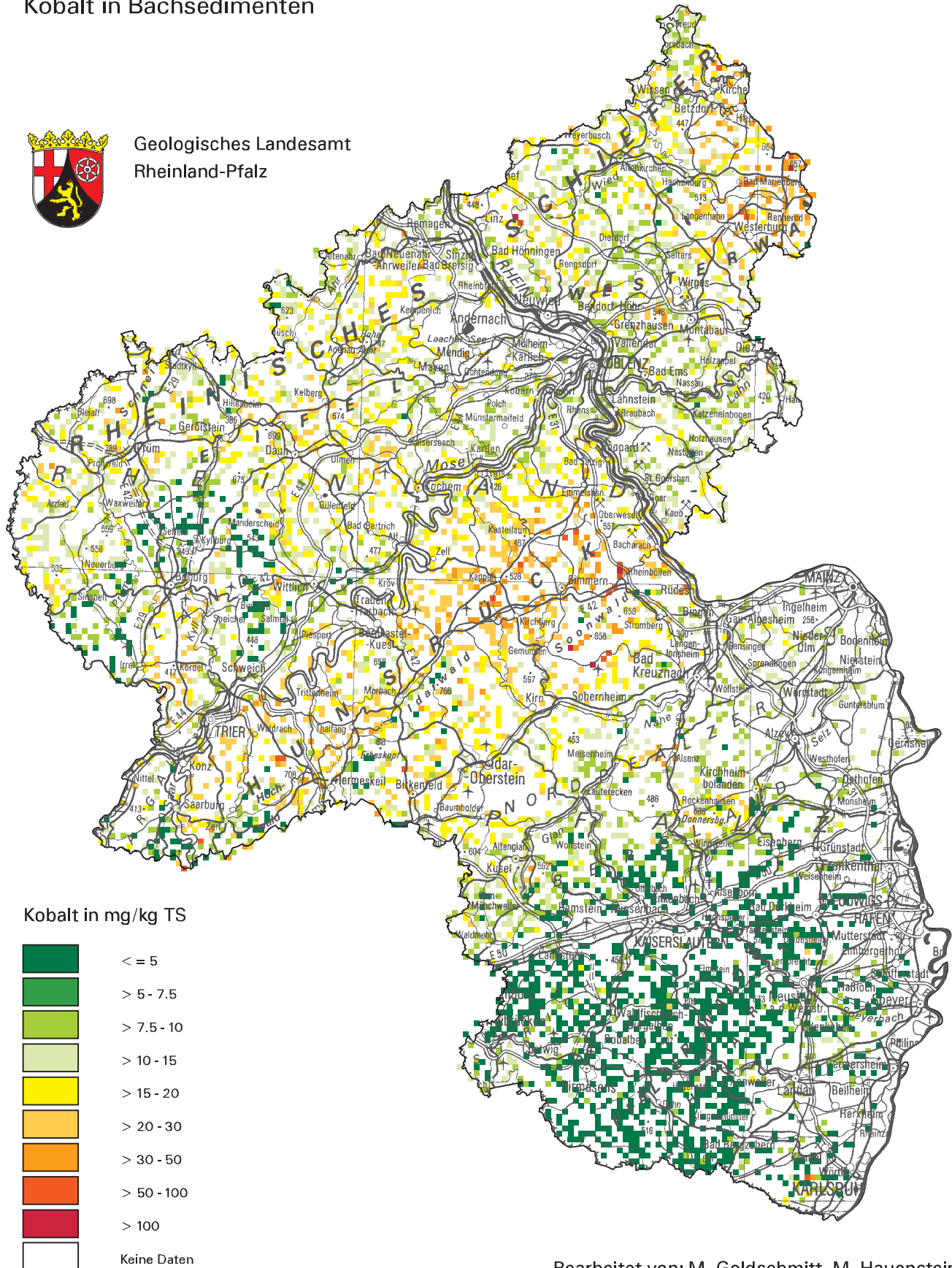
Flächenhaft sind überdurchschnittliche Kobaltgehalte im Hohen Westerwald, der Simmerner Mulde und der Hunsrückhochfläche, dort insbesondere im östlichen Teil,

Geochemische Übersichtskarte Rheinland-Pfalz 1:1000000

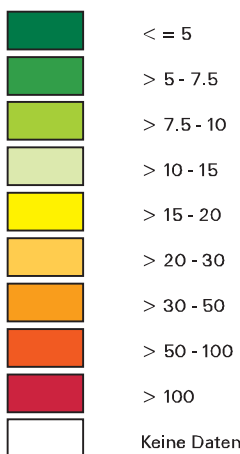
Kobalt in Bachsedimenten



Geologisches Landesamt
Rheinland-Pfalz



Kobalt in mg/kg TS



Salpetersäure-Extraktion

Bearbeitet von: M. Goldschmitt, M. Hauenstein
und Dr. M. Krimmel

Geologisches Landesamt
Digitale Kartographie: M. Goldschmitt
Redaktion: M. Hauenstein
Grundlage: Rasterdaten - D 1000; Bundesamt für
Kartographie und Geodäsie, Nr. 417/98
Stand: 04.12.2000

anzutreffen. Im Westerwald treten Gehalte von >20 mg/kg gehäuft nur im Verbreitungsgebiet der basischen Magmatite, d.h. in der Umgebung von Westerburg, auf. Die Westerwald-Basalte sind mit 50-80 mg/kg relativ Kobalt-reich (SCHREIBER 1996).

Auf der Hunsrückhochfläche und der Simmerner Mulde kommen hingegen weiträumig tiefgründig verwitterte unterdevonische Tonschiefer (-Saprolite) vor. Je nachdem welche Verwitterungszone an der Oberfläche ansteht, können die Gehalte stark schwanken. Gerade im östlichen Bereich steht jenes Stockwerk häufig an, in dem es bei der Verwitterung zu Eisenanreicherungen kam („Hunsrückerze“). In diesen Erzen können Metalle wie Kobalt, Nickel und Chrom deutlich angereichert sein. Sulfidische Erzgänge dürften indessen nur eine untergeordnete Rolle für die überdurchschnittlichen Kobaltgehalten in den Bachsedimenten dieses Naturraums spielen. Die Bachsedimente der Simmerner Mulde weisen einen Median von 40 mg/kg, die der Hunsrückhochfläche von 30 mg/kg Kobalt auf.

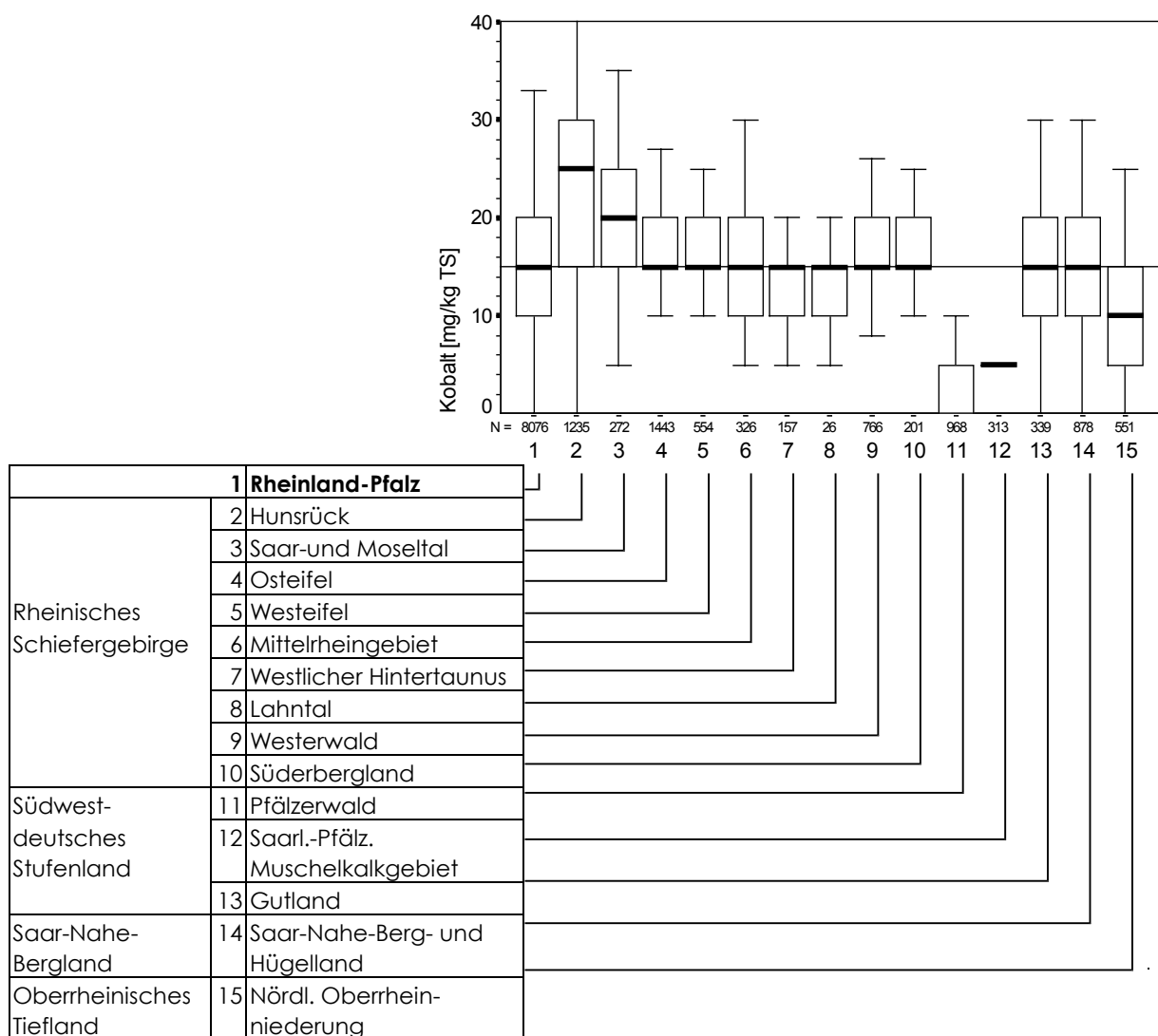


Abb. 4 Kobalt in Bachsedimenten

Wenig Kobalt enthalten die Bachsedimente im Gebiet des Buntsandstein. In 60% der Proben aus dem Pfälzerwald wurde die Nachweisgrenze von <5 mg/kg unterschritten. Entsprechend ist die Situation im Verbreitungsgebiet dieser Sedimentgesteine im Gutland. Die Übersichtskarte zeigt dies deutlich durch die Häufung niedriger Gehalte, die bogenförmig Bitburg umgeben. Die Sedimente jener Bäche die im Pfälzerwald entspringen, weisen auch in den benachbarten Naturräumen Oberrheingraben und Westrich (Saarland-Pfälzisches-Muschelkalkgebiet) vergleichbar geringe Gehalte auf. Das Verteilungsmuster von Kobalt zeigt damit auffallende Parallelen zu Nickel.

Tab. 9 Statistische Kennwerte: Kobalt in Bachsedimenten

(Angaben in mg/kg TS)

Naturraum	Anzahl	Anzahl < NWG	Min.	Perzentil 25	Median	Perzentil 75	Perzentil 90	Max.	max. Wert <Ausr.-gr.	Anzahl Ausreißer
Rheinland-Pfalz	8076	779 (9,6%)	<5	10	15	20	25	240	33	441 (5,5%)
Hunsrück	1235	7 (0,6%)	<5	15	25	30	45	240	50	114 (9,2%)
Saar- und Moseltal	272	4 (1,5%)	<5	15	20	25	30	50	35	9 (3,3%)
Osteifel	1443	50 (3,5%)	<5	15	15	20	25	90	27	82 (5,7%)
Westeifel	554	7 (1,3%)	<5	15	15	20	25	70	25	88 (15,9%)
Mittelrheingebiet	326	0 (0,0%)	5	10	15	20	25	130	30	20 (6,1%)
Westlicher Hintertaunus	157	0 (0,0%)	5	10	15	15	20	30	20	28 (17,8%)
Lahntal	26	0 (0,0%)	5	10	15	15	20	25	20	5 (19,2%)
Westerwald	766	0 (0,0%)	5	15	15	20	30	200	26	96 (12,5%)
Süderbergland	201	0 (0,0%)	5	15	15	20	25	55	25	42 (20,9%)
Pfälzerwald	968	582 (60,1%)	<5	<5	<5	5	5	30	-	-
Saarl.-Pfälz. Muschelkalkgeb.	313	67 (21,4%)	<5	5	5	5	10	20	-	-
Gutland	339	6 (1,8%)	<5	10	15	20	25	30	30	5 (1,5%)
Saar-Nahe-Berg- und Hügelland	878	16 (1,8%)	<5	10	15	20	25	85	30	29 (3,3%)
Nördl. Oberrhein- niederung	551	33 (6,0%)	<5	5	10	15	15	75	25	13 (2,4%)

4.4. Chrom

Die Erdkruste enthält im Mittel 100 mg/kg Chrom (Cr), womit es das 20-häufigste Element ist. In den rheinland-pfälzischen Bachsedimenten wird dieser Wert mit 82 mg/kg unterschritten. Wenig Chrom enthalten saure und intermediäre Magmatite sowie Sand- und Carbonatgesteine. Mit sinkendem SiO_2 -Gehalt nimmt der Chromgehalt in den Magmatiten erheblich zu. So sind in der Natur hohe Konzentrationen in Gesteinen und das Auftreten von Chromlagerstätten immer an basische bzw. ultrabasische Magmatite gebunden.

Tab. 10 Chrom-Gehalte in den häufigsten Gesteinen

(Angaben in mg/kg) (1- EMSLEY 1994, 2-KABATA-PENDIAS & PENDIAS 1992)

Erdkruste ¹	100
Basische Magmatite ²	170 - 200
Intermediäre Magmatite ²	15 - 50
Saure Magmatite ²	4 - 25
Tonige Sedimente ²	80 - 120
Schiefer ²	60 - 100
Sandstein ²	20 - 40
Kalkstein/Dolomit ²	5 - 16
Oberböden	19 - 64

Konzentrationen über 400 mg/kg treten in 0,5% der Bachsedimente auf. Die Verteilung hoher Chromgehalte in Bachsedimenten stimmt weitestgehend mit dem Verbreitungsgebiet der SiO_2 -armen Magmatite überein. Auf der anderen Seite spiegeln unterdurchschnittliche Konzentrationen Gegenden mit sandigen und carbonatischen Gesteinen wider.

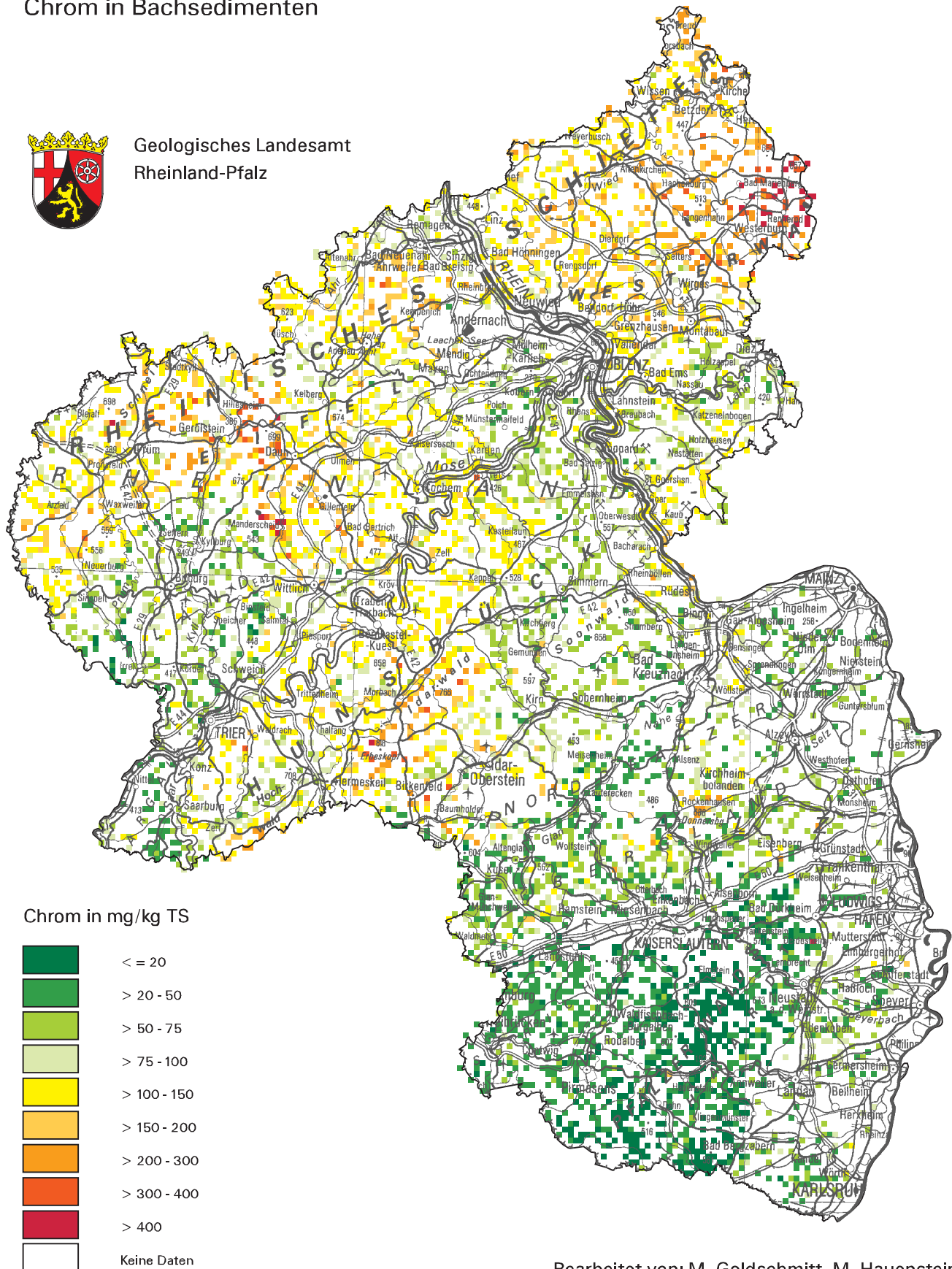
Allgemein liegen die Chromgehalte in den Bachsedimenten des Rheinischen Schiefergebirges mehr oder weniger über dem Landesdurchschnitt. Im Westerwald und Süderbergland ist der Mittelwert mit 148 bzw. 156 mg/kg sogar fast doppelt so hoch, wobei auch innerhalb dieser Naturräume die Verteilung weiter differenziert ist. Während die Gehalte im Niederwesterwald vergleichbar mit dem übrigen Rheinischen Schiefergebirge sind, steigen sie im Oberwesterwald auf durchschnittlich 204 mg/kg und im Hohen Westerwald sogar auf 358 mg/kg an. Fast 65% der Proben, die 400 mg/kg überschreiten, stammen von den Blättern 5313 Bad Marienberg (Ww.), 5314 Rennerod und 5414 Mengerskirchen. In Rehe, östlich von Rennerod, wurde der landesweit höchste Wert von 1296 mg/kg festgestellt. Diese hohen Gehalte stehen eindeutig in Beziehung zu den dort verbreiteten tertiären Basalten. Insbesondere die Titan-armen Westerwald-Basalte weisen einen typischen Chromgehalt von 300-500 mg/kg auf, aber auch in den Titan-reichen Basalten ist mit 100-300 mg/kg meist mehr Chrom als in den anderen Gesteinen zu finden (SCHREIBER 1996).

Geochemische Übersichtskarte Rheinland-Pfalz 1:1000000

Chrom in Bachsedimenten



Geologisches Landesamt
Rheinland-Pfalz



Bearbeitet von: M. Goldschmitt, M. Hauenstein
und Dr. M. Krimmel

Geologisches Landesamt
Digitale Kartographie: M. Goldschmitt
Redaktion: M. Hauenstein
Grundlage: Rasterdaten - D 1000; Bundesamt für
Kartographie und Geodäsie, Nr. 417/98
Stand: 04.12.2000

Im linksrheinischen Teil des Schiefergebirges enthalten die Bachsedimente im Gebiet Gerolstein-Daun sowie in der Umgebung von Manderscheid (Osteifel) deutlich erhöhte Chrom-Gehalte. Auch hier ist ein Zusammenhang mit den vulkanischen Gesteinen zu sehen.

In der weiteren Umgebung von Idar-Oberstein weisen die Bachsedimente im Verbreitungsgebiet der Rotliegend-Vulkanite hingegen keine auffallend hohen Gehalte auf. Nur punktuell wurden Gehalte >200 mg/kg festgestellt. Vermutlich liegt es daran, dass saure und intermediäre Magmatite gegenüber den Basalten (*Melaphyre*) eine größere räumliche Bedeutung besitzen. Kleinräumig sind erhöhte Gehalte auch im Bereich des Donnersberg-Massivs zu finden, welches ebenfalls aus Rotliegend-Vulkaniten besteht.

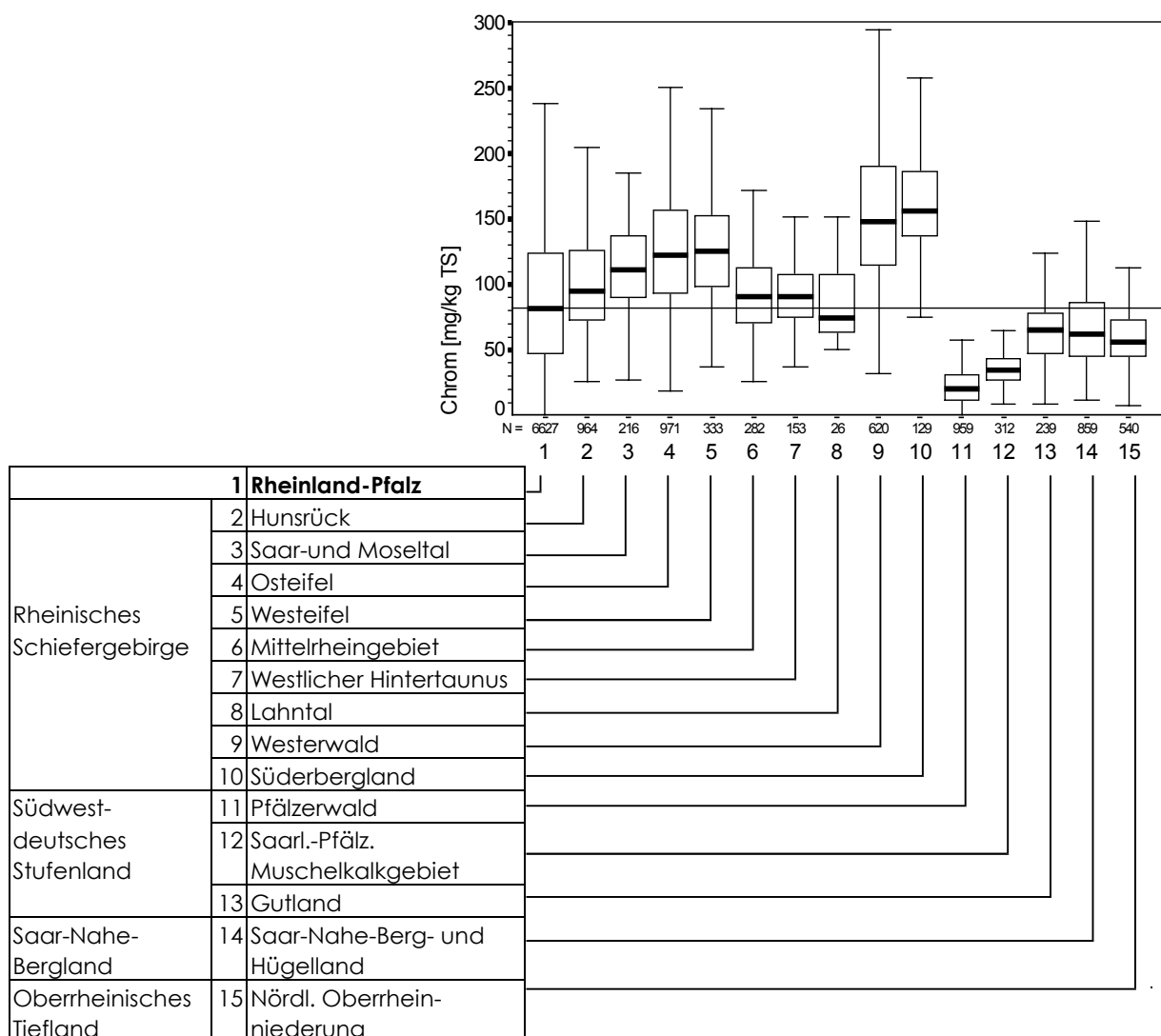


Abb. 5 Chrom in Bachsedimenten

Obwohl die Kammlagen des Hoch- und Idarwaldes aus Quarzitrücken gebildet werden, enthalten die Bachsedimente mit durchschnittlich 139 mg/kg unerwartet viel Chrom. Im geologisch ähnlichen Soonwald wurden hingegen mittlere Gehalte von nur 73 mg/kg festgestellt. Vermutlich liegt es an der Lage der Quellmulden, die sich überwiegend nicht im Bereich des Taunusquarzits, sondern in den Hermeskeilschichten und teilweise in den Bunten Schiefern des Gedinne befinden.

Ausgesprochen Chrom-arm sind die Bachsedimente im Gebiet der Trias. Sie enthalten im Pfälzerwald im Mittel nur 20 mg/kg und selbst die Ausreißergrenze liegt mit 58 mg/kg noch unter dem Landesdurchschnitt. Nur geringfügig mehr Chrom ist in den Bachsedimenten der Muschelkalkgebiete sowie im Bereich der sedimentären Gesteine des Rotliegend und Karbon zu finden.

Tab. 11 Statistische Kennwerte: Chrom in Bachsedimenten

(Angaben in mg/kg TS)

Naturraum	Anzahl	Anzahl < NWG	Min.	Perzentil 25	Median	Perzentil 75	Perzentil 90	Max.	max. Wert <Ausr.-gr.	Anzahl Ausreißer
Rheinland-Pfalz	6627	63 (1,0%)	<5	47	82	124	168	1296	238	233 (3,5%)
Hunsrück	964	0 (0,0%)	26	73	95	126	164	593	205	53 (5,5%)
Saar- und Moseltal	216	0 (0,0%)	27	90	111	137	148	331	185	3 (1,4%)
Osteifel	971	0 (0,0%)	19	93	122	157	207	835	251	56 (5,8%)
Westeifel	333	0 (0,0%)	37	98	126	153	197	441	234	14 (4,2%)
Mittelrheingebiet	282	0 (0,0%)	26	71	91	113	137	240	172	8 (2,8%)
Westlicher Hintertaunus	153	0 (0,0%)	37	75	91	108	125	168	152	3 (2,0%)
Lahntal	26	0 (0,0%)	51	64	75	108	129	152	152	1 (3,8%)
Westerwald	620	0 (0,0%)	32	115	148	190	290	1296	294	59 (9,5%)
Süderbergland	129	0 (0,0%)	75	137	156	187	240	396	258	9 (7,0%)
Pfälzerwald	959	62 (6,5%)	<5	12	20	31	45	845	58	47 (4,9%)
Saarl.-Pfälz. Muschelkalkgeb.	312	0 (0,0%)	9	27	35	43	51	86	65	10 (3,2%)
Gutland	239	0 (0,0%)	9	47	65	78	93	141	124	4 (1,7%)
Saar-Nahe-Berg- und Hügelland	859	0 (0,0%)	12	45	62	87	124	311	148	60 (7,0%)
Nördl. Oberrhein- niederung	540	0 (0,0%)	8	45	56	73	89	288	113	16 (3,0%)

4.5. Kupfer

Mit einem mittleren Gehalt von 10 mg/kg wird der durchschnittliche Kupfergehalt der Erdkruste von 50 mg/kg (26. Stelle der Elementhäufigkeit) in den rheinland-pfälzischen Bachsedimenten deutlich unterschritten.

Tab. 12 Kupfer-Gehalte in den häufigsten Gesteinen

(Angaben in mg/kg) (1- EMSLEY 1994, 2-KABATA-PENDIAS & PENDIAS 1992)

Erdkruste ¹	50
Basische Magmatite ²	60 - 120
Intermediäre Magmatite ²	15 - 80
Saure Magmatite ²	5 - 30
Tonige Sedimente ²	40 - 60
Schiefer ²	- 40
Sandstein ²	5 - 30
Kalkstein/Dolomit ²	2 - 10
Oberböden	10 - 55

Die Bachsedimente der nördlichen Oberrheinniederung enthalten im Mittel mehr Kupfer als jene der übrigen Naturräume. Die Gehalte streuen recht stark, jedoch stellen hohe Belastungen von mehr als 100 mg/kg die Ausnahme dar. Mit Mittelwerten von 35 bzw. 65 mg/kg überschreiten besonders die Bachsedimente von Rheinhessen und der Unteren Naheebene den Landesdurchschnitt deutlich. Da die Gesteine der nördlichen Oberrheinniederung keine überdurchschnittlichen Kupferkonzentrationen aufweisen sowie keine Erzlagerstätten vorhanden sind, dürfte maßgeblich die Verwendung von Kupfer-haltigen Pflanzenschutzmitteln im Weinbau die Ursache für die erhöhten Werte sein.

Interessant sind in diesem Zusammenhang auch die relativ hohen Gehalte im Bereich des Speyerbachs zwischen Neustadt a.d. Weinstrasse und Speyer. Während z.B. die Barium-, Chrom- oder Kobalt-Gehalte deutlich auf die Herkunft der Sedimente aus dem Pfälzer Wald hinweisen, lassen sich die Kupfer-Konzentrationen nicht durch das Hauptliefergebiet erklären.

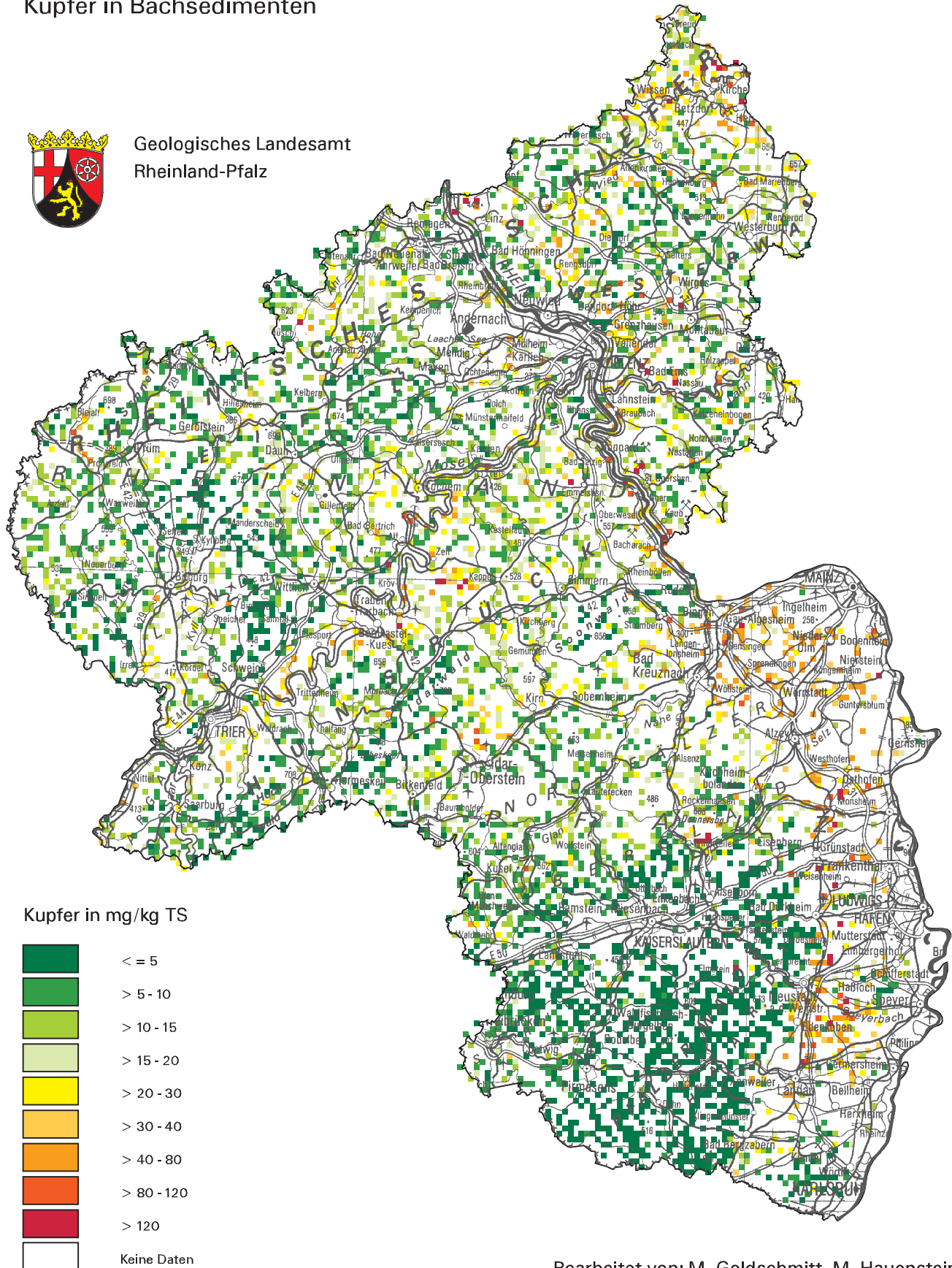
In etwa 7% der Fälle liegen die Gehalte über der Ausreißergrenze von 40 mg/kg. Meist wird diese nur gering bis mäßig überschritten. Extrem hohe Belastungen, die das 10-fache der Ausreißergrenze überschreiten, wurden in 0,19% aller untersuchten Proben festgestellt. Meist handelt es sich um Bäche, die in Verbindung zu Gruben, Halden und Hütten des ehemaligen Buntmetall-Bergbaus stehen. Dementsprechend sind die Sedimente meist auch stark mit Blei und Zink, sowie teilweise mit Cadmium belastet. In Abhängigkeit von der Erzart kann in Einzelfällen wie bei Rheinbreitbach (Blatt 5309

Geochemische Übersichtskarte Rheinland-Pfalz 1:1000000

Kupfer in Bachsedimenten



Geologisches Landesamt
Rheinland-Pfalz



Salpetersäure-Extraktion

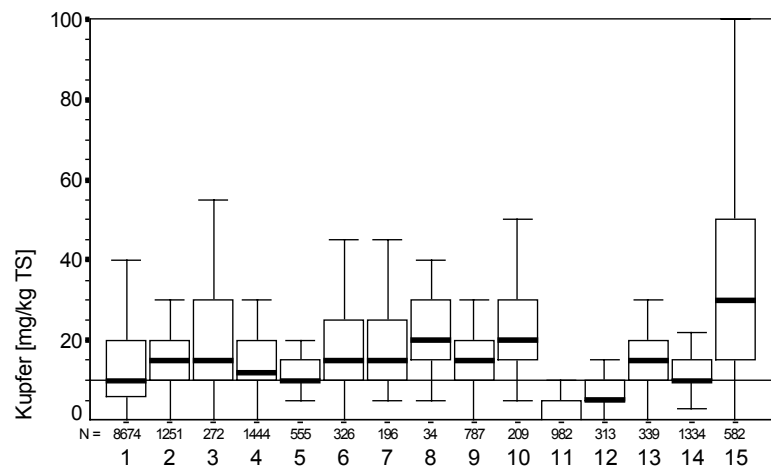
Bearbeitet von: M. Goldschmitt, M. Hauenstein
und Dr. M. Krimmel

Geologisches Landesamt
Digitale Kartographie: M. Goldschmitt
Redaktion: M. Hauenstein
Grundlage: Rasterdaten - D 1000; Bundesamt für
Kartographie und Geodäsie, Nr. 417/98
Stand: 04.12.2000

Königswinter) jedoch auch in erster Linie eine reine Kupferkontamination vorliegen (bis zu 1300 mg/kg).

Die Kupfergehalte im linksrheinischen Schiefergebirge sind im Allgemeinen unauffällig. Eine Häufung von Gehalten über 400 mg/kg ist im Mittleren Moseltal bzw. Moselhunsrück in den Nebenbächen der Mosel bei Traben-Trarbach und Zell zu verzeichnen. Insbesondere Sedimente des Peterswalder Baches und des Altlayer Baches weisen unterhalb ehemaliger Bergbaustandorte hohe Kupfer-Gehalte auf. Konzentrationen bis zu 1000 mg/kg wurden ebenfalls im Alfbach auf Blatt 5703 Bleialf festgestellt. Solche Belastungen sind aber auf relativ kleine Gebiete beschränkt.

Die Bachsedimente des rechtsrheinischen Schiefergebirges enthalten im Mittel etwas mehr Kupfer als im Landesdurchschnitt. Extrem hohe Belastungen sind im Westerwald (St. Katharinen, Montabaur, Niedererbach, Bad Ems) und im Siegerland (Niederfischbach) nur punktuell anzutreffen. Auch hier ist ein Zusammenhang mit dem ehemaligen Erzbergbau zu sehen. Wichtiges Indiz hierfür sind die ebenfalls äußerst hohen Blei- und/oder Zinkgehalte. Häufig sind diese Sedimente auch Cadmium-belastet.



1 Rheinland-Pfalz		
Rheinisches Schiefergebirge	2 Hunsrück	
	3 Saar-und Moseltal	
	4 Osteifel	
	5 Westeifel	
	6 Mittelrheingebiet	
	7 Westlicher Hintertaunus	
	8 Lahntal	
	9 Westerwald	
	10 Süderbergland	
	11 Pfälzerwald	
Südwest-deutsches Stufenland	12 Saarl.-Pfälz. Muschelkalkgebiet	
	13 Gutland	
Saar-Nahe-Bergland	14 Saar-Nahe-Berg- und Hügelland	
Oberrheinisches Tiefland	15 Nördl. Oberrhein-niederung	

Abb. 6 Kupfer in Bachsedimenten

Im Saar-Nahe-Bergland wurden anomale Gehalte ≥ 400 mg/kg lediglich in Berschweiler/Fischbach (Blatt 6210 Kirn) und Winnweiler (Blatt 6413) festgestellt. Auch hier besteht eine Beziehung zum ehemaligen (Kupfer-)Bergbau.

Ausgesprochen Kupfer-arm sind die Bachsedimente im Verbreitungsgebiet der Gesteine des Buntsandstein (Pfälzer Wald, Gutland, Eifel). In etwa 2/3 der Bachsedimente des Pfälzerwaldes liegt der Gehalt unterhalb der Nachweisgrenze von 5 mg/kg. Nur wenig mehr Kupfer enthalten die Bachsedimente im Gebiet des Muschelkalks (Westrich, Gutland).

Tab. 13 Statistische Kennwerte: Kupfer in Bachsedimenten

(Angaben in mg/kg TS)

Naturraum	Anzahl	Anzahl < NWG	Min.	Perzentil 25	Median	Perzentil 75	Perzentil 90	Max.	max. Wert <Ausr.-gr.	Anzahl Ausreißer
Rheinland-Pfalz	8674	828 (9,5%)	<5	6	10	20	30	1300	40	603 (7,0%)
Hunsrück	1251	21 (1,7%)	<5	10	15	20	25	570	30	99 (7,9%)
Saar- und Moseltal	272	2 (0,7%)	<5	10	15	30	45	515	55	19 (7,0%)
Osteifel	1444	17 (1,2%)	<5	10	12	20	25	380	30	97 (6,7%)
Westeifel	555	2 (0,4%)	<5	10	10	15	20	250	20	88 (15,9%)
Mittelrheingebiet	326	3 (0,9%)	<5	10	15	25	40	1300	45	26 (8,0%)
Westlicher Hintertaunus	196	0 (0,0%)	5	10	15	25	40	110	45	13 (6,6%)
Lahntal	34	0 (0,0%)	5	15	20	30	107	330	40	8 (23,5%)
Westerwald	787	8 (1,0%)	<5	10	15	20	35	1295	30	122 (15,5%)
Süderbergland	209	0 (0,0%)	5	15	20	30	55	935	50	28 (13,4%)
Pfälzerwald	982	652 (66,4%)	<5	<5	<5	5	5	350	-	-
Saarl.-Pfälz. Muschelkalkgeb.	313	53 (16,9%)	<5	5	5	10	15	40	15	33 (10,5%)
Gutland	339	2 (0,6%)	<5	10	15	20	25	80	30	27 (8,0%)
Saar-Nahe-Berg- und Hügelland	1334	55 (4,1%)	<5	10	10	15	25	420	22	173 (13,0%)
Nörtl. Oberrhein- niederung	582	10 (1,7%)	<5	15	30	50	77	320	100	35 (6,0%)

4.6. Fluor

Das Halogen Fluor (F) ist in der Erdkruste mit durchschnittlich 950 mg/kg enthalten. Die Fluor-reichsten Gesteine sind die intermediären Magmatite. In tonigen Sedimenten, Schiefern und sauren Magmatiten können ebenfalls höhere Konzentrationen vorkommen. Basische Magmatite, Sand- und Carbonatgesteine weisen hingegen nur geringe Gehalte auf.

Eine bedeutsame anthropogene Fluor-Quelle ist die Verwendung von Phosphatdünger. Fluorapatit ist das wichtigste Ausgangsmineral der Phosphatdünger-Produktion.

In Bachsedimenten wurde weit weniger Fluor festgestellt, als es dem mittleren Gehalt in der Erdkruste entspricht. Zum einen liegt es daran, dass bei der Analyse kein Gesamtaufschluss angewendet wurde, so dass nur ein Teil des Gesamtgehaltes erfasst werden konnte, zum anderen, dass an der Oberfläche der Anteil Fluor-armer Gesteine höher als in der Erdkruste ist. In 56% der Proben lag der Gehalt unterhalb der Nachweisgrenze von 20 mg/kg. Gehalte oberhalb 60 mg/kg stellen für die meisten Naturräume die Ausnahme dar. Ausgesprochen Fluor-arm sind die Bachsedimente im Pfälzerwald, dem Saarländisch-Pfälzischen-Muschelkalkgebiet und der Westeifel.

Überdurchschnittliche Fluor-Gehalte treten in den Bachsedimenten des Neuwieder Beckens und um Maria-Laach auf (Mittelrheinisches Becken). Sie stehen in Beziehungen zu den dort verbreiteten Trachyt-Tuffen („Bims“).

Relativ kleinräumig wurden erhöhte Fluor-Gehalte auch westlich von Trier beobachtet. Im Gebiet der Gemeinden Trierweiler, Igel und Langsur enthalten die Bachsedimente bis zu 240 mg/kg Fluor. In diesem Gebiet stehen Gesteine des Muschelkalk und des Keuper an. FAUTH et al. (1985) weisen für Gesteine im fränkischen Stufenland mit gleicher stratigraphischer Einordnung ebenfalls auf erhöhte Fluorkonzentrationen hin.

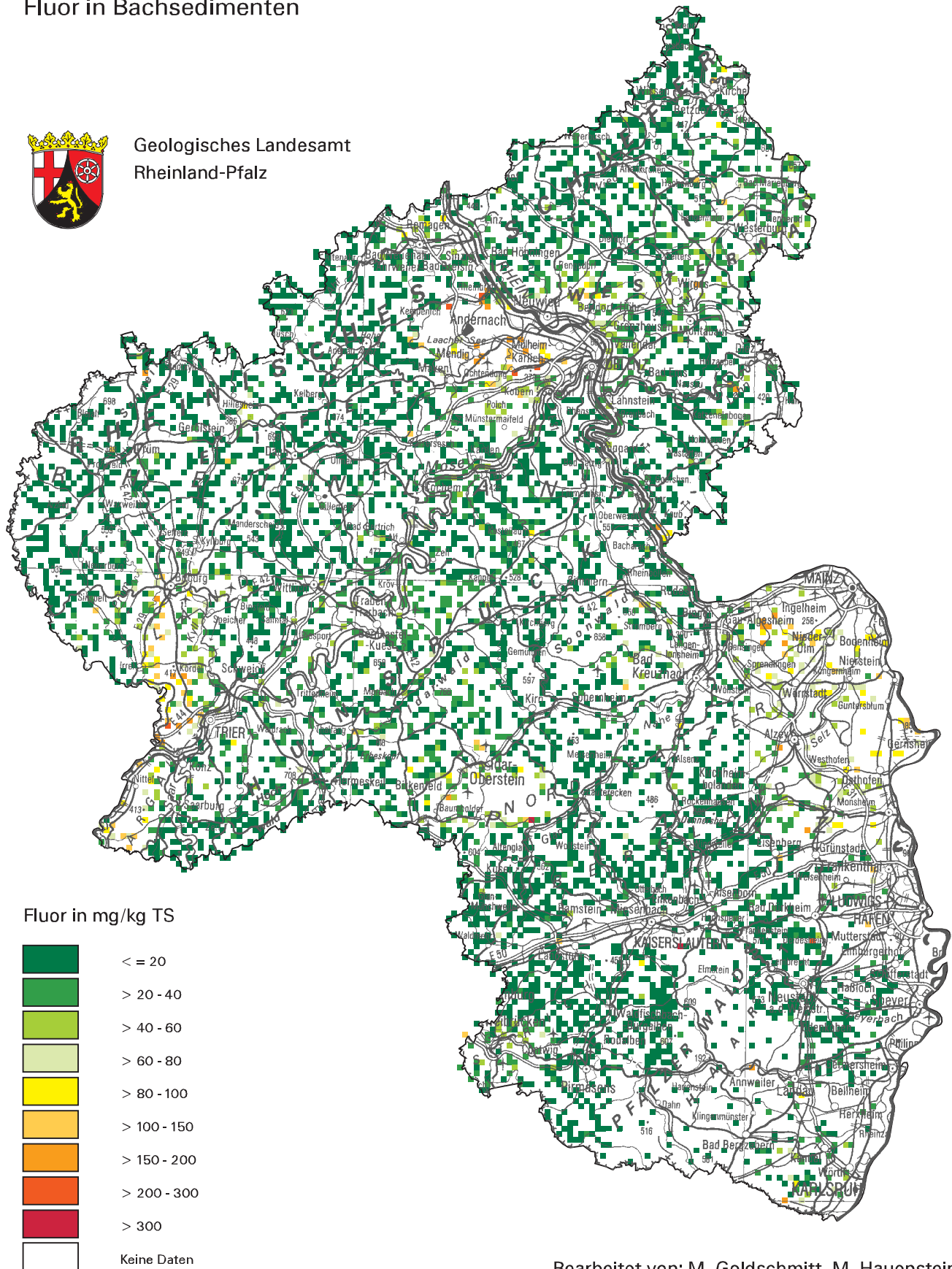
Eine weitere Region in der der landesweite Mittelwert häufig überschritten wird, ist Rheinhessen. Insbesondere im Gebiet der Gemeinden Engelstadt und Gau-Algesheim steigen die Gehalte bis auf 200 mg/kg an. Möglicherweise spielen hierbei die verbreiteten tonigen bzw. mergeligen Tertiärsedimente eine Rolle, andererseits kann in dieser intensiv landwirtschaftlich genutzten Region auch der Einsatz von Phosphatdünger beeinflussend wirken.

Geochemische Übersichtskarte Rheinland-Pfalz 1:1000000

Fluor in Bachsedimenten



Geologisches Landesamt
Rheinland-Pfalz



Salpetersäure-Extraktion



Bearbeitet von: M. Goldschmitt, M. Hauenstein
und Dr. M. Krimmel

Geologisches Landesamt
Digitale Kartographie: M. Goldschmitt
Redaktion: M. Hauenstein
Grundlage: Rasterdaten - D 1000; Bundesamt für
Kartographie und Geodäsie, Nr. 417/98
Stand: 04.12.2000

Tab. 14 Statistische Kennwerte: Fluor in Bachsedimenten

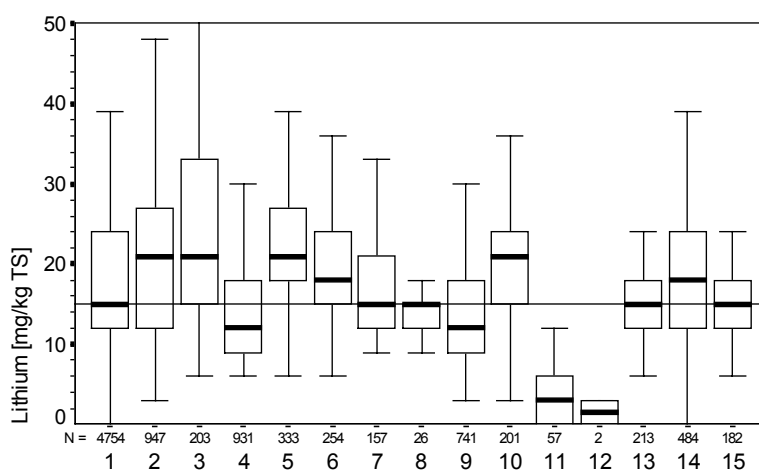
(Angaben in mg/kg TS)

Naturraum	Anzahl	Anzahl < NWG	Min.	Perzentil 25	Median	Perzentil 75	Perzentil 90	Max.	max. Wert <Ausr.-gr.	Anzahl Ausreißer
Rheinland-Pfalz	6397	3610 (56,4%)	<20	<20	<20	20	56	480	-	-
Hunsrück	985	519 (52,7%)	<20	<20	<20	20	40	120	-	-
Saar- und Moseltal	220	55 (25,0%)	<20	<20	20	40	60	100	-	-
Osteifel	971	680 (70,0%)	<20	<20	<20	20	40	220	-	-
Westeifel	333	312 (93,7%)	<20	<20	<20	<20	<20	200	-	-
Mittelrheingebiet	289	69 (23,9%)	<20	20	40	60	100	280	100	38 (13,1%)
Westlicher Hintertaunus	156	119 (76,3%)	<20	<20	<20	<20	40	180	-	-
Lahntal	26	13 (50,0%)	<20	<20	<20	40	40	120	-	-
Westerwald	744	234 (31,5%)	<20	<20	20	40	60	360	80	24 (3,2%)
Süderbergland	201	134 (66,7%)	<20	<20	<20	20	40	140	-	-
Pfälzerwald	519	452 (87,1%)	<20	<20	<20	<20	20	480	-	-
Saarl.-Pfälz. Muschelkalkgeb.	312	235 (75,3%)	<20	<20	<20	<20	40	100	-	-
Gutland	236	36 (15,3%)	<20	20	40	80	120	240	160	8 (3,4%)
Saar-Nahe-Berg- und Hügelland	870	568 (65,3%)	<20	<20	<20	20	40	320	-	-
Nördl. Oberrhein- niederung	511	168 (32,9%)	<20	<20	40	60	100	200	120	23 (4,5%)

4.7. Lithium

Das Alkalimetall Lithium (Li) ist in Bachsedimenten mit durchschnittlich 15 mg/kg enthalten, was in etwa der mittleren Häufigkeit in der Erdkruste von 20 mg/kg entspricht. Die gefundenen Gehalte schwanken zwischen der Nachweisgrenze (<3 mg/kg) und 75 mg/kg. Die Ausreißergrenze, d.h. die Obergrenze des Normalbereichs, liegt überwiegend zwischen 30 und 40 mg/kg. In 4% aller untersuchten Bachsedimente wurden 40 mg/kg geringfügig überschritten. Hohe Lithiumgehalte weisen bei geochemischen Prospektionen auf mögliche pegmatitische Lagerstätten hin, wofür in Rheinland-Pfalz jedoch keine Anzeichen vorhanden sind. Der Höchstwert von 75 mg/kg wurde in Ransbach-Baumbach ermittelt, wobei jedoch die ebenfalls sehr hohen Schwermetallkonzentrationen auf anthropogene Ursachen deuten.

Im Verbreitungsgebiet von Sand- und Carbonatgesteinen sowie basischer Magmatite ist mit niedrigen Lithiumgehalten in Bachsedimenten zu rechnen, während in Granit- und Schiefergebieten überdurchschnittliche Konzentrationen zu erwarten sind.



	1 Rheinland-Pfalz	
Rheinisches Schiefergebirge	2 Hunsrück	
	3 Saar-und Moseltal	
	4 Osteifel	
	5 Westeifel	
	6 Mittelrheingebiet	
	7 Westlicher Hintertaunus	
	8 Lahntal	
	9 Westerwald	
	10 Süderbergland	
Südwest-deutsches Stufenland	11 Pfälzerwald	
	12 Saarl.-Pfälz. Muschelkalkgebiet	
	13 Gutland	
Saar-Nahe-Bergland	14 Saar-Nahe-Berg- und Hügelland	
Oberrheinisches Tiefland	15 Nördl. Oberrhein-niederung	

Abb. 7 Lithium in Bachsedimenten

Leicht über dem Landesdurchschnitt liegen die Lithiumgehalte im Rheinischen Schiefergebirge, insbesondere im Saar- und Moseltal sowie im Mosel- und Rheinhunsrück. Auffallend erhöhte Konzentrationen treten nur kleinräumig auf, so im Raum zwischen Trier und Saarburg, in der Westeifel im Gebiet der Gemeinden Berscheid und Bauler (Blatt 6003 Mettendorf) und in der Osteifel in der Umgebung von Laubach (Blatt 5708 Kaisersesch). Eine Häufung von Gehalten oberhalb der Ausreißergrenze wurde auch im Rheinhunsrück im Gebiet der Gemeinden Bacharach, Oberdiebach und Manubach (Blatt 5912 Kaub) beobachtet. Die erhöhten Li-Konzentrationen in Bachsedimenten setzen sich rechtsrheinisch im Taunus (Hessen) in variszischer Streichrichtung fort. All diesen Gebieten mit erhöhten Li-Gehalten ist gemeinsam, dass dort in erster Linie devonische Schiefer oberflächennah anstehen. Warum in anderen Bereichen des Rheinischen Schiefergebirges - trotz vergleichbarer geologischer Situation - die Li-Gehalte in den Bachsedimenten niedriger sind, ist nicht geklärt.

Tab. 15 Statistische Kennwerte: Lithium in Bachsedimenten

(Angaben in mg/kg TS)

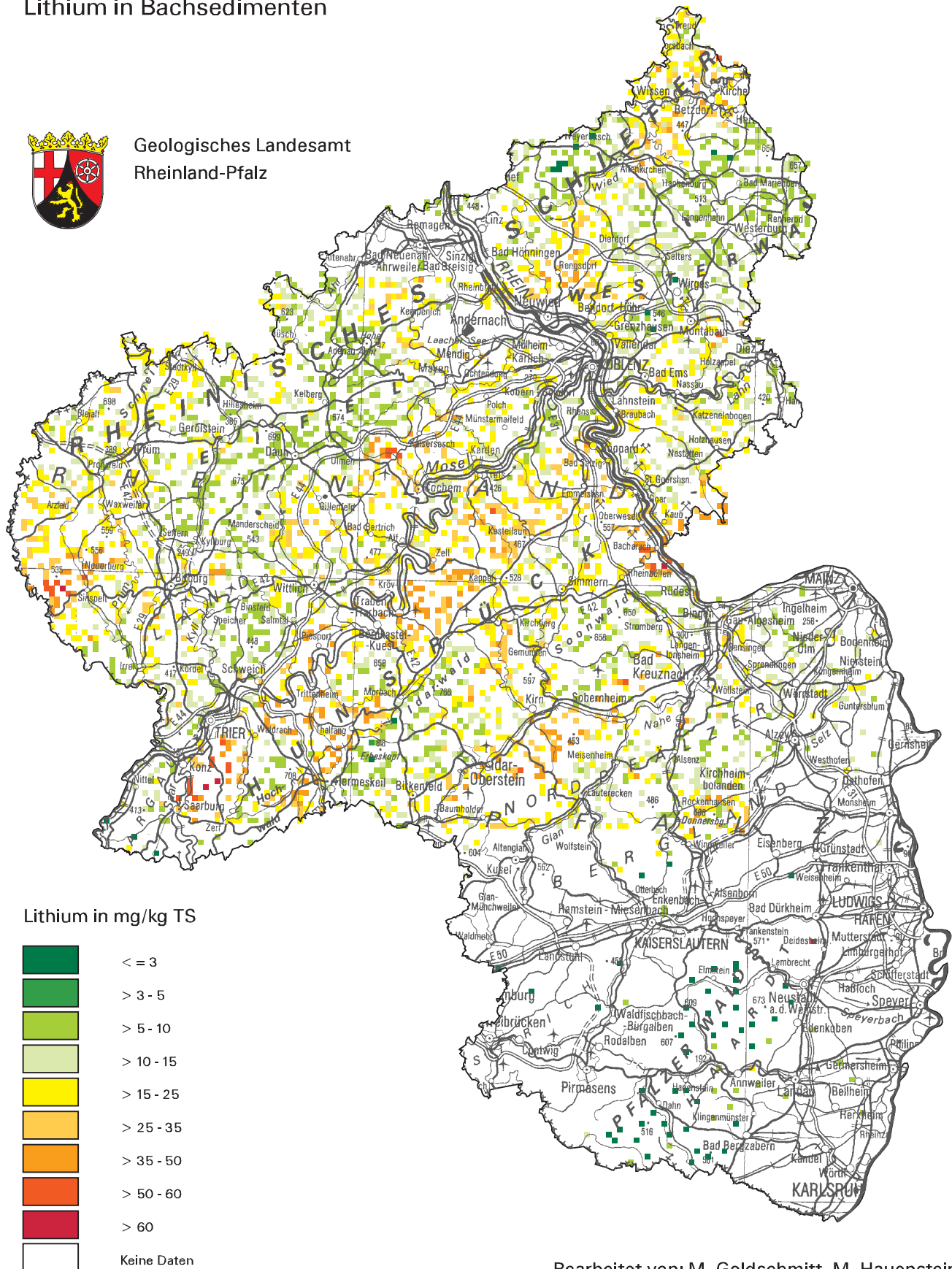
Naturraum	Anzahl	Anzahl < NWG	Min.	Perzentil 25	Median	Perzentil 75	Perzentil 90	Max.	max. Wert <Ausr.-gr.	Anzahl Ausreißer
Rheinland-Pfalz	4754	28 (0,6%)	<3	12	15	24	30	75	39	206 (4,3%)
Hunsrück	947	0 (0,0%)	3	12	21	27	36	66	48	17 (1,8%)
Saar- und Moseltal	203	0 (0,0%)	6	15	21	33	42	69	57	6 (3,0%)
Osteifel	931	0 (0,0%)	6	9	12	18	24	57	30	51 (5,5%)
Westeifel	333	0 (0,0%)	6	18	21	27	33	63	39	29 (8,7%)
Mittelrheingebiet	254	0 (0,0%)	6	15	18	24	30	54	36	17 (6,7%)
Westlicher Hintertaunus	157	0 (0,0%)	9	12	15	21	27	48	33	12 (7,6%)
Lahntal	26	0 (0,0%)	6	12	15	15	21	27	18	6 (23,1%)
Westerwald	741	0 (0,0%)	3	9	12	18	24	75	30	39 (5,3%)
Süderbergland	201	0 (0,0%)	3	15	21	24	30	39	36	7 (3,5%)
Pfälzerwald	57	26 (45,6%)	<3	<3	3	6	8	63	9	6 (10,5%)
Saarl.-Pfälz. Muschelkalkgeb.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gutland	213	0 (0,0%)	3	12	15	19	24	39	27	17 (8,0%)
Saar-Nahe-Berg- und Hügelland	484	1 (0,2%)	<3	12	18	24	33	54	39	29 (6,0%)
Nördl. Oberrhein- niederung	182	0 (0,0%)	3	12	15	18	21	57	24	17 (9,3%)

Geochemische Übersichtskarte Rheinland-Pfalz 1:1000000

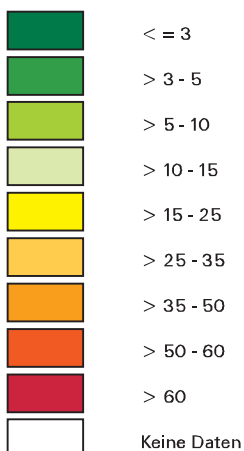
Lithium in Bachsedimenten



Geologisches Landesamt
Rheinland-Pfalz



Lithium in mg/kg TS



Salpetersäure-Extraktion



Bearbeitet von: M. Goldschmitt, M. Hauenstein
und Dr. M. Krimmel

Geologisches Landesamt
Digitale Kartographie: M. Goldschmitt
Redaktion: M. Hauenstein
Grundlage: Rasterdaten - D 1000; Bundesamt für
Kartographie und Geodäsie, Nr. 417/98
Stand: 04.12.2000

4.8. Nickel

Die räumliche Verteilung der Nickel-Gehalte in den Bachsedimenten zeichnet deutlich die geologische Situation des Landes nach. Der geringe Anteil an Ausreißern (>90 mg/kg) ist ein Indiz für den geringen anthropogenen Einfluss. In 0,3% der Proben wurden Konzentrationen von ≥ 200 mg/kg gemessen.

Niedrige Gehalte treten vor allem in den Sand- und Carbonatgesteinen des Mesozoikums und des Rotliegend sowie im Verlauf der devonischen Quarzitrücken auf. Die Bachsedimente im Pfälzerwald enthalten im Mittel nur 5 mg/kg, die Nachweisgrenze von 3 mg/kg wurde in etwa jeder 5. Probe unterschritten. Im Gutland stellt sich die Situation im Bereich des Buntsandsteins ähnlich dar. Auch die in der Oberrheinebene befindlichen Schwemmfächer der aus dem Pfälzer Wald stammenden Bäche weisen nur wenig Nickel auf.

Im südlichen Saar-Nahe-Berg- und Hügelland, dem Hauptverbreitungsgebiet der sedimentären Rotliegendgesteine, sind die Nickelgehalte in den Bachsedimenten mit einem Median von 25 mg/kg ebenfalls unterdurchschnittlich.

Tab. 16 Nickel-Gehalte in den häufigsten Gesteinen

(Angaben in mg/kg) (1- EMSLEY 1994, 2-KABATA-PENDIAS & PENDIAS 1992)

Erdkruste ¹	80
Basische Magmatite ²	130 - 160
Intermediäre Magmatite ²	5 - 55
Saure Magmatite ²	5 - 20
Tonige Sedimente ²	40 - 90
Schiefer ²	50 - 70
Sandstein ²	5 - 20
Kalkstein/Dolomit ²	7 - 20
Oberböden	10 - 55

Die höchsten Nickel-Konzentrationen sind mit durchschnittlich 85 mg/kg und einem 90. Perzentil von 127 mg/kg in den Bachsedimenten des Hohen Westerwaldes zu finden. Diese stehen in Verbindung zu den dort verbreitet vorkommenden basischen Magmatiten. Gerade die Titan-armen Basalte des Westerwaldes weisen mit 250-400 mg/kg sehr viel Nickel auf (SCHREIBER 1996). Aber auch andere basischen Vulkanite enthalten in der Regel deutlich mehr als 50 mg/kg. Im nördlich angrenzenden Siegerland enthalten die Bachsedimente mit 55 mg/kg ebenfalls deutlich mehr Nickel als im Landesdurchschnitt. Zum einen entspringt ein Teil der Bäche im Hohen Westerwald, zum anderen sind dort Tonschiefer weit verbreitet.

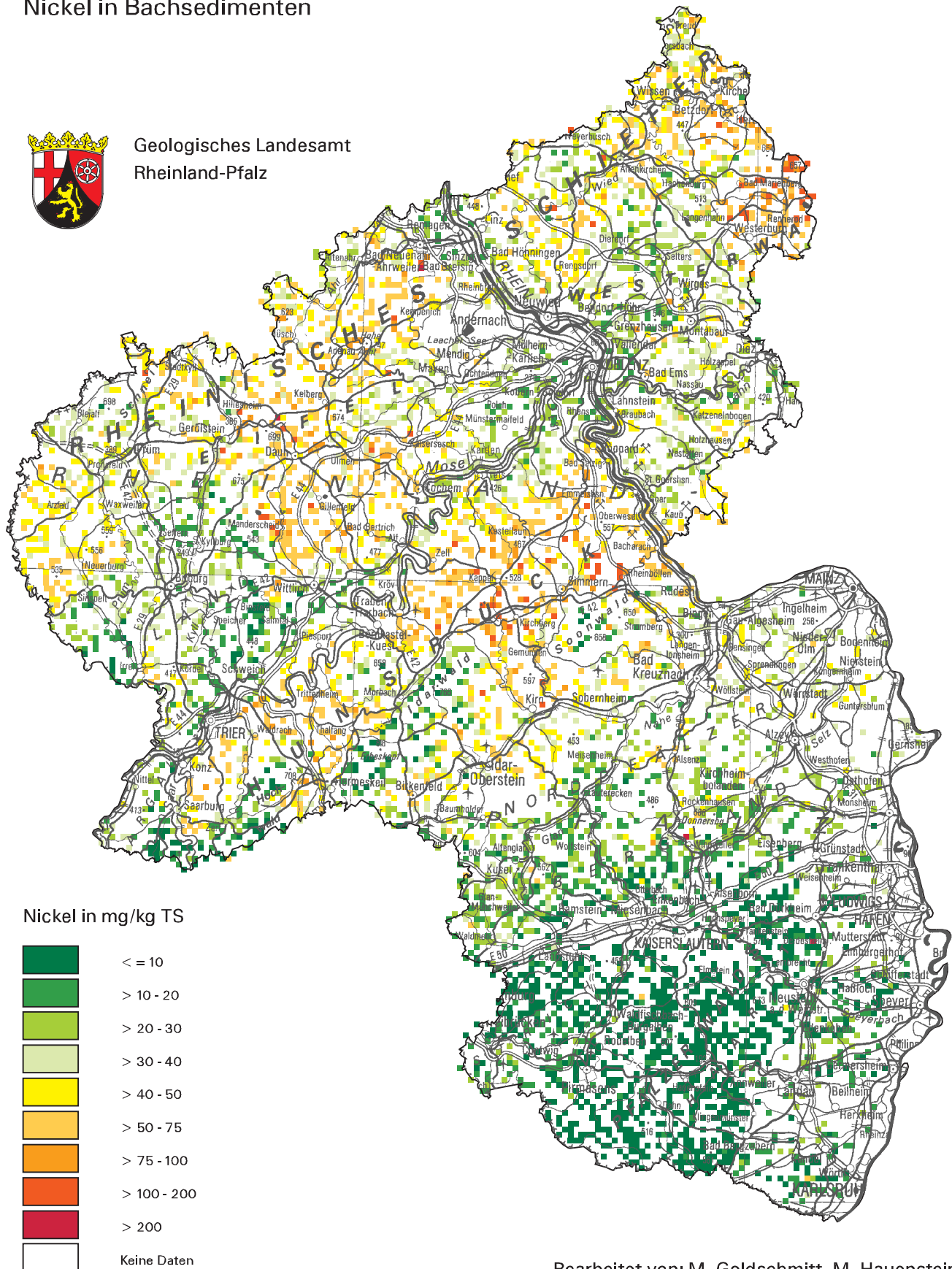
Die Bachsedimente des Hunsrücks enthalten ebenfalls meist deutlich mehr Nickel als jene anderer Naturräume. Jedoch zeigt sich auch innerhalb des Hunsrücks ein diffe-

Geochemische Übersichtskarte Rheinland-Pfalz 1:1000000

Nickel in Bachsedimenten



Geologisches Landesamt
Rheinland-Pfalz



Salpetersäure-Extraktion



Bearbeitet von: M. Goldschmitt, M. Hauenstein
und Dr. M. Krimmel

Geologisches Landesamt
Digitale Kartographie: M. Goldschmitt
Redaktion: M. Hauenstein
Grundlage: Rasterdaten - D 1000; Bundesamt für
Kartographie und Geodäsie, Nr. 417/98
Stand: 04.12.2000

renziertes Verteilungsmuster, das in eindeutiger Beziehung zum geologischen Untergrund steht. Während die Bachsedimente im Bereich der Quarzitrücken (Hoch-, Idar-, Soonwald) mit durchschnittlich 15 mg/kg ausgesprochen Ni-arm sind, wurden gerade in Bereichen der Hunsrück-Hochfläche und der angrenzenden Simmerner Mulde die flächenhaft höchsten Nickelgehalte gemessen. Der Median überschreitet dort mit 65 bzw. 70 mg/kg Nickel den Landesdurchschnitt um etwa das Doppelte. Das 90. Perzentil liegt hier bei 110 bzw. 130 mg/kg. Innerhalb dieser Naturräume ist der Trend erkennbar, dass in den östlichen Teilen die Gehalte weiter ansteigen. Für die Topographischen Karten 5910 Kastellaun, 5911 Kisselbach, 6010 Kirchberg und 6011 Simmern wurde ein Median von 75 mg/kg Nickel ermittelt. Dort stehen weiträumig tiefgründig verwitterte unterdevonische Tonschiefer (-Saprolite) oberflächennah an. Diese Verwitterungsdecke ist in unterschiedliche Stockwerke untergliedert. Gerade im östlichen Bereich der Hunsrück-Hochfläche und der Simmerner Mulde steht häufig eine Eisen-reiche Zone dieser Decke an der Oberfläche an. Durch ihre geochemische

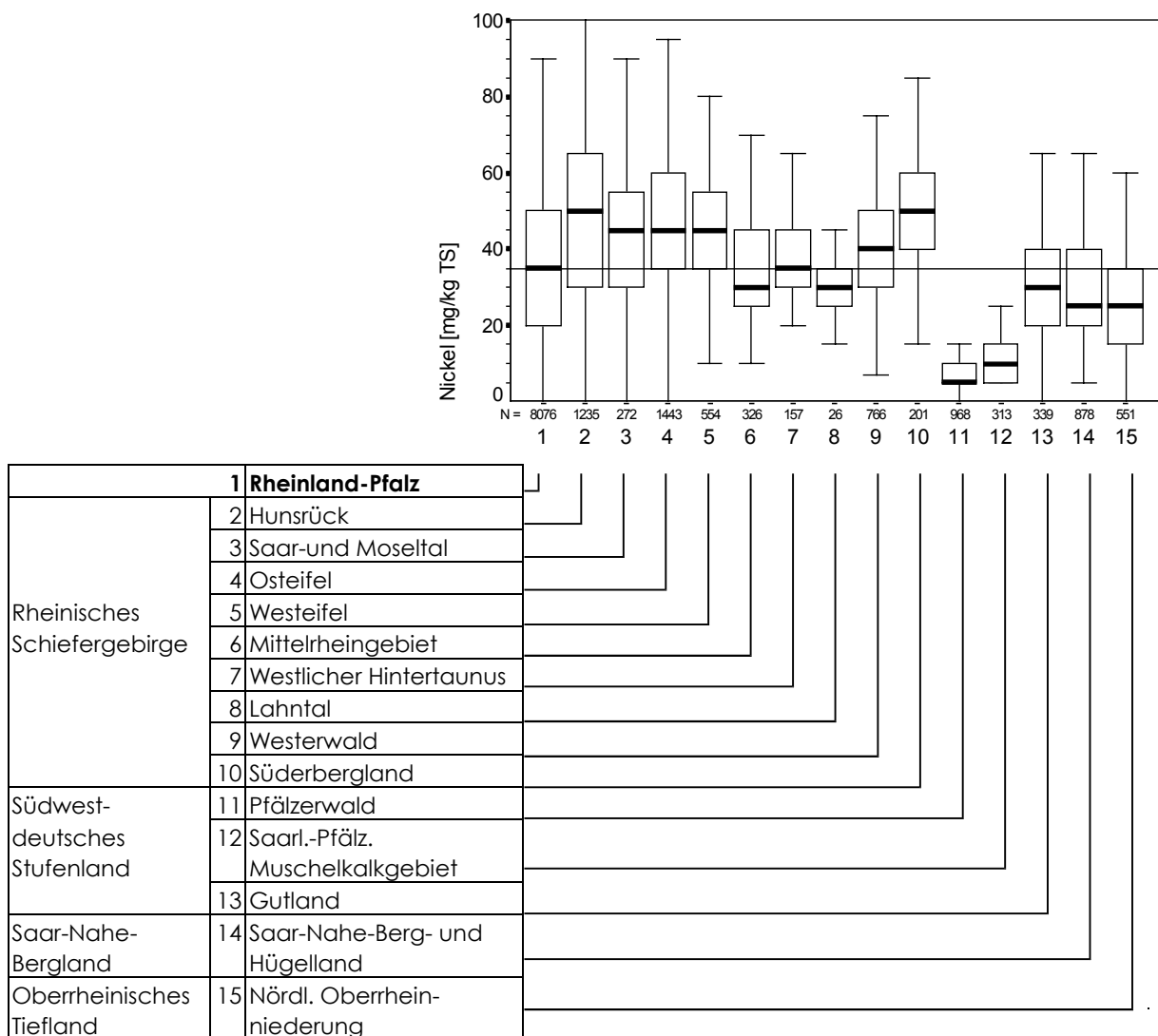


Abb. 8 Nickel in Bachsedimenten

Verwandtschaft sind in diesen „Hunsrückerzen“ auch weitere Metalle wie Kobalt, Nickel und Chrom angereichert. Dass in diesen Räumen hohe Ni-Gehalte in der Geosphäre typisch sind, zeigen auch Bodenuntersuchungen (KLOTZ & STUMM 1998, HAUENSTEIN 2000).

In den Bachsedimenten der Ost- und Westeifel wurden im Mittel 45 mg/kg Nickel gefunden. Während in der Kalkeifel und der Kyllburger Waldeifel dieser Wert mit Medianen von 40 bzw. 30 mg/kg häufiger unterschritten wird, liegen diese in der Ahr- und Moseleifel mit 50 mg/kg meist darüber.

Tab. 17 Statistische Kennwerte: Nickel in Bachsedimenten

(Angaben in mg/kg TS)

Naturraum	Anzahl	Anzahl < NWG	Min.	Perzentil 25	Median	Perzentil 75	Perzentil 90	Max.	max. Wert <Ausr.-gr.	Anzahl Ausreißer
Rheinland-Pfalz	8076	213 (2,6%)	3	20	35	50	65	390	90	283 (3,5%)
Hunsrück	1235	4 (0,3%)	3	30	50	65	85	240	115	47 (3,8%)
Saar- und Moseltal	272	1 (0,4%)	3	30	45	55	65	100	90	4 (1,5%)
Osteifel	1443	4 (0,3%)	3	35	45	60	75	390	95	64 (4,4%)
Westeifel	554	0 (0,0%)	5	35	45	55	65	190	80	22 (4,0%)
Mittelrheingebiet	326	0 (0,0%)	10	25	30	45	55	140	70	13 (4,0%)
Westlicher Hintertaunus	157	0 (0,0%)	20	30	35	45	50	75	65	2 (1,3%)
Lahntal	26	0 (0,0%)	15	25	30	35	45	45	45	3 (11,5%)
Westerwald	766	0 (0,0%)	7	30	40	50	75	200	75	79 (10,3%)
Süderbergland	201	0 (0,0%)	15	40	50	60	75	200	85	10 (5,0%)
Pfälzerwald	968	201 (20,8%)	3	5	5	10	15	230	15	111 (11,5%)
Saarl.-Pfälz. Muschelkalkgeb.	313	0 (0,0%)	5	5	10	15	20	40	25	11 (3,5%)
Gutland	339	1 (0,3%)	3	20	30	40	45	90	65	10 (2,9%)
Saar-Nahe-Berg- und Hügelland	878	0 (0,0%)	5	20	25	40	50	290	65	25 (2,8%)
Nördl. Oberhein- niederung	551	1 (0,2%)	3	15	25	35	40	85	60	10 (1,8%)

4.9. Blei

Obwohl die Erdkruste im Mittel nur 14 mg/kg Blei (Pb) enthält, ist es durch seine Nutzung in der Natur allgegenwärtig. Bei keinem anderen Schwermetall ist der anthropogene Anteil in der Geosphäre so hoch. Natürliche Bleigehalte sind daher nur schwer zu definieren. Die Pfade, über die das Blei in die Umwelt gelangt, waren und sind vielfältig. Gerade in Rheinland-Pfalz führte der Abbau von Bleierzen, deren Weiterverarbeitung sowie die aus heutiger Sicht problematische Sekundärnutzung von Haldenmaterial zu Problemen von regionaler Bedeutung. Hinzu kommen für eine Industriegesellschaft typische Emissionen wie z.B. durch die Verbrennung Blei-haltiger Treibstoffe, Blei-Recycling, keramische Industrie und die Verwendung von Klärschlamm. Dank strengerer Gesetzgebung und technischer Fortschritte wird Blei heute in erheblich geringerem Umfang freigesetzt. In Böden und Bachsedimenten besitzt Blei allerdings eine sehr hohe Persistenz.

Tab. 18 Blei-Gehalte in den häufigsten Gesteinen

(Angaben in mg/kg) (1- EMSLEY 1994, 2-KABATA-PENDIAS & PENDIAS 1992)

Erdkruste ¹	14
Basische Magmatite ²	3 - 8
Intermediäre Magmatite ²	12 - 15
Saure Magmatite ²	10 - 24
Tonige Sedimente ²	20 - 40
Schiefer ²	18 - 25
Sandstein ²	5 - 10
Kalkstein/Dolomit ²	3 - 10
Oberböden	20 - 130

In den devonischen Gesteinen des Rheinischen Schiefergebirges kommen eine Vielzahl von Blei-Zink-Lagerstätten vor, die jahrhundertlang abgebaut wurden. Insbesondere die industrielle Gewinnung und Verarbeitung der Erze führte zu einem starken Eintrag in den Abstrombereich der ehemaligen Betriebsgelände. Über Rauchgase und Abwasser gelang Blei in erheblichen Umfang auch durch Verhüttung und Aufbereitung von Alt-Blei (z.B. Braubach bei Lahnstein, Krautscheid bei Asbach) in die Umwelt. Ferner wurde Haldenmaterial zur Befestigung von Forst- und Wirtschaftswegen verwendet.

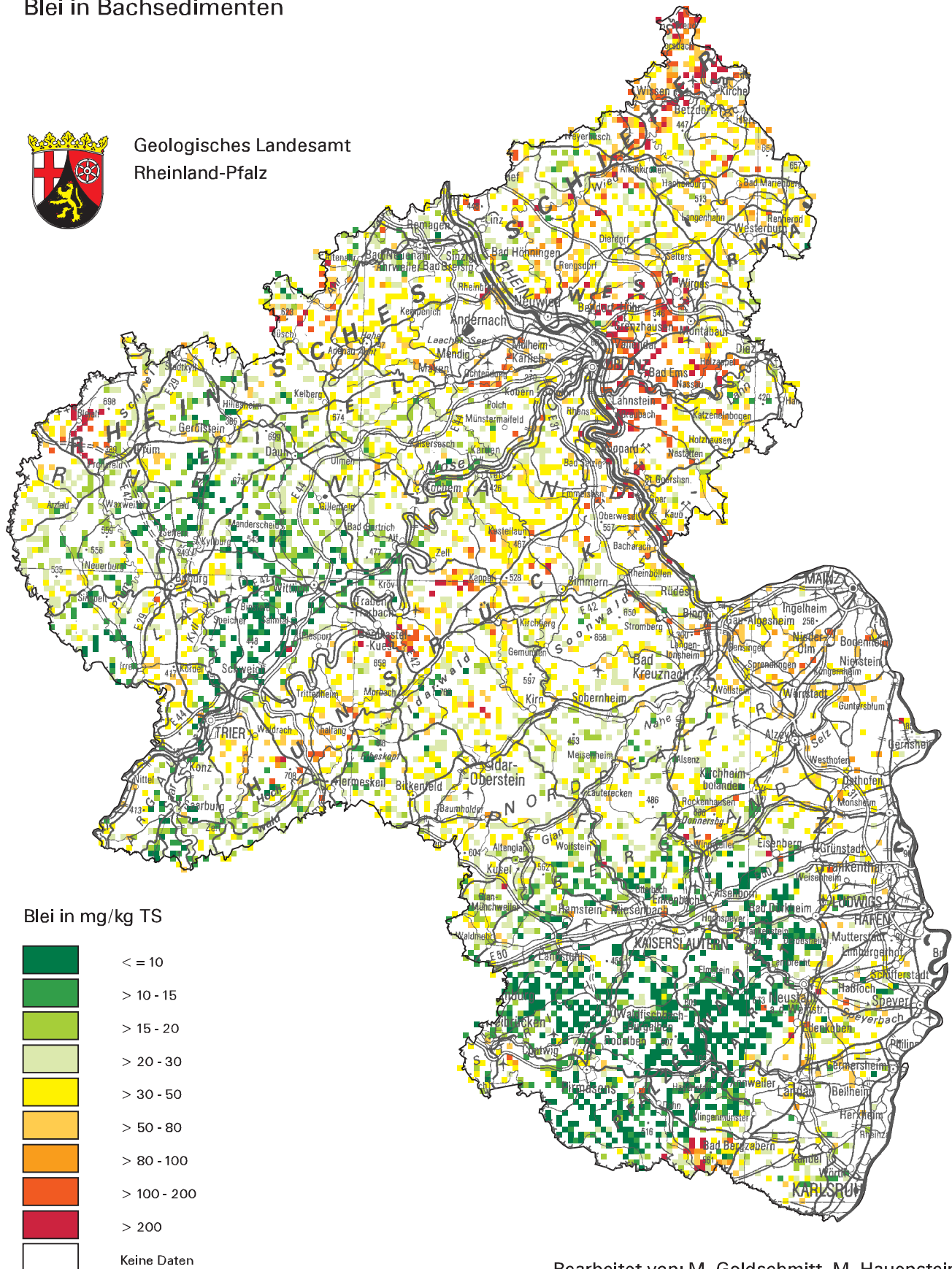
Die Übersichtskarte weist im Rheinischen Schiefergebirge einige Regionen mit auffallend erhöhten Bleikonzentrationen in Bachsedimenten aus. Etwa die Hälfte der 47 Proben (0,3% aller Proben), die mehr als 2000 mg/kg Blei enthalten, stammen aus dem Kannenbäcker Land, was etwa dem Dreieck zwischen Lahnstein – Montabaur – Bendorf entspricht sowie aus dem Lahntal. Nachdem dort bei der geochemischen

Geochemische Übersichtskarte Rheinland-Pfalz 1:1000000

Blei in Bachsedimenten



Geologisches Landesamt
Rheinland-Pfalz



Salpetersäure-Extraktion



Bearbeitet von: M. Goldschmitt, M. Hauenstein
und Dr. M. Krimmel

Geologisches Landesamt
Digitale Kartographie: M. Goldschmitt
Redaktion: M. Hauenstein
Grundlage: Rasterdaten - D 1000; Bundesamt für
Kartographie und Geodäsie, Nr. 417/98
Stand: 04.12.2000

Übersichtsprospektion (WEWER 1984) eine Häufung anomaler Gehalte festgestellt wurde, wurde insbesondere das Blatt 5512 Montabaur intensiv untersucht. Fast 1500 Proben stammen allein von diesem Blatt. Der Median liegt hier bei 110 mg/kg und das 90. Perzentil bei 320 mg/kg Blei, d.h. diese Werte überschreiten die landesweiten Werte um mehr als das 3,5-fache. Extremgehalte von über 1% (!) Blei wurde in Ransbach-Baumbach und den benachbarten Gemeinden Hundsdorf und Hilgert festgestellt. HINDEL (1984) sieht einen Zusammenhang mit der in diesem Raum angesiedelten keramischen Industrie (Bleiglasuren). Die hohe Bleibelastung in diesem Raum geht aber nicht allein von industriellen Einleitungen aus. Auch in der Umgebung von bekannten Buntmetallvererzungen treten erheblich erhöhte Werte in den Bachsedimenten auf. In Abhängigkeit von der Erzart kann jedoch auch eine Zink- oder

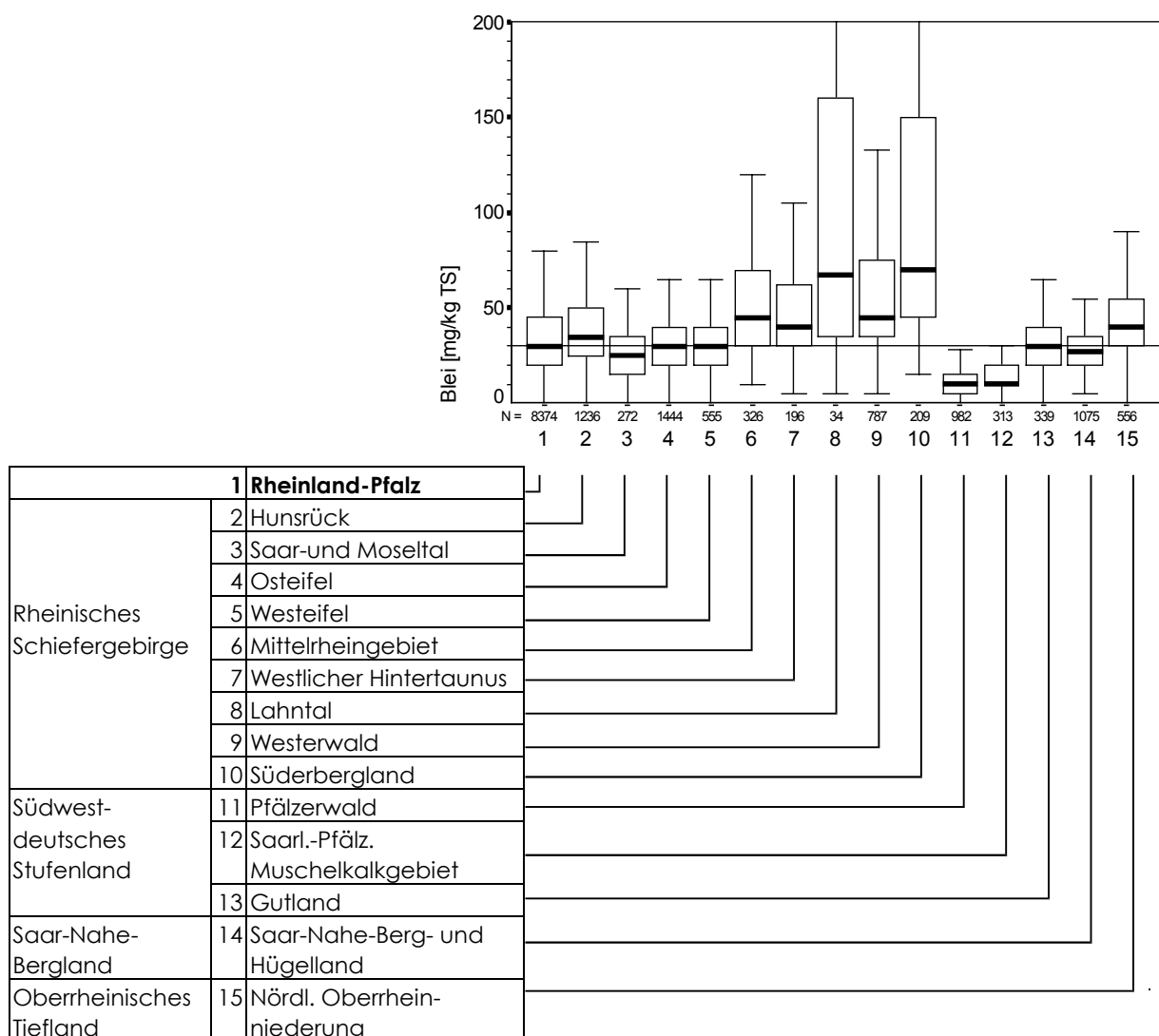


Abb. 9 Blei in Bachsedimenten

Tab. 19 Statistische Kennwerte: Blei in Bachsedimenten

(Angaben in mg/kg TS)

Naturraum	Anzahl	Anzahl < NWG	Min.	Perzentil 25	Median	Perzentil 75	Perzentil 90	Max.	max. Wert <Ausr.-gr.	Anzahl Ausreißer
Rheinland-Pfalz	8374	522 (6,2%)	<5	20	30	45	70	73050	80	744 (8,9%)
Hunsrück	1236	1 (0,1%)	<5	25	35	50	75	1970	85	104 (8,4%)
Saar- und Moseltal	272	7 (2,6%)	<5	15	25	35	52	905	60	24 (8,8%)
Osteifel	1444	65 (4,5%)	<5	20	30	40	55	1015	65	108 (7,5%)
Westeifel	555	3 (0,5%)	<5	20	30	40	60	4000	65	54 (9,7%)
Mittelrheingebiet	326	0 (0,0%)	10	30	45	70	164	3610	120	42 (12,9%)
Westlicher Hintertaunus	196	0 (0,0%)	5	30	40	63	120	435	105	28 (14,3%)
Lahntal	34	0 (0,0%)	5	35	68	160	296	2555	305	3 (8,8%)
Westerwald	787	0 (0,0%)	5	35	45	75	169	73050	133	103 (13,1%)
Süderbergland	209	0 (0,0%)	15	45	70	151	408	8615	310	34 (16,3%)
Pfälzerwald	982	87 (8,9%)	<5	5	10	15	30	740	28	116 (11,8%)
Saarl.-Pfälz. Muschelkalkgeb.	313	9 (2,9%)	<5	10	10	20	30	110	30	39 (12,5%)
Gutland	339	5 (1,5%)	<5	20	30	40	55	170	65	13 (3,8%)
Saar-Nahe-Berg- und Hügelland	1075	0 (0,0%)	5	20	27	35	45	831	55	64 (6,0%)
Nördl. Oberrhein- niederung	556	1 (0,2%)	<5	30	40	55	75	280	90	29 (5,2%)

Kupferdominanz vorliegen. Eine weitere Belastungsquelle ist die Verwendung von Haldenmaterial zur Befestigung der Waldwege. Queren mit diesem Material geschotterte Waldwege die Bäche können die Bleigehalte in den Bachsedimenten sprunghaft ansteigen. Möglicherweise stammt dieses Haldenmaterial auch aus der weiteren Umgebung wie z.B. aus der Umgebung von Bad Ems (HINDEL 1984).

Südlich des Kannenbäcker Landes sind in der unteren Lahn und deren Nebenbächen ebenfalls überdurchschnittlich hohe Bleigehalte in den Sedimenten zu finden. Nach den Bächen des Süderberglandes (siehe unten) weisen sie mit 68 mg/kg den höchsten Median in Rheinland-Pfalz auf. Sie stehen in Zusammenhang mit dem historischen Bergbau und den zugehörigen Ablagerungen wie beispielsweise von Bad Ems oder Holzappel.

Der rege Erzbergbau, der im Siegerländer-Wieder Spateisenbezirk umging, hat im Süderbergland und dem nördlichen Niederwesterwald zu einer auffallenden Häufung anomaler Bleigehalte in Bachsedimenten geführt. Mit einem Median von 70 mg/kg und einem 90. Perzentil von 408 mg/kg ist das Süderbergland der Naturraum in Rheinland-Pfalz mit der flächenmäßig höchsten Bleibelastung in Bachsedimenten. Extrem-

gehalte über 2000 mg/kg sind jedoch selten und wurden nur in Friesenhagen (Blatt 5012 Reichshof) und Niederfischbach (Blatt 5113 Freudenberg) festgestellt. Die Schwermetallgesamtbelastung kann hierbei sehr unterschiedlich sein. Während z.B. in Niederfischbach auch weitere Schwermetalle wie Zink, Cadmium und Kupfer in extrem hohen Konzentrationen vorliegen, wurde in Friesenhagen „nur“ eine Blei-Belastung festgestellt. Die Häufung hoher bis extremer Bleigehalte im Einzugsbereich von Sieg und Wied setzt sich im Niederwesterwald bis etwa Altenkirchen fort. Entlang der Linie Altenkirchen – Bad Hönningen (Rhein) kommen weitere zahlreiche Buntmetall-Erzlagerstätten vor, deren Einfluss auf die Bleigehalte in den Bachsedimenten allgemein aber geringer ausfällt als im Süderbergland. Äußerst hohe Belastungen von über 2000 mg/kg wurden hier mit bis zu 9600 mg/kg Blei in St. Katharinen (Blatt 5410 Waldbreitbach) beobachtet.

Die zahlreichen Belastungspfade führen dazu, dass die Bachsedimente des Niederwesterwaldes mit einem Median von 85 mg/kg erheblich mehr Blei enthalten, als andere Räume des Westerwaldes.

Die Bleigehalte in den Bachsedimenten der Eifel sind im Vergleich zum übrigen Rheinischen Schiefergebirge insgesamt unterdurchschnittlich. Jedoch gibt es auch hier Provinzen, in denen Bleierze abgebaut wurden. Hier tritt vor allem die Umgebung von Bleialf (Blatt 5703) hervor. Auf dem Gebiet dieser Topographischen Karte wurde in 106 Bachsedimentproben ein Median von 80 mg/kg und ein 90. Perzentil von 1594 mg/kg Blei ermittelt. Bachsedimente der Gemeinden Brandscheid und Buchet enthalten bis zu 1% Blei. Es handelt sich dort in erster Linie um Blei- und nachgeordnet um Kupfererze. Anomalien kommen gehäuft auch in der Ahreifel vor, insbesondere im Ober- und Mittellauf der Ahr. Mit einem Median von 45 mg/kg und einem 90. Perzentil von 90 mg/kg liegen die Bleigehalte in der Ahreifel über dem Durchschnitt der Osteifel.

In den Rotliegend-Gesteinen der Wittlicher Senke, einem Teilgebiet des Moseltals, sind die Bachsedimente mit durchschnittlich 15 mg/kg ausgesprochen Blei-arm. In den rechten Nebenbächen des mittleren Moseltals, die dem Moselhunsrück entspringen, wurden hingegen teilweise sehr hohe Belastungen festgestellt. Insbesondere zwischen Bernkastel-Kues und Zell wurden bis 1960 Buntmetallerze industriell abgebaut. Dies führt zu Konzentrationen von bis 6000 mg/kg Blei im Bachsediment. Hohe teilweise extreme Gehalte finden sich dort auch in den Auensedimenten bzw. -böden (LEWIS & KRIMMEL 1999). Ansonsten sind die Gehalte im Hunsrück, insbesondere im Bereich der Höhenzüge des Idar-, Hoch- und Soonwald, meist gering bis normal. Zwar wurden durch FAUTH & HINDEL (1979) gerade im Bereich der östlichen Hunsrückhochfläche zahlreiche Blei-Anomalien festgestellt, die allerdings meist nur kleinräumig sind, so dass ihr Einfluss auf die Bachsedimente verhältnismäßig gering blieb.

In der Oberrheinniederung liegen die Gehalte im Mittel etwas über dem Landesdurchschnitt, ohne dass Extremwerte wie im Rheinischen Schiefergebirge festgestellt wurden. Dieses ist auf einen allgemeinen zivilisatorischen Einfluss in diesem dicht besiedelten Raum zurückführen. Bei den vorherrschenden Gesteinen würde der geogene Grundgehalt sicherlich niedriger liegen.

Der Pfälzerwald und der Westrich (Saarl.-Pfälz. Muschelkalkgebiet) sind jene Naturräume, deren Bachsedimente mit einem Median von 10 mg/kg die geringsten Bleikonzentrationen aufweisen. Das 90. Perzentil bzw. die Ausreißergrenze erreicht nur den Landesdurchschnitt. Lediglich im südlichen Pfälzerwald wurden auf Blatt 6913 Oberotterbach mehrfach Gehalte >100 mg/kg Blei festgestellt. Da in diesem walddreichen Gebiet auch die Zink-Gehalte meist die Ausreißergrenze überschreiten, sind natürliche Ursachen nicht auszuschließen.

In Bachwässern treten die ehemaligen Bergbauregionen weit weniger hervor (siehe FAUTH et al. 1985), was als Hinweis auf eine relativ geringe Löslichkeit und starke Fixierung des Bleis in derart belasteten Bachsedimenten zu werten ist.

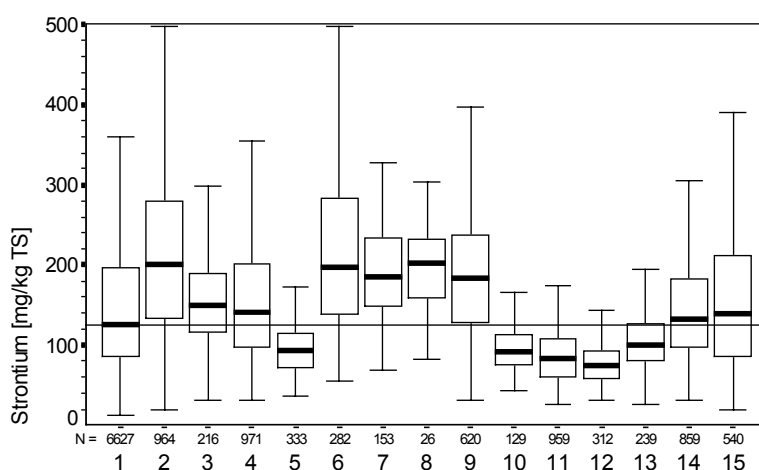
Für Böden gilt bei der Klärschlammverordnung (AbfKlärV 1992) der Grenzwert 100 mg/kg. Oberhalb dieses Wertes gelten Böden als so stark belastet, dass eine zusätzliche Belastung durch die Aufbringung von Klärschlamm untersagt ist. Zwar kann ein solcher Wert nicht ohne weiteres auf Bachsedimente übertragen werden, jedoch zeigt er in etwa den Bereich an, ab dem eine weitere Belastung vermieden werden soll. In immerhin 6,5% aller Proben wurde dieser Wert überschritten. In 0,6% der Fälle lag der Gehalt sogar über dem Grenzwert für Klärschlamm von 900 mg/kg. Da die Klärschlammverordnung eine stärkere Extraktionsart (Königswasser) vorschreibt, als in der vorliegenden Arbeit verwendet wurde, dürften bei gleicher Methodik Grenzwertüberschreitungen sogar noch etwas häufiger vorkommen.

4.10. Strontium

Die rheinland-pfälzischen Bachsedimente enthalten im Mittel 126 mg/kg Strontium (Sr) und in 4% der Fälle wird die Ausreißergrenze, d.h. der Bereich ungewöhnlich hoher bzw. anomaler Gehalte, von 359 mg/kg überschritten. Aufgrund der chemischen Verwandtschaft zum Calcium (Ca) ist es in Ca-reichen Mineralen angereichert. Hierzu zählen insbesondere Calcit (Kalkspat, CaCO_3) sowie die Silikate Kalkfeldspat (Anorthit), Amphibol und Pyroxen. Dementsprechend zählen Kalksteine, calcitische Lockersedimente wie Löss und intermediäre Magmatite zu den Sr-reichen Gesteinen.

Tab. 20 Strontium-Gehalte in den häufigsten Gesteinen
(Angaben in mg/kg) (¹- EMSLEY 1994, ²-KABATA-PENDIAS & PENDIAS 1992)

Erdkruste ¹	370
Basische Magmatite ²	140 - 460
Intermediäre Magmatite ²	300 - 600
Saure Magmatite ²	60 - 400
Tonige Sedimente ²	300 - 450
Schiefer ²	300
Sandstein ²	20 - 140
Kalkstein/Dolomit ²	450 - 600
Oberböden	10 - 150



	1 Rheinland-Pfalz	
Rheinisches Schiefergebirge	2 Hunsrück	
	3 Saar-und Moseltal	
	4 Osteifel	
	5 Westeifel	
	6 Mittelrheingebiet	
	7 Westlicher Hintertaunus	
	8 Lahntal	
	9 Westerwald	
	10 Süderbergland	
Südwest-deutsches Stufenland	11 Pfälzerwald	
	12 Saarl.-Pfälz. Muschelkalkgebiet	
	13 Gutland	
Saar-Nahe-Bergland	14 Saar-Nahe-Berg- und Hügelland	
Oberrheinisches Tiefland	15 Nördl. Oberrhein-niederung	

Abb. 10 Strontium in Bachsedimenten

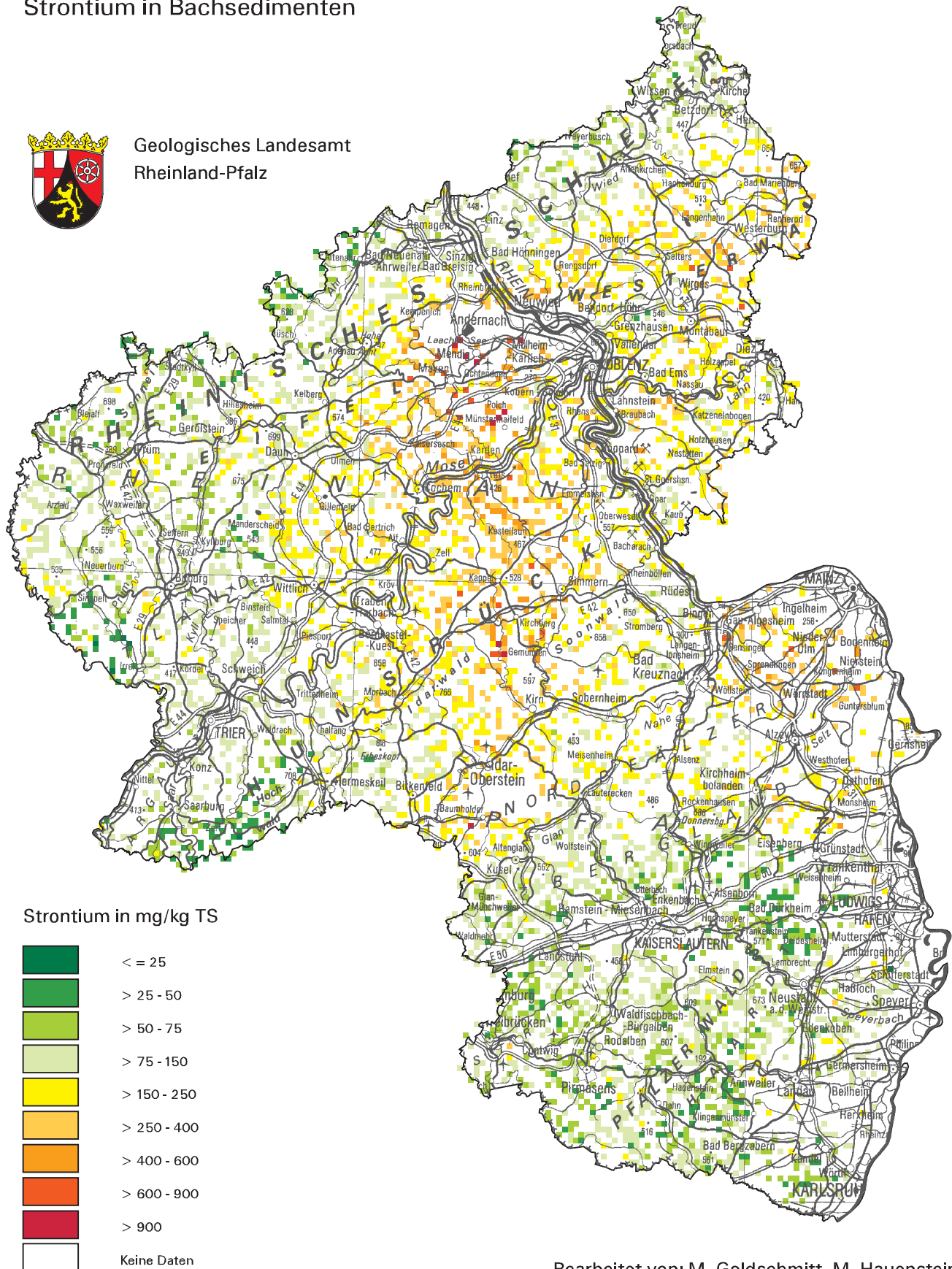
Die Übersichtskarte weist auffallend hohe Strontium-Gehalte in den Bachsedimenten des Mittelrheinischen Beckens aus. In diesem Naturraum enthalten die Bachsedimente durchschnittlich 280 mg/kg Strontium. Etwa die Hälfte der 25 Proben, die 750 mg/kg Strontium überschreiten, stammen aus diesem Raum bzw. grenzen unmittelbar daran an. Gerade auf Blatt 5609 Mayen und 5610 Bassenheim sind gehäuft anomale Konzentrationen festzustellen. Der Median liegt auf diesen Blättern bei 350 bzw. 288 mg/kg. Die Verteilung zeigt eine gute Übereinstimmung mit der Verbreitung der Trachyttuffe („Bims“). An dieses Zentrum schließen 2 Gebiete an, in denen ebenfalls erhöhte Strontiumgehalte zu beobachten sind. Die eine Zone erstreckt sich nach Süden bis etwa auf Höhe des Soonwaldkammes, eine weitere zieht nach Nordosten bis etwa an den Rand des Hohen Westerwaldes. Dies war nicht direkt zu erwarten, da

Geochemische Übersichtskarte Rheinland-Pfalz 1:1000000

Strontium in Bachsedimenten



Geologisches Landesamt
Rheinland-Pfalz



Gesamtaufschluss



Bearbeitet von: M. Goldschmitt, M. Hauenstein
und Dr. M. Krimmel

Geologisches Landesamt
Digitale Kartographie: M. Goldschmitt
Redaktion: M. Hauenstein
Grundlage: Rasterdaten - D 1000; Bundesamt für
Kartographie und Geodäsie, Nr. 417/98
Stand: 04.12.2000

Tab. 21 Statistische Kennwerte: Strontium in Bachsedimenten

(Angaben in mg/kg TS)

Naturraum	Anzahl	Anzahl < NWG	Min.	Perzentil 25	Median	Perzentil 75	Perzentil 90	Max.	max. Wert <Ausr.-gr.	Anzahl Ausreißer
Rheinland-Pfalz	6627	0 (0,0%)	12	86	126	196	274	1661	359	268 (4,0%)
Hunsrück	964	0 (0,0%)	20	133	201	280	376	1126	498	33 (3,4%)
Saar- und Moseltal	216	0 (0,0%)	31	117	150	190	258	555	298	13 (6,0%)
Osteifel	971	0 (0,0%)	32	98	141	201	277	697	355	35 (3,6%)
Westeifel	333	0 (0,0%)	37	73	93	115	146	384	172	14 (4,2%)
Mittelrheingebiet	282	0 (0,0%)	56	139	198	284	522	1434	497	30 (10,6%)
Westlicher Hintertaunus	153	0 (0,0%)	69	148	185	236	288	494	328	6 (3,9%)
Lahntal	26	0 (0,0%)	82	159	202	232	251	304	304	1 (3,8%)
Westerwald	620	0 (0,0%)	31	128	183	238	285	795	397	14 (2,3%)
Süderbergland	129	0 (0,0%)	43	76	91	114	161	291	170	9 (7,0%)
Pfälzerwald	959	0 (0,0%)	26	61	84	108	128	414	174	15 (1,6%)
Saarl.-Pfälz. Muschelkalkgeb.	312	0 (0,0%)	31	58	75	93	108	276	144	4 (1,3%)
Gutland	239	0 (0,0%)	26	80	100	126	149	524	194	9 (3,8%)
Saar-Nahe-Berg- und Hügelland	859	0 (0,0%)	32	98	133	183	238	1661	306	17 (2,0%)
Nörtl. Oberrhein- niederung	540	0 (0,0%)	19	86	139	211	283	825	390	22 (4,1%)

in diesen Gebieten unterdevonische Gesteine überwiegen, die in anderen Bereichen des Rheinischen Schiefergebirges normale und niedrige Gehalte aufweisen. Möglicherweise steht dieses besondere Verteilungsmuster ebenfalls mit dem tertiär-quartären Vulkanismus des Neuwieder (Mittelrheinischen) Beckens in Verbindung. Die Ausbreitung dieser Sr-reichen Zonen deckt sich auffallend mit den von BOGAARD & SCHMINCKE (1984) angenommenen Hauptverbreitungsrichtungen der Laacher-See-Tephra. Gerade im Westerwald sind in erosionsgeschützten Lagen bedeutende Trachyttuff-Vorkommen zu finden. Auch in den Böden dieser Bereiche sind diese Vulkanite als Nebenbestandteil des Substrates allgegenwärtig.

Mit einem mittleren Strontium-Gehalt von 229 mg/kg und einem 90. Perzentil von 376 mg/kg zählt auch Rheinhessen zu den Sr-reichen Naturräumen von Rheinland-Pfalz. Die Carbonatgesteine des Kalktertiärs und vermutlich auch die weitverbreiteten Lössе dürften die Quelle der überdurchschnittlichen Gehalte darstellen.

Wenig Strontium enthalten hingegen die Bachsedimente im Verbreitungsgebiet der mesozoischen Gesteine. Dieses sind der Pfälzerwald, das Gutland und das Saar-

ländisch-Pfälzische Muschelkalkgebiet (Westrich). Solch niedrige Gehalte überraschen, da es sich - von den Gesteinen des Buntsandstein abgesehen - überwiegend um Carbonatgesteine handelt. Bei den Carbonaten bzw. dem carbonatischen Bindemittel handelt es sich allerdings überwiegend um Dolomite und nicht um Calcite. Vermutlich ist dies der Grund für die unterdurchschnittlichen Strontium-Gehalte.

4.11. Uran

Mit einem Median von 0,4 mg/kg Uran (U) gleicht der mittlere Gehalt in rheinland-pfälzischen Bachsedimenten dem der „alten Bundesländer“ (FAUTH et al. 1985). Im Allgemeinen wird bei einem Gehalt zwischen 0,8 bis 1 mg/kg Uran der Normalbereich überschritten. Überdurchschnittliche Gehalte sind vor allem im Verbreitungsgebiet saurer Magmatite zu erwarten.

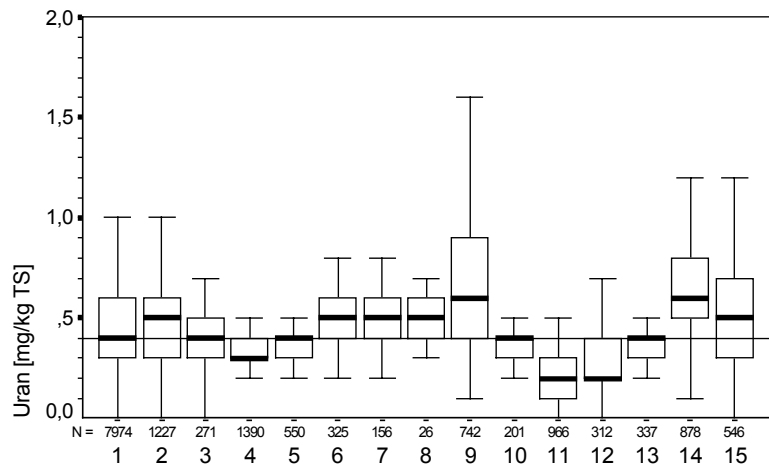
Tab. 22 Uran-Gehalte in den häufigsten Gesteinen

(Angaben in mg/kg) (1- EMSLEY 1994, 2-KABATA-PENDIAS & PENDIAS 1992)

Erdkruste ¹	2,4
Basische Magmatite ²	0,3 - 1,0
Intermediäre Magmatite ²	1,4 - 3,0
Saure Magmatite ²	2,5 - 6,0
Tonige Sedimente ²	3,0 - 4,0
Schiefer ²	3,0 - 4,1
Sandstein ²	0,5 - 0,6
Kalkstein/Dolomit ²	2,2 - 2,5
Oberböden ²	0,4 - 11

In 0,2% der Proben (n=23) wurden ≥ 4 mg/kg Uran festgestellt. Sie stammen vorwiegend aus der Saar-Nahe-Senke. Hierbei handelt es sich im wesentlichen um 2 Populationen, bei der sich die größere am Donnersberg bzw. dessen Umgebung befindet (Glan-Alsenz-Berg- und Hügelland). Das Donnersbergmassiv wird im wesentlichen aus intermediären und sauren Magmatiten (Rhyolith) des Rotliegend aufgebaut. Allein aus diesem Gebiet stammen 10 Proben, die zwischen 4 und 12 mg/kg Uran aufwiesen. Im Bereich der Gemeinde Dannenfels (Blatt 6313) wurde der Spitzenwert von 102 mg/kg gemessen.

Eine weitere kleinere Verdichtung überdurchschnittlicher Werte ist südlich von Birkenfeld im Prims-Nahe-Bergland zu finden. In den Gemeinden Birkenfeld, Dambach und Ellweiler (Blatt 6308 Birkenfeld-West) wurden örtlich Gehalte zwischen 4 und 9 mg/kg



	1 Rheinland-Pfalz	
Rheinisches Schiefergebirge	2 Hunsrück	
	3 Saar-und Moseltal	
	4 Osteifel	
	5 Westeifel	
	6 Mittelrheingebiet	
	7 Westlicher Hintertaunus	
	8 Lahntal	
	9 Westerwald	
	10 Süderbergland	
	11 Pfälzerwald	
Südwest-deutsches Stufenland	12 Saarl.-Pfälz. Muschelkalkgebiet	
	13 Gutland	
	14 Saar-Nahe-Berg- und Hügelland	
Oberrheinisches Tiefland	15 Nördl. Oberrhein-niederung	

Abb. 11 Uran in Bachsedimenten

Uran festgestellt. In Ellweiler liegt am Bühlkopf eine kleine Lagerstätte, aus der ehemals Uranerze gefördert wurden.

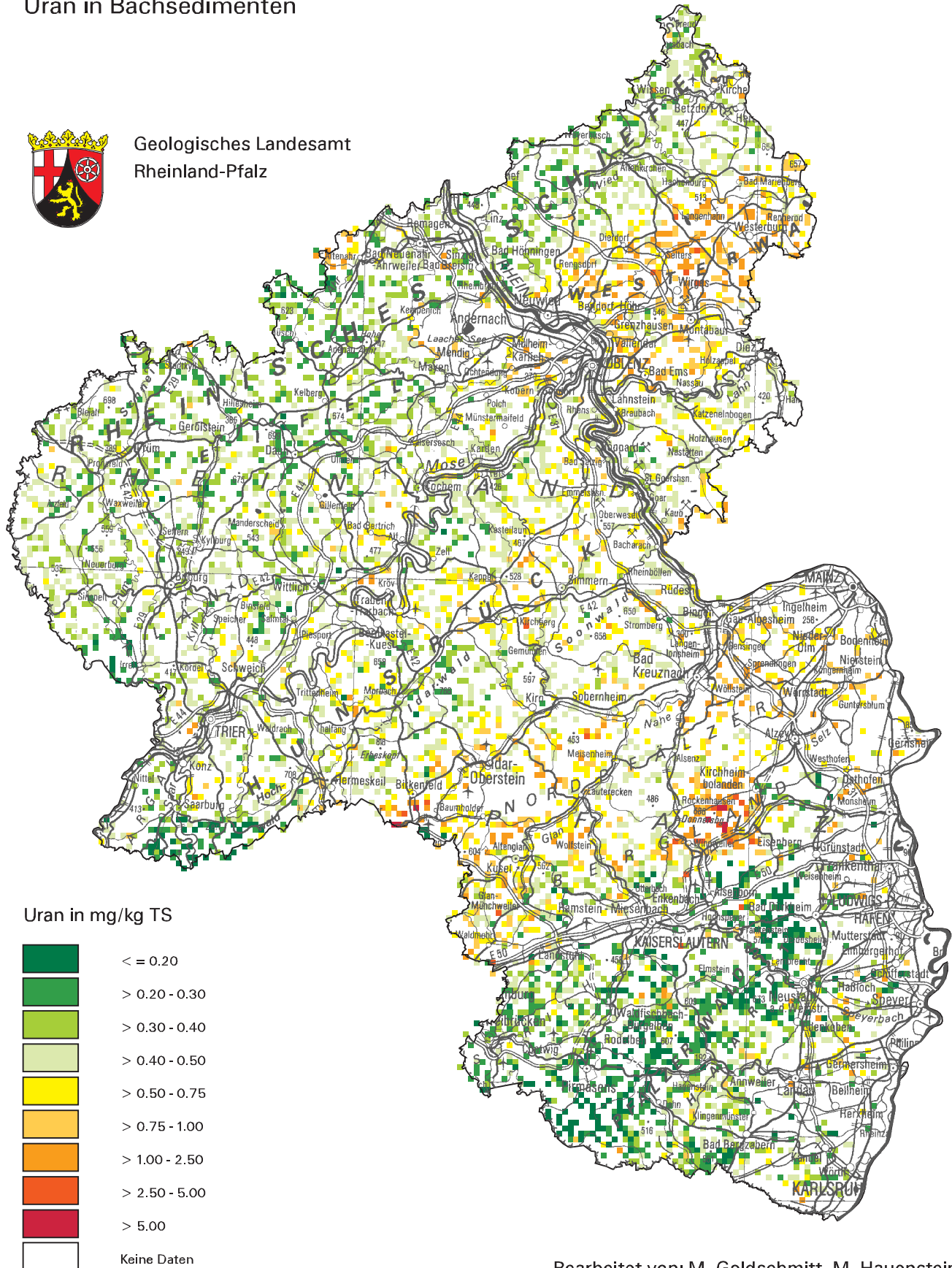
Eine Verdichtung erhöhter Gehalte ist in Bachsedimenten des Westerwaldes etwa im Raum zwischen Selters (Ww) - Montabaur - Westerbürg festzustellen. Sie liegen dort häufig etwas über den mittleren Gehalten von Rheinland-Pfalz bzw. des Naturraums Westerwald, ohne eine Konzentration von mehr als 3,5 mg/kg Uran zu erreichen. So wurde z.B. für Blatt 5412 Selters (Ww.) ein Median von 0,9 bzw. ein 90. Perzentil von 1,7 mg/kg Uran ermittelt. Gegenüber dem Hohen Westerwald, in dem basische Magmatite dominieren, treten in diesem Bereich des Oberwesterwaldes verstärkt intermediäre Vulkanite (z.B. Trachyt, -tuff, Latit) bzw. deren Verwitterungsprodukte auf (SCHREIBER 1996), die möglicherweise zur Erhöhung der Uran-Gehalte in den Bachsedimenten beigetragen haben.

Geochemische Übersichtskarte Rheinland-Pfalz 1:1000000

Uran in Bachsedimenten



Geologisches Landesamt
Rheinland-Pfalz



Salpetersäure-Extraktion

Bearbeitet von: M. Goldschmitt, M. Hauenstein
und Dr. M. Krimmel

Geologisches Landesamt
Digitale Kartographie: M. Goldschmitt
Redaktion: M. Hauenstein
Grundlage: Rasterdaten - D 1000; Bundesamt für
Kartographie und Geodäsie, Nr. 417/98
Stand: 04.12.2000

Im Süderbergland, dem nordwestlichen Teil des Westerwaldes und der Eifel sowie im Verbreitungsgebiet der Gesteine des Buntsandsteins und des Muschelkalks sind die Bachsedimente hingegen überwiegend Uran-arm.

Insgesamt unterscheiden sich die Naturräume hinsichtlich des Urangehaltes in Bachsedimenten nur wenig. Überdurchschnittliche Gehalte sind charakteristisch für Bachsedimente im Einzugsgebiet saurer magmatischer Gesteine des Rotliegend. Im geringeren Umfang gilt dies auch für intermediäre Magmatite.

Tab. 23 Statistische Kennwerte: Uran in Bachsedimenten

(Angaben in mg/kg TS)

Naturraum	Anzahl	Anzahl < NWG	Min.	Perzentil 25	Median	Perzentil 75	Perzentil 90	Max.	max. Wert <Ausr.-gr.	Anzahl Ausreißer
Rheinland-Pfalz	7974	0 (0,0%)	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	102,0	1,0	532 (6,7%)
Hunsrück	1227	0 (0,0%)	0,1	0,3	0,5	0,6	0,8	4,0	1,0	53 (4,3%)
Saar- und Moseltal	271	0 (0,0%)	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	1,7	0,7	28 (10,3%)
Osteifel	1390	0 (0,0%)	0,1	0,3	0,3	0,4	0,6	2,1	0,5	346 (24,9%)
Westeifel	550	0 (0,0%)	0,1	0,3	0,4	0,4	0,6	2,5	0,5	127 (23,1%)
Mittelrheingebiet	325	0 (0,0%)	0,2	0,4	0,5	0,6	0,9	1,9	0,8	50 (15,4%)
Westlicher Hintertaunus	156	0 (0,0%)	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	1,3	0,8	13 (8,3%)
Lahntal	26	0 (0,0%)	0,3	0,4	0,5	0,6	1,0	1,2	0,7	6 (23,1%)
Westerwald	742	0 (0,0%)	0,1	0,4	0,6	0,9	1,2	3,5	1,6	28 (3,8%)
Süderbergland	201	0 (0,0%)	0,1	0,3	0,4	0,4	0,5	1,2	0,5	36 (17,9%)
Pfälzerwald	966	0 (0,0%)	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	5,0	0,5	118 (12,2%)
Saarl.-Pfälz. Muschelkalkgeb.	312	0 (0,0%)	0,1	0,2	0,2	0,4	0,5	1,6	0,6	14 (4,5%)
Gutland	337	0 (0,0%)	0,1	0,3	0,4	0,4	0,5	1,3	0,5	77 (22,8%)
Saar-Nahe-Berg- und Hügelland	878	0 (0,0%)	0,1	0,5	0,6	0,8	1,5	102,0	1,2	128 (14,6%)
Nörtl. Oberrhein- niederung	546	0 (0,0%)	0,1	0,3	0,5	0,7	1,0	2,2	1,2	40 (7,3%)

4.12. Vanadium

Die Vanadium-Gehalte in rheinland-pfälzischen Bachsedimenten stehen meist in enger Beziehung zu den anstehenden Gesteinen ihres Einzugsgebietes. Nur in seltenen Fällen wie z.B. bei Kaiserslautern wurden Gehalte festgestellt, die nicht im Einklang mit den geologischen Gegebenheiten stehen, so dass anthropogene Einflüsse vermutet werden.

Tab. 24 Vanadium-Gehalte in den häufigsten Gesteinen

(Angaben in mg/kg) (1- EMSLEY 1994, 2-KABATA-PENDIAS & PENDIAS 1992)

Erdkruste ¹	160
Basische Magmatite ²	200 - 250
Intermediäre Magmatite ²	30 - 100
Saure Magmatite ²	40 - 90
Tonige Sedimente ²	80 - 130
Schiefer ²	100 - 130
Sandstein ²	10 - 60
Kalkstein/Dolomit ²	10 - 45
Oberböden	25 - 65

Wenig Vanadium enthalten die Bachsedimente im Allgemeinen im Verbreitungsgebiet der triassischen Gesteine. Gerade im Pfälzerwald sind sie ausgesprochen Vanadium-arm. Die vorwiegend aus Sandsteinen des Buntsandstein stammenden Sedimente weisen dort einen Mittelwert von nur 17 mg/kg Vanadium auf. Selbst das 90. Perzentil unterschreitet hier den landesweiten Mittelwert von 53 mg/kg Vanadium. Mit geringen Vanadiumgehalten ist auch im Bereich der devonischen Quarzitkämmen des Hunsrücks, den Sedimentgesteinen des Rotliegend der Saar-Nahe Senke sowie in Rheinhessen zu rechnen.

Die basischen Westerwald-Vulkanite weisen einen typischen Gehalt von 200-300 mg/kg Vanadium auf, während die intermediären Trachyte meist weniger als 50 mg/kg enthalten (SCHREIBER 1996). Entsprechend hohe Konzentrationen sind örtlich in Westerwälder Bachsedimente zu finden. Auf Blatt 5413 Westerbürg wird der landesweite Mittelwert mit 190 mg/kg um fast das 4-fache überschritten. 80% aller Proben, die mehr als 250 mg/kg Vanadium enthalten, stammen aus der weiteren Umgebung von Westerbürg.

Auch im Neuwieder Becken wird der landesweite Durchschnittsgehalt häufig überschritten. Möglicherweise haben - wie beim Strontium - die Trachyttuffe („Bims“) zur Erhöhung beigetragen. Für Blatt 5609 Mayen wurde ein Median von 126 mg/kg und ein 90. Perzentil von 190 mg/kg festgestellt. Auf dem benachbarten Blatt 5610 Bassenheim liegt der Durchschnittswert mit 74 mg/kg zwar schon deutlich niedriger, aber

auch hier enthalten die Bachsedimente vereinzelt sehr hohe Konzentrationen. Von diesem Blatt stammt mit 546 mg/kg Vanadium allerdings der höchste Wert, der in den „alten Bundesländern“ für Gebiete mit einer Dominanz quartärer Gesteine festgestellt wurde (FAUTH et al. 1985).

Wenn auch weniger ausgeprägt als beim Strontium, schließen sich an das Neuwieder Becken zwei Zonen mit erhöhten Vanadiumgehalten an, die eine auffallende Ähnlichkeit mit der von BOGAARD & SCHMINCKE (1984) angenommenen Hauptverbreitungsrichtungen der Laacher-See-Tephra aufweisen (siehe auch 4.10.).

In den weiten Bereichen des Rheinischen Schiefergebirges, in denen devonische Schiefer dominieren, liegt der Vanadiumgehalt in den Bachsedimenten überwiegend leicht über dem Landesdurchschnitt. Insbesondere im Mittleren Moseltal und im Moselhunsrück sind die Bachsedimente mit durchschnittlich 94 bzw. 95 mg/kg relativ Vanadium-reich. Es ist nicht auszuschließen, dass dort der Grundgehalt durch Laacher-See-Tephra erhöht wurde (siehe oben).

Tab. 25 Statistische Kennwerte: Vanadium in Bachsedimenten

(Angaben in mg/kg TS)

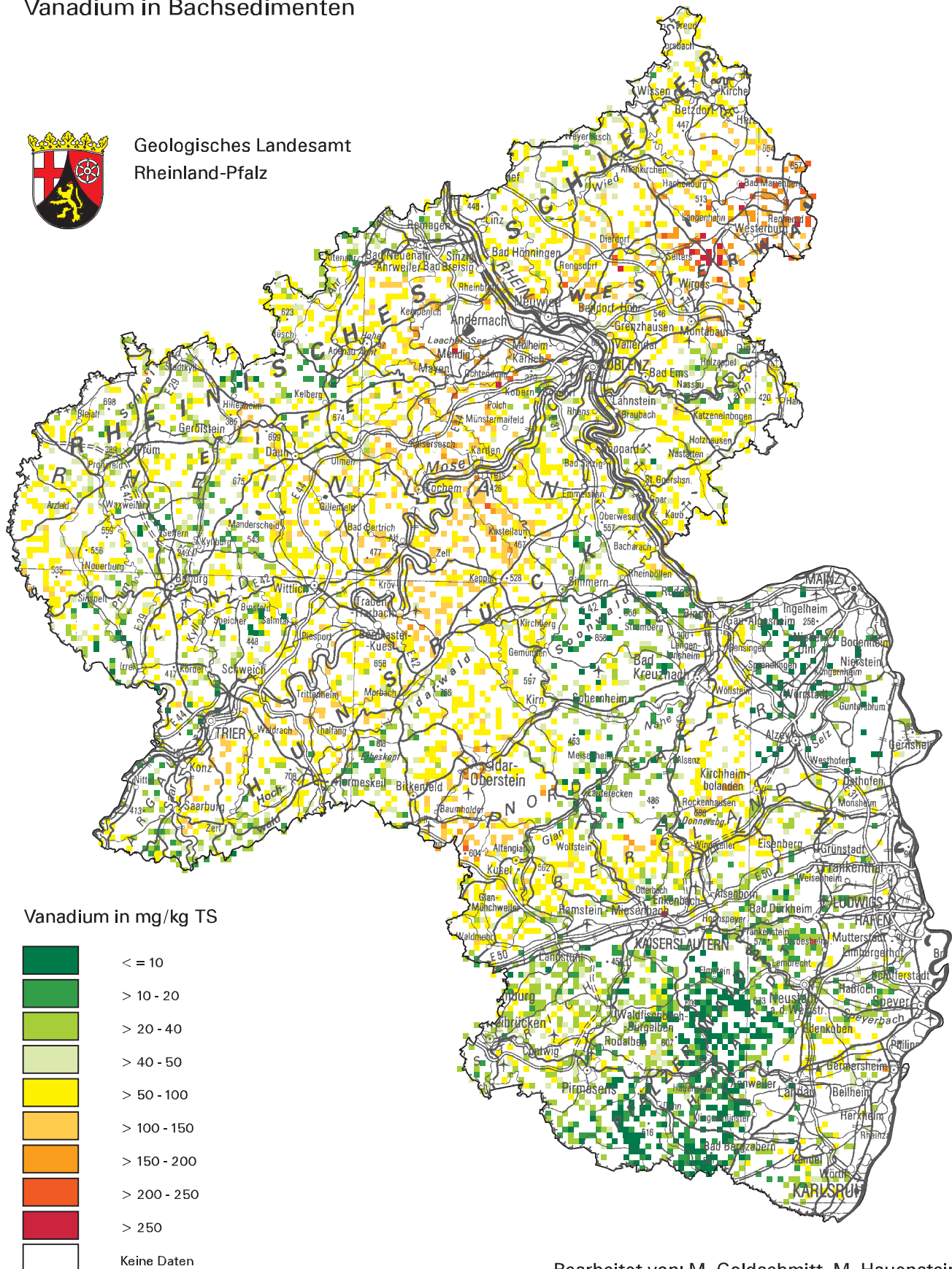
Naturraum	Anzahl	Anzahl < NWG	Min.	Perzentil 25	Median	Perzentil 75	Perzentil 90	Max.	max. Wert <Ausr.-gr.	Anzahl Ausreißer
Rheinland-Pfalz	6628	244 (3,7%)	<5	31	53	78	108	546	148	211 (3,2%)
Hunsrück	964	24 (2,5%)	5	45	69	91	115	223	153	6 (0,6%)
Saar- und Moseltal	216	0 (0,0%)	12	66	82	111	128	190	153	2 (0,9%)
Osteifel	971	4 (0,4%)	<5	45	67	89	113	194	153	20 (2,1%)
Westeifel	333	0 (0,0%)	10	43	53	75	87	137	122	4 (1,2%)
Mittelrheingebiet	282	0 (0,0%)	13	51	65	87	135	546	137	27 (9,6%)
Westlicher Hintertaunus	153	0 (0,0%)	9	45	60	73	87	130	113	4 (2,6%)
Lahntal	26	0 (0,0%)	15	31	39	53	90	144	80	4 (15,4%)
Westerwald	620	0 (0,0%)	17	53	80	124	183	421	230	22 (3,5%)
Süderbergland	129	0 (0,0%)	12	52	67	82	97	150	122	4 (3,1%)
Pfälzerwald	959	158 (16,5%)	<5	8	17	28	43	265	56	48 (5,0%)
Saarl.-Pfälz. Muschelkalkgeb.	312	6 (1,9%)	5	27	37	47	58	91	75	8 (2,6%)
Gutland	239	4 (1,7%)	<5	30	47	60	75	124	98	3 (1,3%)
Saar-Nahe-Berg- und Hügelland	860	14 (1,6%)	<5	40	62	82	112	225	144	31 (3,6%)
Nördl. Oberrhein- niederung	540	46 (8,5%)	<5	20	35	53	67	157	97	4 (0,7%)

Geochemische Übersichtskarte Rheinland-Pfalz 1:1000000

Vanadium in Bachsedimenten



Geologisches Landesamt
Rheinland-Pfalz

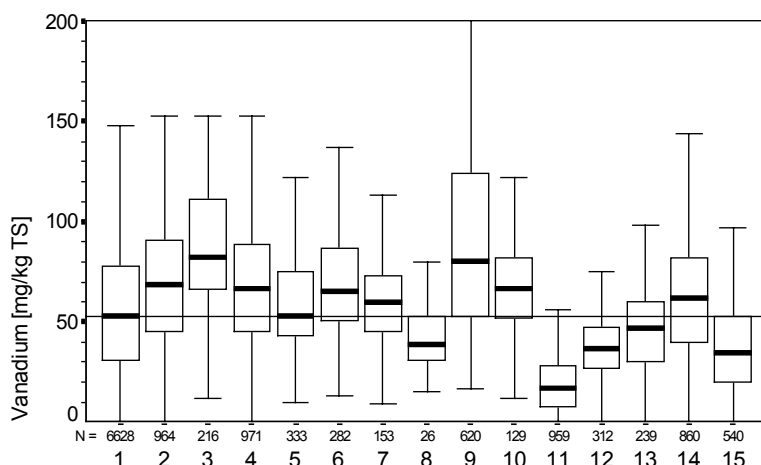


Gesamtaufschluss



Bearbeitet von: M. Goldschmitt, M. Hauenstein
und Dr. M. Krimmel

Geologisches Landesamt
Digitale Kartographie: M. Goldschmitt
Redaktion: M. Hauenstein
Grundlage: Rasterdaten - D 1000; Bundesamt für
Kartographie und Geodäsie, Nr. 417/98
Stand: 04.12.2000



	1 Rheinland-Pfalz	
Rheinisches Schiefergebirge	2 Hunsrück	
	3 Saar-und Moseltal	
	4 Osteifel	
	5 Westeifel	
	6 Mittelrheingebiet	
	7 Westlicher Hintertaunus	
	8 Lahntal	
	9 Westerwald	
	10 Süderbergland	
	11 Pfälzerwald	
Südwest-deutsches Stufenland	12 Saarl.-Pfälz. Muschelkalkgebiet	
	13 Gutland	
	14 Saar-Nahe-Berg- und Hügelland	
Oberrheinisches Tiefland	15 Nördl. Oberrhein-niederung	

Abb. 12 Vanadium in Bachsedimenten

4.13. Zink

Der mittlere Gehalt des Schwermetalls Zink (Zn) von 75 mg/kg in der Erdkruste ähnelt dem von Nickel und Chrom. Dennoch ist es durch anthropogene Einträge in der oberflächennahen Geosphäre und Biosphäre mehr oder weniger angereichert worden. Zink ist zwar für alle Spezies ein essentieller Nährstoff, jedoch können bei erheblicher Überschreitung des natürlichen Konzentrationsbereichs toxische Effekte auftreten.

Für die Bearbeitung des Geochemischen Atlas der Bundesrepublik (FAUTH et al. 1985) und detaillierten Prospektionen wurden landesweit bislang 14668 Bachsedimente auf ihren Zinkgehalt untersucht. Im bereinigten Datensatz - in den 8373 Proben einfließen (siehe Kapitel 3.3.1.) - lagen 15,8% über dem für (saure) Böden gültigen Grenzwert der

Tab. 26 Zink-Gehalte in den häufigsten Gesteinen

(Angaben in mg/kg) (1- EMSLEY 1994, 2-KABATA-PENDIAS & PENDIAS 1992)

Erdkruste ¹	75
Basische Magmatite ²	80 - 120
Intermediäre Magmatite ²	40 - 100
Saure Magmatite ²	40 - 100
Tonige Sedimente ²	80 - 120
Schiefer ²	80 - 120
Sandstein ²	15 - 30
Kalkstein/Dolomit ²	10 - 25
Oberböden ³	40 - 160

Klärschlammverordnung (AbfKlärV 1992) von 150 mg/kg. Dieser Wert kann natürlich nicht direkt auf Bachsedimente übertragen werden, jedoch zeigt er etwa den Bereich, ab dem eine weitere Belastung vermieden werden soll. In 0,2% der Fälle wurde sogar der für Klärschlamm gültige Grenzwert von 2000 mg/kg überschritten. Da diese Verordnung eine stärkere Extraktionsart (Königswasser) vorschreibt, als die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Methode, dürften bei gleicher Extraktion Grenzwertüberschreitungen noch etwas häufiger vorkommen.

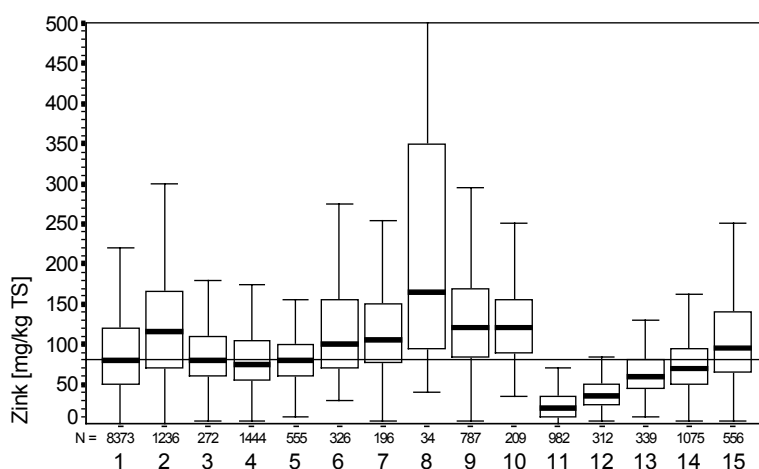
Im Gesamtdatensatz enthielten 6 Bachsedimente mehr als 10000 mg/kg Zink (>1 Gew.% !). Solche extremen Belastungen sind nur durch massive anthropogene Einträge zu erklären. Wie bei allen Elementen wird der Grundgehalt der Bachsedimente zwar entscheidend von den Gesteinen bzw. Böden der jeweiligen Einzugsgebiete bestimmt, der ubiquitäre Konzentrationsbereich wird aber in Abhängigkeit von der geologischen Situation im Einzugsgebiet der Fließgewässer spätestens oberhalb 70-250 mg/kg verlassen. Im bereinigten Datensatz ergibt sich eine statistische Ausreißergrenze von 220 mg/kg, die in ca. 6% der Fälle überschritten wird. In der Umgebung von Erzgängen können auch in der Natur kleinräumig Gehalte oberhalb der Ausreißergrenze vorkommen, jedoch haben erheblich erhöhte Gehalte in aller Regel anthropogene Ursachen.

Zur Abschätzung, in welchen Wertebereichen sich die Zinkgehalte in Bachsedimenten in Räumen bewegen, die in erster Linie von der geologischen Ausgangssituation und nicht von anthropogenen Belastungsquellen bestimmt werden, sollen exemplarisch die statistischen Werte zweier Topographischer Karten gegenübergestellt werden.

In dem im Pfälzerwald liegenden Blatt 6613 Elmstein dominieren Sandsteine des Buntsandstein, und der Raum wird weitgehend forstlich genutzt. Entsprechend niedrig sind die Zinkgehalte in den Bachsedimenten. Im Mittel enthalten sie nur 10 mg/kg Zink und das 90. Perzentil liegt bei 26 mg/kg Zink. Der dort festgestellte Höchstwert von 55 mg/kg entspricht nur etwa dem landesweiten 25. Perzentil. Blatt 5413 Westerburg weist hingegen einen hohen Flächenanteil basischer Vulkanite auf. In diesem Teil des Wester-

waldes wurden bei geochemischen Prospektionen keine signifikanten Zink-Lagerstätten festgestellt (WEWER 1984). Der gegenüber Blatt 6613 Elmstein höhere geogene Gehalt der Gesteine spiegelt sich mit einem Median von 105 mg/kg Zink und ein 90.Perzentil von 174 mg/kg Zink wider. Die Ausreißergrenze für dieses Blatt wurde mit 198 mg/kg Zink ermittelt.

Die Naturräume, in denen der landesweite Durchschnittsgehalt überschritten wird, liegen mit Ausnahme der Oberrheinniederung im Rheinischen Schiefergebirge. Während die Zinkgehalte der Bachsedimente sowohl in der West- als auch in der Osteifel relativ unauffällig sind, werden im Hunsrück und dem linksrheinischen Teil des Schiefergebirges der landesweite Median mehr oder weniger deutlich überschritten. Zwar sind zahlreiche natürliche (Blei-) Zinkanomalien in vielen Bereichen des Rhei-



1 Rheinland-Pfalz		
Rheinisches Schiefergebirge	2 Hunsrück	
	3 Saar-und Moseltal	
	4 Osteifel	
	5 Westeifel	
	6 Mittelrheingebiet	
	7 Westlicher Hintertaunus	
	8 Lahntal	
	9 Westerwald	
	10 Süderbergland	
Südwest-deutsches Stufenland	11 Pfälzerwald	
	12 Saarl.-Pfälz. Muschelkalkgebiet	
	13 Gutland	
Saar-Nahe-Bergland	14 Saar-Nahe-Berg- und Hügelland	
Oberrhinesisches Tiefland	15 Nördl. Oberrhein-niederung	

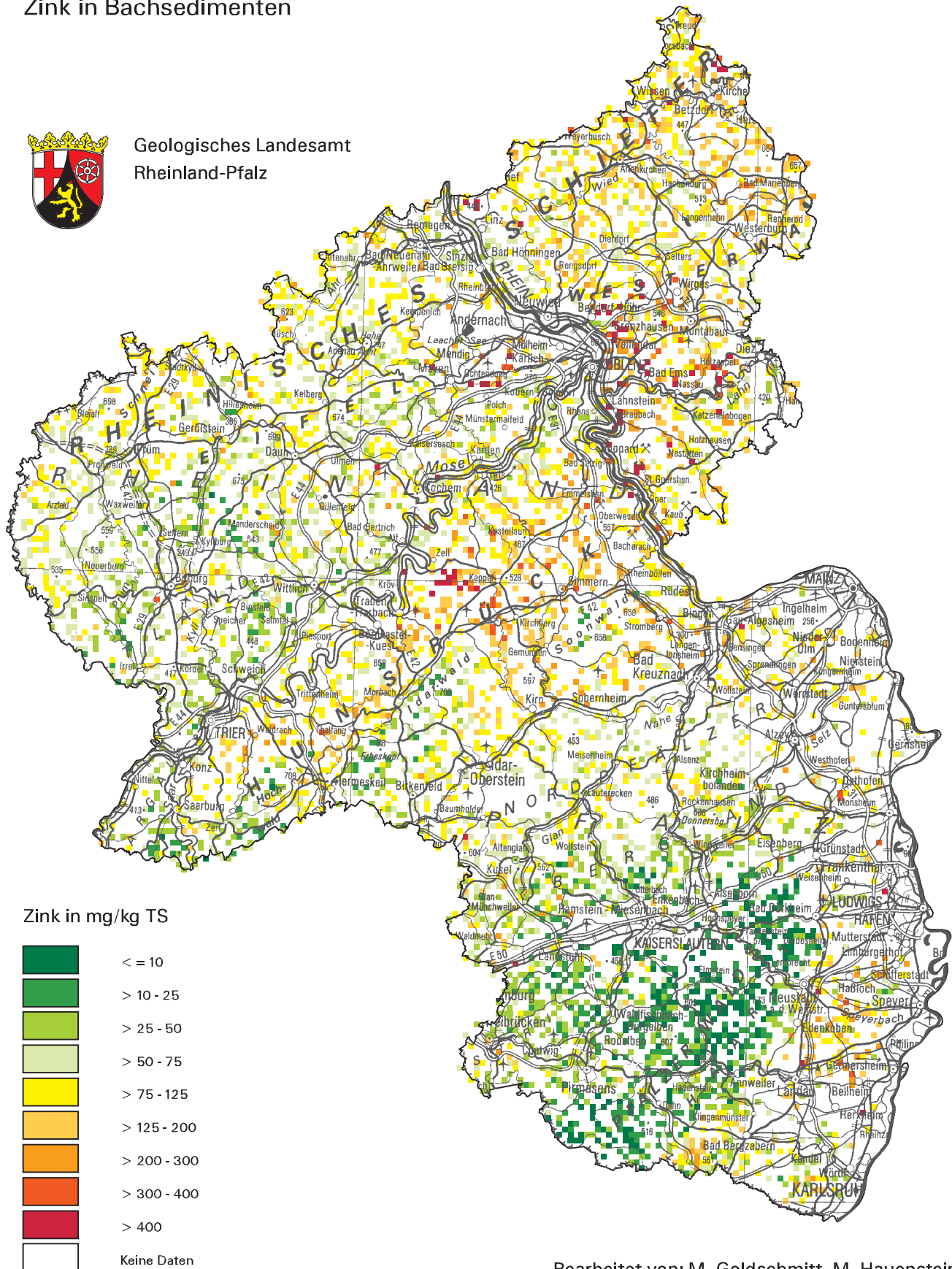
Abb. 13 Zink in Bachsedimenten

Geochemische Übersichtskarte Rheinland-Pfalz 1:1000000

Zink in Bachsedimenten



Geologisches Landesamt
Rheinland-Pfalz



Salpetersäure-Extraktion



Bearbeitet von: M. Goldschmitt, M. Hauenstein
und Dr. M. Krimmel

Geologisches Landesamt
Digitale Kartographie: M. Goldschmitt
Redaktion: M. Hauenstein
Grundlage: Rasterdaten - D 1000; Bundesamt für
Kartographie und Geodäsie, Nr. 417/98
Stand: 04.12.2000

nischen Schiefergebirges bekannt, jedoch sind jene Gebiete in denen Konzentrationen von mehr als 300 mg/kg gehäuft vorkommen (siehe Übersichtskarte), Regionen in denen jahrhundertlang ein intensiver Bergbau umging. Infolge der späten Entdeckung des Zinks gewann es zwar erst im 18. Jh. wirtschaftliche Bedeutung, jedoch gelang es natürlich schon früher bei der Blei-, Kupfer- und Silbergewinnung und -verarbeitung als ungewollter Nebenbestandteil in die Umwelt.

Im (Mosel-)Hunsrück ist der Schwerpunkt des ehemaligen Bergbaus das Gebiet zwischen Zell (Mosel) und Bernkastel-Kues und im rechtsrheinischen Schiefergebirge das Lahntal und der angrenzende südliche bzw. südwestliche Niederwesterwald sowie die Lagerstätten im Einzugsbereich der Flüsse Sieg und Wied.

Der Abbau der ergiebigsten Buntmetall-Lagerstätten wurde insbesondere zwischen 1930 bis etwa 1965 wieder intensiviert. Die verfeinerten industriellen Aufbereitungstechniken führten in dieser Zeit zu einer besonders intensiven Freisetzung von Schwermetallen. In Abhängigkeit von der Zusammensetzung der Erze weisen Zink-belastete Bachsedimente daher fast immer auch hohe Blei-, Kupfer- und Cadmium-Konzentrationen auf, was meist als Indiz auf die Beeinflussung durch den Buntmetallbergbau bzw. indirekt durch weiterverarbeitende Betriebe oder Ausbringung von Haldenmaterial zu werten ist. Bachsedimente, die ausschließlich eine Zinkbelastung aufweisen, sind hingegen selten.

Aus den Bächen des Bergbaugesbietes im Moseltal bzw. Moselhunsrück, das vor allem innerhalb der Blätter 5909 Zell (Mosel), 6008 Bernkastel-Kues und 6009 Sohren liegt, wurden 364 Sedimente entnommen, bei denen ein Median von 150 mg/kg Zink festgestellt wurde. Einzelne Bäche, insbesondere der Altlay-Bach und der Peterswalder-Bach sind dort hoch belastet. Im Gebiet dieser drei Blätter lagen 24% der Proben oberhalb der für den gesamten Hunsrück geltenden Ausreißergrenze von 300 mg/kg, in 15% der Proben wurden Gehalte von mehr als 1000 mg/kg Zink gemessen. Die gleichzeitig hohen Blei- und Kupfer-Gehalte weisen auf den historischen Bergbau als Verursacher hin.

Eine ähnliche Situation stellt sich auf den Blättern Bad Ems und Schaumburg im unteren Lahntal dar. Der mittlere Gehalt der 244 dort untersuchten Bachsedimente beträgt 144 mg/kg. Dass 21% der Proben mehr als 295 mg/kg Zink enthalten, zeigt auch hier, dass einzelne Bäche im Abstrombereich ehemaliger Bergbaustandorte kontaminiert sind. Auf dem nördlich angrenzenden Blatt 5512 Montabaur fand eine Schwerpunktuntersuchung statt (HINDEL 1984), so dass Daten - einschließlich weiterer Untersuchungen - von insgesamt 1464 Bachsedimente vorliegen. Die Zinkgehalte schwanken in einem extrem weiten Bereich von Gehalten kleiner Nachweisgrenze bis zu 2 Gew.%. Der Median liegt bei 130 mg/kg und weicht damit nicht wesentlich vom Wert für den gesamten Westerwald ab. Allerdings überschritten 17% der Proben 295 mg/kg bzw. 1,5% der Proben 1000 mg/kg Zink. Die hoch belasteten Proben enthalten ebenfalls anomale Blei-, Kupfer- und Cadmiumgehalte. Auf diesem Blatt findet eine Überlagerung von Hinterlassenschaften des Bergbaus und industriellen Abwässern statt. HINDEL (1984) konnte als weitere Belastungsquelle die Verwendung von Haldenmaterial zur Befestigung der Waldwege belegen (siehe auch 4.9.).

Tab. 27 Statistische Kennwerte: Zink in Bachsedimenten

(Angaben in mg/kg TS)

Naturraum	Anzahl	Anzahl < NWG	Min.	Perzentil 25	Median	Perzentil 75	Perzentil 90	Max.	max. Wert <Ausr.-gr.	Anzahl Ausreißer
Rheinland-Pfalz	8373	20 (0,2%)	<5	50	80	120	180	19550	220	520 (6,2%)
Hunsrück	1236	1 (0,1%)	<5	70	115	165	225	4611	300	55 (4,4%)
Saar- und Moseltal	272	0 (0,0%)	5	60	80	110	145	1404	180	16 (5,9%)
Osteifel	1444	0 (0,0%)	5	55	75	105	145	1100	175	81 (5,6%)
Westeifel	555	0 (0,0%)	10	60	80	100	130	500	155	26 (4,7%)
Mittelrheingebiet	326	0 (0,0%)	30	70	100	155	294	10470	275	35 (10,7%)
Westlicher Hintertaunus	196	0 (0,0%)	5	78	105	150	260	550	255	22 (11,2%)
Lahntal	34	0 (0,0%)	40	95	165	350	1117	13800	540	5 (14,7%)
Westerwald	787	0 (0,0%)	5	85	120	170	260	19550	295	60 (7,6%)
Süderbergland	209	0 (0,0%)	35	90	120	155	238	6120	250	19 (9,1%)
Pfälzerwald	982	19 (1,9%)	<5	10	20	35	70	360	70	101 (10,3%)
Saarl.-Pfälz. Muschelkalkgeb.	312	0 (0,0%)	5	25	35	50	75	230	85	24 (7,7%)
Gutland	339	0 (0,0%)	10	45	60	80	115	360	130	21 (6,2%)
Saar-Nahe-Berg- und Hügelland	1075	0 (0,0%)	5	50	70	95	130	1225	162	59 (5,5%)
Nördl. Oberrhein- niederung	556	0 (0,0%)	5	65	95	140	210	1125	250	33 (5,9%)

Obwohl in der Nördlichen Oberrheinebene eher Zn-arme Gesteine wie Löss, Sande und tertiäre Sedimente dominieren, liegen die statistischen Maßzahlen etwas über den landesweiten Werten. Es ist davon auszugehen, dass in diesem dicht besiedelten Raum überwiegend unspezifische, nutzungsbedingte Einträge zur Erhöhung des geo-genen Grundgehaltes geführt haben. Die in den Naturräumen Weinstraße und Vorderpfälzische Rheinebene liegenden Schwemmfächer der aus dem Pfälzerwald entspringenden Bäche enthalten in ihren Sedimenten signifikant höhere Zink-Konzentrationen, als jene des Quellgebietes. Dies wurde auch schon bei den Schwermetallen Blei und Kupfer beobachtet. Andere Elemente wie z.B. Kobalt, Nickel, Barium weisen indes eindeutig auf das Liefergebiet hin. Dieses wird als Indiz für anthropogene Zink-Einträge gewertet.

Der Zink-Gehalt klastischer Locker- und Festgesteine sowie Carbonatgesteine ist vergleichsweise gering. In ihren Hauptverbreitungsgebieten - dem Südwestdeutschen Stufenland, Teilen des südlichen Saar-Nahe-Berglandes und der Osteifel - weisen die

Bachsedimente daher überwiegend unterdurchschnittliche bis geringe Zinkgehalte auf. So sind im Pfälzerwald im Mittel nur 20 mg/kg, im Saarland-Pfälzischen Muschelkalkgebiet 35 mg/kg und im Gutland und in der Kalkeifel jeweils 60 mg/kg Zink zu finden.

Am südöstlichen Rand des Pfälzerwaldes ist bei Bad Bergzabern die einzige bedeutende Anomalie dieses Naturraums vorhanden. Sie wird durch den ehemaligen Abbau von Eisenerzen hervorgerufen, die als Nebenbestandteil einen relativ hohen Buntmetallgehalt aufweisen.

Die Höhenlagen des Hunsrücks mit ihren charakteristischen Quarzitzügen zählen ebenfalls zu den Naturräumen mit geringem Zinkgehalt in den Bachsedimenten. Für den Hoch- und Idarwald wurde ein Median von 40 mg/kg und ein 90. Perzentil von 95 mg/kg berechnet.

Schriften

- Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (1992): Klärschlammverordnung [**AbfklärV**], BGBl. Teil I, S. 912-934; Bonn.
- BOGAARD, P. v.d. & SCHMINCKE, H.U. (1984): The Eruptive Center of the Late Quarternary Laacher See Tephra.– Geol. Rdsch., **73** (3): 933-980; Stuttgart.
- EMMERMANN, K.H. & HINDEL, R. & KRIMMEL, M. & ZINNER, H.J. (1993): Sulfid-Baryt-Mineralisationen in der südwestlichen Lahnmulde. Ein Beitrag zur Genese und Prospektion synsedimentär-exhalativer Vorkommen im Rheinischen Schiefergebirge.– Mainzer geowiss. Mitt. **22**: 7-38; Mainz.
- EMSLEY, J. (1994): Die Elemente.- 256 S.; Berlin (de Gruyter).
- FAUTH, H. & HINDEL, R. & SIEWERS, U. & ZINNER, J. (1985): Geochemischer Atlas Bundesrepublik Deutschland, Verteilung von Schwermetallen in Wässern und Bachsedimenten. B.-Anst. Geowiss. u. Rohstoffe, 79 S.; Hannover.
- FAUTH, H. & HINDEL, R. (1979): Geochemische Prospektion im Linksrheinischen Schiefergebirge. Geowiss. Gemein.-Aufgaben, Ber. **72** der Ref. 4.12 – B.-Anst. Geowiss. u. Rohstoffe und Ref. 1.25 Niedersäch. L.-amt f. Bodenforsch., 51 S.; Hannover.
- HAUENSTEIN, M. (2000): Bodenzustandsbericht Rheinland-Pfalz; Blatt 5911 Kisselbach. 163 S.; Mainz (Ministerium für Umwelt und Forsten)[unveröffentlicht].
- HAUENSTEIN, M. & BOR, J. (1996): Bodenbelastungskataster Rheinland-Pfalz. 286 S.; Mainz (Ministerium für Umwelt und Forsten).
- HINDEL, R. (1984): Geochemische Untersuchungen im Brexbachtal und im Bereich der Top. Karte von Montabaur (Westerwald). Geowiss. Gemein.-Aufgaben, Ber. **118** der Ref. 4.12 – B.-Anst. Geowiss. u. Rohstoffe und Ref. 1.25 Niedersäch. L.-amt f. Bodenforsch., 31 S.; Hannover.
- KABATA-PENDIAS, A., & PENDIAS, H. (1992): Trace Elements in Soils and Plants. 365 S.; Boca Raton, Florida (CRC Press).
- KLOTZ, S. & STUMM, Th. (1998): Bewertung der Aufbringung von Sekundärrohstoffdüngern auf Ackerflächen im Hunsrück unter Berücksichtigung der Überschreitung

- des Vorsorgewertes und der Pflanzenverfügbarkeit von Nickel. Dipl.-Arb., Fachhochschule Bingen, 179 S.; Bingen.
- KRIMMEL, M. & EMMERMANN, K.H. (1980): Geochemische Untersuchungen an Baryten; Ein Beitrag zur Genese der Baryte in Rheinland-Pfalz.– Mainzer geowiss. Mitt. **9**: 127-166; Mainz.
- LEWIS, J. & KRIMMEL, M. (1999): Bindung und Mobilität ökotoxischer Schwermetalle im Abstrombereich von Bergbaurelikten im Hunsrück. 95 S.; Mainz (Ministerium für Umwelt und Forsten)[unveröffentlicht].
- NORUSIS, M.J. (1986): SPSS/PC⁺.– 268 S., Chicago.
- SCHREIBER, U. (1996): Tertiärer Vulkanismus des Westerwaldes.– Terra Nostra 96/7: S. 187-212, Exkursion B3, DGG '96; Bonn (Alfred-Wegener-Stiftung).
- WEWER, R. (1984): Geochemische Übersichtsprospektion im Rechtsrheinischen Schiefergebirge (Siegerländer-Wieder Spateisenbezirk und Westerwald). Geowiss. Gemein.-Aufgaben, Ber. **99** der Ref. 4.12 – B.-Anst. Geowiss. u. Rohstoffe und Ref. 1.25 Niedersäch. L.-amt f. Bodenforsch., 109 S.; Hannover.

Tabellenverzeichnis

1	Naturräumliche Haupteinheiten in Rheinland-Pfalz	8
2	Gesteine in Rheinland-Pfalz	11
3	Analytische Methoden	15
4	Barium-Gehalte in den häufigsten Gesteinen	18
5	Barium in Bachsedimenten	21
6	Cadmium-Gehalte in den häufigsten Gesteinen	22
7	Cadmium in Bachsedimenten	25
8	Kobalt-Gehalte in den häufigsten Gesteinen	26
9	Kobalt in Bachsedimenten	29
10	Chrom-Gehalte in den häufigsten Gesteinen	30
11	Chrom in Bachsedimenten	33
12	Kupfer-Gehalte in den häufigsten Gesteinen	34
13	Kupfer in Bachsedimenten	37
14	Fluor in Bachsedimenten	40
15	Lithium in Bachsedimenten	42
16	Nickel-Gehalte in den häufigsten Gesteinen	44
17	Nickel in Bachsedimenten	47
18	Blei-Gehalte in den häufigsten Gesteinen	48
19	Blei in Bachsedimenten	51
20	Strontium-Gehalte in den häufigsten Gesteinen	53
21	Strontium in Bachsedimenten	56
22	Uran-Gehalte in den häufigsten Gesteinen	57
23	Uran in Bachsedimenten	60
24	Vanadium-Gehalte in den häufigsten Gesteinen	61
25	Vanadium in Bachsedimenten	62
26	Zink-Gehalte in den häufigsten Gesteinen	65
27	Zink in Bachsedimenten	69

Abbildungsverzeichnis

1	Schema eines Boxplots	17
2	Barium in Bachsedimenten	20
3	Cadmium in Bachsedimenten	24
4	Kobalt in Bachsedimenten	28
5	Chrom in Bachsedimenten	32
6	Kupfer in Bachsedimenten	36
7	Lithium in Bachsedimenten	41
8	Nickel in Bachsedimenten	46
9	Blei in Bachsedimenten	50
10	Strontium in Bachsedimenten	54
11	Uran in Bachsedimenten	58
12	Vanadium in Bachsedimenten	64
13	Zink in Bachsedimenten	66

Kartenverzeichnis

1	Naturräume in Rheinland-Pfalz	9
2	Geologische Übersichtskarte von Rheinland-Pfalz	12
3	Barium in Bachsedimenten	19
4	Cadmium in Bachsedimenten	23
5	Kobalt in Bachsedimenten	27
6	Chrom in Bachsedimenten	31
7	Kupfer in Bachsedimenten	35
8	Fluor in Bachsedimenten	39
9	Lithium in Bachsedimenten	43
10	Nickel in Bachsedimenten	45
11	Blei in Bachsedimenten	49
12	Strontium in Bachsedimenten	55
13	Uran in Bachsedimenten	59
14	Vanadium in Bachsedimenten	63
15	Zink in Bachsedimenten	67