

Susanne KLEMM,  
mit Beiträgen von Georg WALACH †, Hassan NEINAVAIE und Anton DRESCHER

### 3 Naturwissenschaftliche Untersuchungen vor Beginn der archäologischen Ausgrabung auf dem Kupferschmelzplatz S1: Geophysikalische, mineralogisch-geochemische und botanische Untersuchungen

Die erste Maßnahme nach der Entdeckung des Fundplatzes durch Horst Weinek, Berginspektor i. R., Eisenerz, im Jahr 1991 war eine geophysikalische Vermessung durch Georg Walach sen., Montanuniversität Leoben. Vor Grabungsbeginn im Sommer 1992 folgte die geodätische Vermessung des Kupferschmelzplatzes S1 durch Erich Salzer, VOEST Alpine Erzberg GmbH und Johann Resch<sup>1</sup>, die vom damaligen, sich gerade konstituierenden Kulturverein Innerberger Forum in Auftrag gegeben wurde (Abb. 3.1 und 3.2). Die Organisation der Ausgrabung ab 17. August 1992 erfolgte durch Horst Weinek und der Grabungsleiterin Susanne Klemm.

Zu Grabungsbeginn, dem 17. August 1992, wurde das Areal in Quadranten im Ausmaß von 5 x 5 m gegliedert, die Eckpunkte mit Nägeln auf Holzpflocken markiert und von Johann Resch eingemessen. Die Eckpunkte der geophysikalischen Vermessung wurden gleichfalls eingemessen (vgl. Kap. 3.1 mit Abb. 3.3).

Im Zuge der geodätischen Vermessung wurde auch der aktuelle Baumbestand eingemessen und durchnummeriert (vgl. Kap. 3.3, Abb. 3.20 und 3.21). Mit der geophysikalischen Vermessung wurde Georg Walach sen., Montanuniversität Leoben, beauftragt. Diese führte Georg Walach jun. am 12. Juli 1992 durch (vgl. Kap. 3.1).

Die Ergebnisse der geophysikalischen Prospektion dienten nicht nur als Grundlage für die botanische Probennahme zur Untersuchung der Schwermetallbelastung der aktuellen Vegetation von Anton Drescher (vgl. Kap. 3.3)<sup>2</sup>, Graz, sondern auch für die Entnahme von Bodenprofilen, die Max Eisenhut<sup>3</sup>, damals Bundesanstalt für Bodenwirtschaft, mit Unterstützung von Thomas Umfer im Auftrag der VOEST Alpine Eisenerz/Geotechnik durchführte (vgl. Kap. 3.2). Letztere wurden von Gerhard Sperl, Institut für Festkörperphysik der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Leoben, beauftragt.

Nach Auflösung der VOEST Alpine Erzberg/Abteilung Geotechnik wurde die Bearbeitung von der Fa. Umweltgeologie-Geoökologie, Dr. Herbert Pirkl, Eisenerz/Wien<sup>4</sup> weitergeführt. Es sollten die einzelnen Bodenschichten der Bohrprofile boden- und gesteinsgeochemisch beschrieben werden. Diese Untersuchungen hatten zum Ziel, die Schwermetallbelastung des Bodens durch die prähistorische Kupfererzverhüttung zu beschreiben. Parallel dazu wurden 1992/1993 erste mineralogische Untersuchungen von Kupferschlacken und Gesteinen aus der Grabungsfläche sowie von einem Kupfererzstück vom Steirischen Erzberg vorgenommen. Diese Analysen führte der Mineraloge Hassan Neinavaie, Mitarbeiter der Fa. Geoöko, durch (vgl. Kap. 3.2).<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Obermarkscheider Ing. Johann Resch, Leoben. Johann Resch war in seiner aktiven Zeit als Markscheider bei der VOEST Alpine Erzberg GmbH tätig.

<sup>2</sup> Vgl. Kap. 3.3 und ausführlich in DRESCHER 2004.

<sup>3</sup> Dr. Max Eisenhut, Bundesanstalt für Bodenwirtschaft, das 1994 als Institut für Bodenwirtschaft in das neu errichtete Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft eingegliedert wurde, welches 2002 zur Abteilung Landwirtschaftlicher Boden dem Institut für Waldökologie und Boden des BFW wurde. – Zur Person Dr. Maximilian Eisenhut (1936–1995) vgl. den Nachruf von SCHNEIDER 1995, 7f.

<sup>4</sup> Umweltgeologie-Geoökologie, 1180 Wien / Wiss. ARGE Geochemie, 8790 Eisenerz, Dr. Herbert Pirkl.

<sup>5</sup> H. NEINAVAIE, Bericht über bodenchemisch-mineralogische Untersuchungen im Bereich eines Kupferschmelzplatzes in der Eisenerz Ramsau, September 1993. Umweltgeologie-Geoökologie, 1180 Wien / Wiss. ARGE Geochemie, 8790 Eisenerz, Dr. Herbert Pirkl. (Archiv S. Klemm)

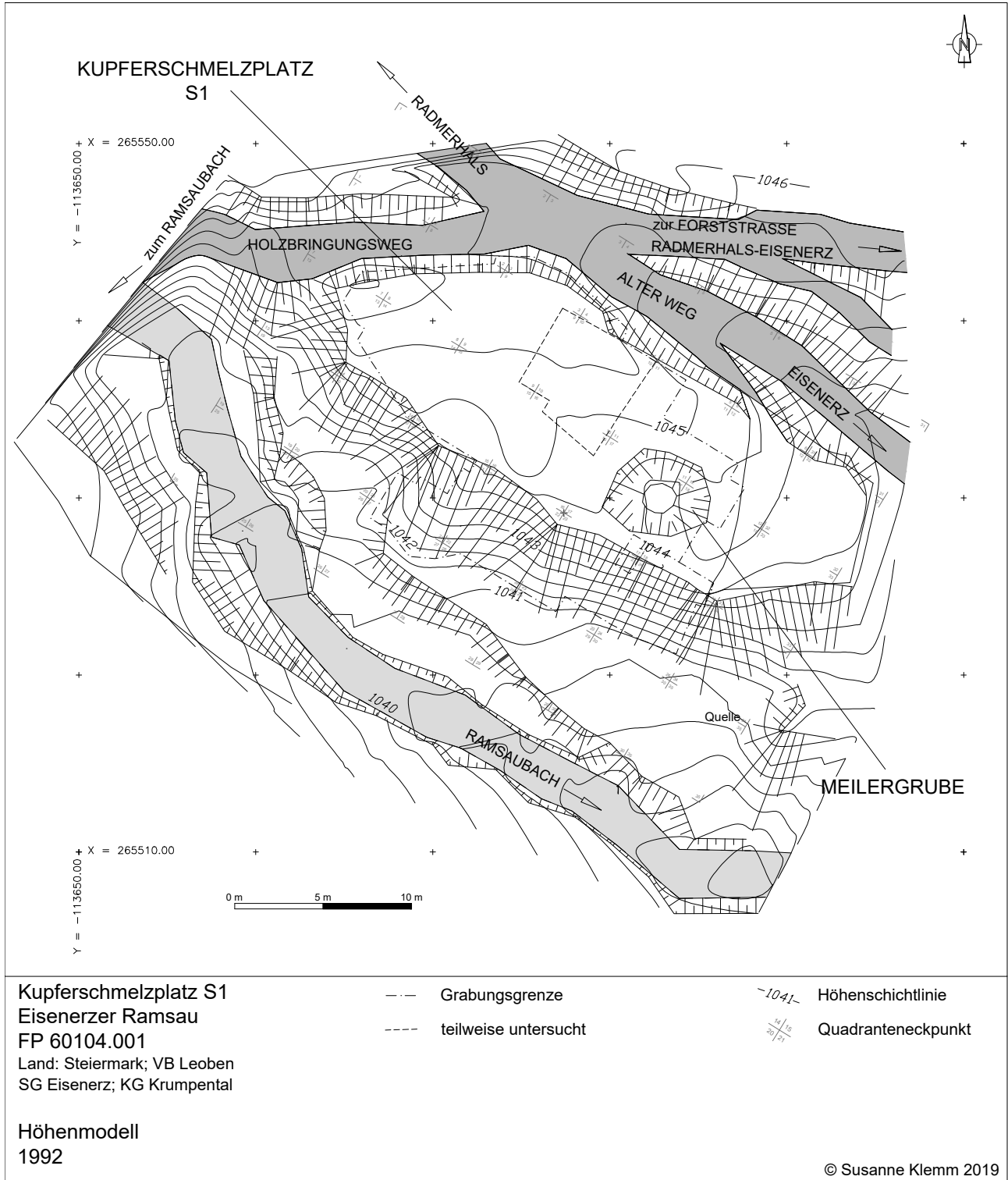


Abb. 3.1: Kupferschmelzplatz S1, Eisenerzer Ramsau. Höhenmodell. Geodätische Vermessung, E. Salzer, J. Resch 1992.  
Kartengrundlage: Vermessung VA Erzberg GmbH; Grafik: S. Klemm, U. Schuh

Fig. 3.1. Copper Smelting Site S1, Eisenerzer Ramsau. Elevation model. Survey by E. Salzer, J. Resch 1992.  
Map: Survey VA Erzberg GmbH; plan: S. Klemm, U. Schuh



Abb. 3.2: Kupferschmelzplatz S1, Eisenerzer Ramsau. Geodätische Vermessung mit Johann Resch, links im Bild und Mitarbeitern der VOEST Alpine Erzberg GmbH, 1992.

Foto: S. Klemm

Fig. 3.2. Copper Smelting Site S1, Eisenerzer Ramsau. Survey with J. Resch (left) and colleagues from VOEST Alpine Erzberg GmbH, 1992.

Photo: S. Klemm

Georg WALACH sen. †

### 3.1 Geophysikalische Prospektion vor Grabungsbeginn 1992

Auf dem Kupferschmelzplatz S1 wurden hochauflösende geophysikalische Detailmessungen durchgeführt.<sup>6</sup> Dabei kam neben der Geomagnetik auch eine hochauflösende Elektromagnetik zur Anwendung. Der Plan des geomagnetischen Störfeldes (Messpunktraster 1 x 1 m) wird in Abbildung 3.4 dargestellt.<sup>7</sup> Trotz der schematisierten-plakativen Darstellungsart waren die Positionen von einem

Teil der später untersuchten Objekte der Kupfererzverhüttung auf dem Kupferschmelzplatz S1 deutlich anhand der Gelb- und Rottöne ersichtlich (vgl. dazu Kap. 4). Es wurden geomagnetische und geoelektrische Anomalien, wie sie für prähistorische Kupferschmelzplätze in den Eisenerzer Alpen bereits seit 1979 und vor allem in den frühen 1980er Jahren charakteristisch waren, erfasst (Abb. 3.3–Abb. 3.5).<sup>8</sup>

<sup>6</sup> Univ.-Doz. Dr. mont. Georg Walach, Institut für Geophysik, Montanuniversität Leoben, Geophysikalische Untersuchungen zur urzeitlichen Kupfergewinnung in der Eisenerzer Ramsau, Stmk., Zusammenfassender Bericht 1992–1995. Leoben im Februar 1996. Der Bericht war gerichtet an: Kulturverein Innerberger Forum, Schulgasse 1, A-8790 Eisenerz, insbesondere S. 9, Beilagen 9 und 10. (Archiv S. Klemm). Zur Person von G. Walach sen. siehe den Nachruf: N. N., Triple-M, Zeitschrift der Montanuniversität Leoben (1/2011), 13.

<sup>7</sup> Kopien der Geomagnetik, vgl. Abb. 3.3 und 3.4 im Text, wurden der Grabungsleiterin übergeben. Der Plan des geomagnetischen Störfeldes (Messpunktraster 1 x 1 m) entstammt dem Bericht von G. WALACH sen. 1996.

<sup>8</sup> Z. B. WALACH 1979 (BHM 124/8, 1979, 388); weitere Literatur in KLEMM 2003, 160f.

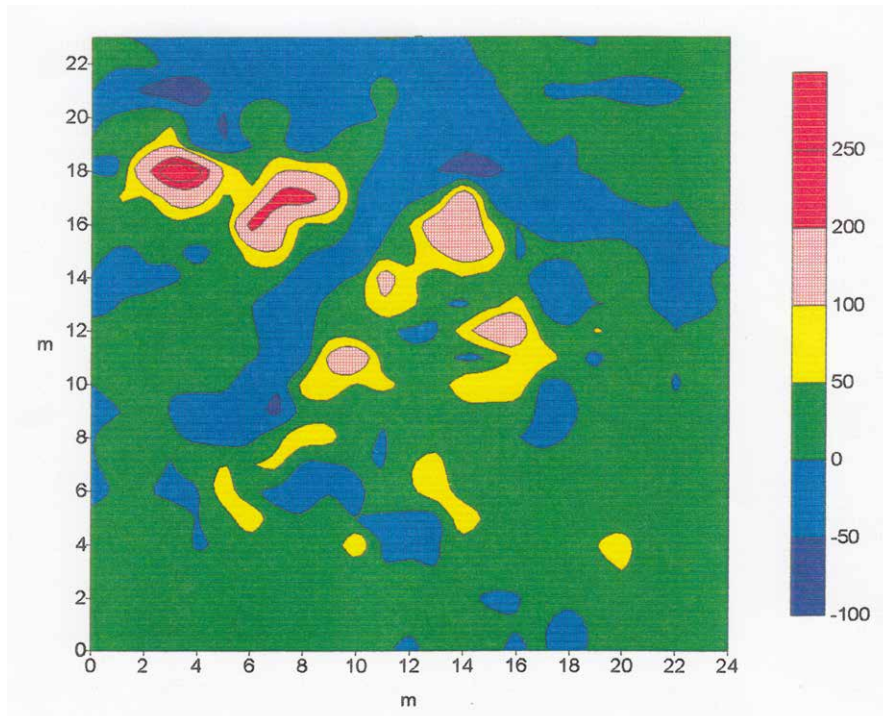


Abb. 3.3: Kupferschmelzplatz S1, Eisenerzer Ramsau. Geomagnetisches Anomaliefeld (nT) bezogen auf 47500 nT. Messung 12. Juli 1991.

Grafik: G. Walach sen. †

Fig. 3.3. Copper Smelting Site S1, Eisenerzer Ramsau. Geomagnetic anomaly field (nT) referenced on 47500 nT. Geophysical survey 12. Juli 1991.

Graphic: G. Walach sen. †

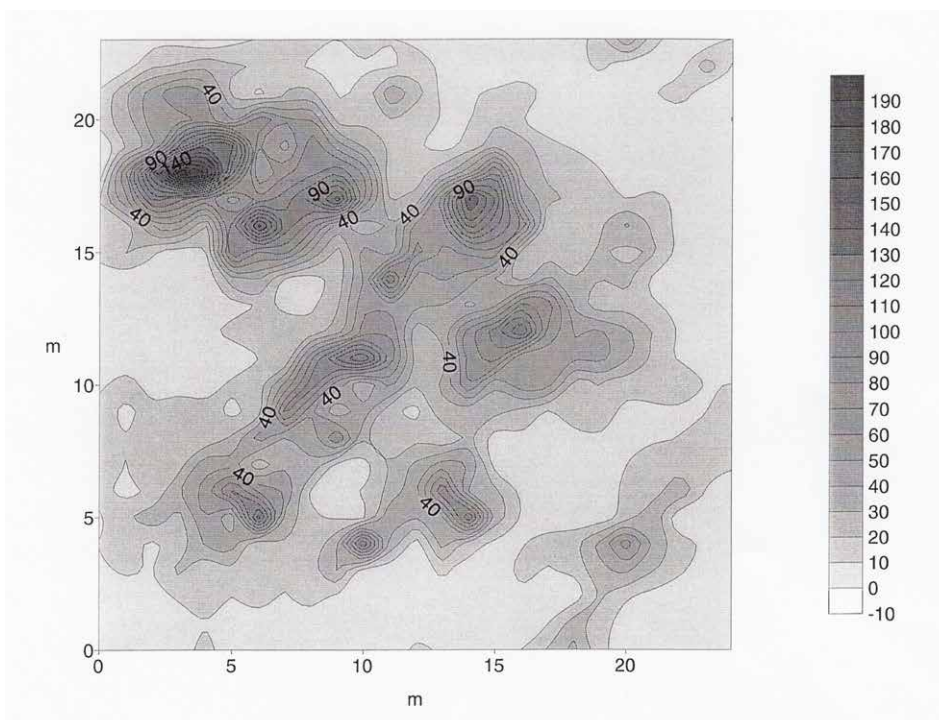


Abb. 3.4: Kupferschmelzplatz S1, Eisenerzer Ramsau. Magnetischer Störgradient (nT/m). Messung 12. Juli 1992.

Grafik: G. Walach sen. †

Fig. 3.4. Copper Smelting Site S1, Eisenerzer Ramsau. Magnetic gradient of perturbation (nT/m). Survey 12. Juli 1992.

Graphic: G. Walach sen. †

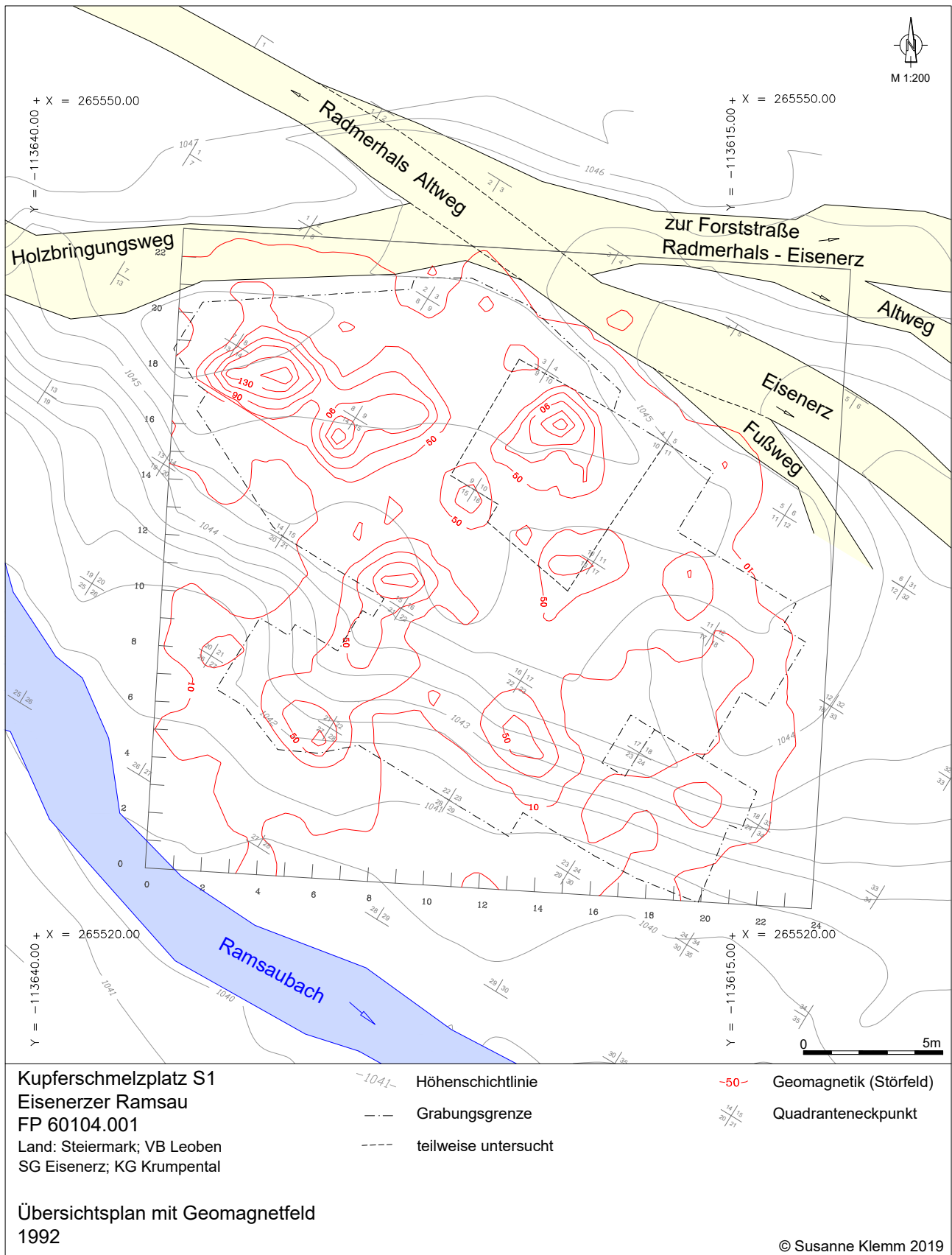


Abb. 3.5: Kupferschmelzplatz S1, Eisenerzer Ramsau. Übersichtsplan mit Geomagnetfeld, Höhenmodell und Quadrantennetz.

Plan: S. Klemm, U. Schuh

Fig. 3.5. Copper Smelting Site S1, Eisenerzer Ramsau. General plan with geomagnetic field, elevation model and net of quadrants.

Plan: S. Klemm, U. Schuh

Hassan NEINAVAIE

### 3.2 Mineralogisch-geochemische Untersuchungen und Probennahme von Bodenprofilen vor Grabungsbeginn 1992

Ziel der Untersuchungen war es, durch Spurenelemente von Kupferschlacken des Kupferschmelzplatzes S1 in der Eisenerzer Ramsau und Erzminerale Hinweise zur Herkunft des Ausgangserzes zur Kupfergewinnung zu erhalten. Als primäres Kupfererz wurde vorerst die Fahlerz-Kupferkiesmineralisation aus dem Bergbaurevier Steirischer Erzberg herangezogen.

Anhand der Bodenprofile vor Beginn der Grabungsarbeiten konnten nicht nur Probenmaterial für die mineralogisch-geochemischen Untersuchungen, sondern bereits erste Indizien für die Mächtigkeit der archäologischen Schichten gewonnen werden.

#### 3.2.1 Probennahme vor Grabungsbeginn und Ziel der geochemischen Untersuchungen

Vor Grabungsbeginn wurden am 17. August 1992 im Bereich des Kupferschmelzplatzes S1 in der Eisenerzer Ramsau, Steiermark, drei Bodenprofile mittels Hohllochbohrer gewonnen. Ein viertes Profil wurde knapp außerhalb als Vergleichspunkt be-

probt. Die Proben wurden von Dr. Max Eisenhut †, Institut für Bodenwirtschaft, unter Mitarbeit von dem damaligen Studenten der Geologie Thomas Umfer und in Begleitung der Grabungsleiterin Susanne Klemm entnommen (Abb. 3.6 und 3.7, Anhang 1, Abb. 3.8 bis 3.18).

Ziel der geochemischen Untersuchungen bzw. der für alle Bodenhorizonte ausgeführten Multielementanalytik war die Charakterisierung einerseits der beginnenden Bodendynamik auf diesen Kultursubstraten und andererseits die Schwermetallgehalte und -verteilungen (Anhang 1; Abb. 3.8 bis 3.11).

Neben den Bodenprofilen wurden auch zwei Kupferschlacken in die Analytik einbezogen. Als primäres Kupfererz wurde eine Probe der Fahlerz-Kupfermineralisation aus dem Bergbaurevier Steirischer Erzberg herangezogen.<sup>9</sup>

Die in diesem Beitrag vorgelegten Arbeiten umfassen die Beschreibung der Beprobung von vier relevanten Bodenprofilen (vgl. Anhang 1: Bodenprofil 1, 920501–920507; Bodenprofil 2, 920514–920518; Bodenprofil 3, 920526–920531; Bodenprofil 4, 920538–920541):



Abb. 3.6: Beprobung eines Bodenprofils in Quadrant 10.

Foto: S. Klemm

Fig. 3.6. Sampling of a soil profile in quadrant 10.

Photo: S. Klemm

<sup>9</sup> Es soll hier angemerkt werden, dass für eine definitive Aussage über die Herkunft des Erzmaterials für den Verhüttungsprozess auf dem Kupferschmelzplatz S1 weitere Untersuchungen an verschiedenen Kupfererztypen der näheren Umgebung des Schmelzplatzes nach wie vor notwendig wären.

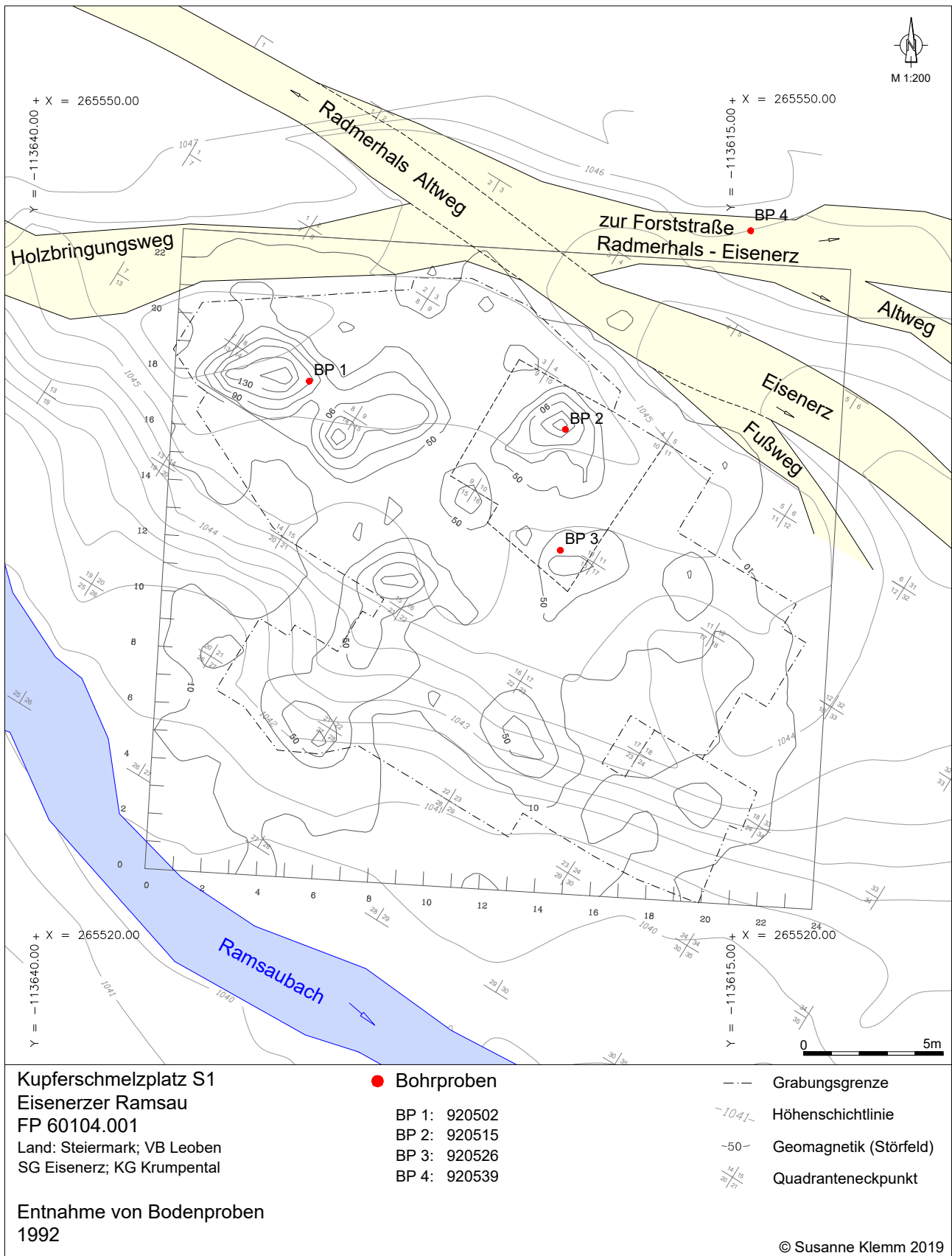


Abb. 3.7: Kupferschmelzplatz S1. Übersichtsplan zur Probennahme. Lage der Bodenprofile 1-4 (Probenpunkte 920502, 920515, 920526, 920539).

Plangrundlage geomagnetische Vermessung v. G. Walach und Höhenmodell; Grafik: S. Klemm, U. Schuh

Fig. 3.7. Copper Smelting Site S1. General Plan of Sampling. Samples 1-4 (point numbers 920502, 920515, 920526, 920539).

Plan: geomagnetic survey by G. Walach and elevation model; plan: S. Klemm, U. Schuh

- die Bearbeitung der Geländebodenbeschreibungen nach international verwendetem FAO-Standard (vgl. Anhang 1)
- die Multielementanalytik an 23 Bodenproben und 8 Gesteins- und Schlackenproben (vgl. Anhang 1)
- die mineralogische Phasenanalytik an ausgewählten Boden- und Gesteinsproben (vgl. Kap. 3.2.2.1)
- die Auswertung der Analytik sowie ein erster Versuch einer Zuordnung zu bekannten lokalen Mineralisationen (vgl. Tab. 3.2 bis 3.7).

### 3.2.2 Auswertung und Interpretation

#### 3.2.2.1 Mineralphasenuntersuchungen

Zur Identifizierung der Mineralphasen wurden neben mikroskopischen Untersuchungen (im Durch- und Auflicht) auch Röntgendiffraktometrie heran-

gezogen. Die Spurenelementgehalte der festgestellten Mineralphasen wurden anschließend mittels Elektronenstrahlmikrosonde semiquantitativ und quantitativ an der Montanuniversität Leoben/Institut für Mineralogie und am Institut für Mineralogie der Universität Innsbruck untersucht.

Die sehr heterogen aufgebauten Schlacken – stückige Schlacke und in Bodenproben festgestellte Schlackenkomponenten weisen dieselbe Zusammensetzung auf – sind aus folgenden Mineralphasen aufgebaut (Tab. 3.1):

In den Abbildungen 3.8 und 3.9 werden einige der Mineralphasen dargestellt. Bornit, Kupferkies sowie z. T. auch Kupferglanz bilden hier wahrscheinlich das primäre Ausgangserz. Die Kupferminerale, insbesondere metallisches Kupfer, weisen nicht selten auch einen geringeren Gehalt bis Spuren von As, Sb, Co, Zn und Ni auf (siehe Abb. 3.10 bis 3.16, Tab. 3.2 bis 3.4).

Tab. 3.1: Mineralphasen in stückiger Schlacke und in Bodenproben festgestellte Schlackenkomponenten.

Tab. 3.1. Mineral phases in slag pieces and slag components of soil samples.

Mineralphasen in stückiger Schlacke und in Bodenproben festgestellte Schlackenkomponenten	Mineral phases in slag pieces and slag components in soil samples
Metallisches Kupfer (mit 0.3–0.4 % As, 0.8 % Ni)	Metallic copper (with 0.3–0.4 % As, 0.8 % Ni)
Kupferglanz	Chalcocite
Cuprit	Cuprite
Bornit (Buntkupferkies)	Bornite
Kupferkies (primär sowie als Einschlüsse in Magnesioferrit)	Chalcopyrite (primary as well as inclusion in magnesioferrite)
(Fe,Cu)Oxyd („Delafossit“)	(Fe,Cu)Oxide (‘Delafossite‘)
Magnetit und Cuprospinel	Magnetite and Cuprospinel
Hämatit (in Schlacken, Werfener Schiefer und Hämatitderberz)	Hematite (in slags, Werfener shist and hematite ore)
Wüstit	Wüstite
Magnesioferrit (mit Spuren von Zn und Ni)	Magnesioferrite (with traces of Zn and Ni)
Olivinmischkristalle – Fayalit und Monticellit (meist mit bis 1.4 % MnO und einigen Prozent CuO im Saumbereich)	Olivine solid solutions – Fayalite and Monticellite (often contain up to 1.4 % MnO and some percent CuO in the edges)
Hedenbergit	Hedenbergite
Baryt (in Schlacken sowie in Hämatitderberz)	Baryte (in slags as well as in hematite ore)
Sekundäre Cu- und Fe-Minerale wie Malachit, Azurit, Eisenhydroxyde mit bis 1.9% CuO und „Chrysokoll“	Secondary Cu and Fe minerals such as malachite, azurite, iron hydroxides with up to 1.9 % CuO and “chrysocolla”
Glasphase (häufig mit bis 2.5 % CuO, P, Cl, S, K, Mn, Ba, Ti)	Glass phase (often contains up to 2.5 % CuO, P, Cl, S, K, Mn, Ba, Ti)
Quarz, Feldspat und sehr häufig auch Holzkohle	Quartz, feldspar and very frequently charcoal



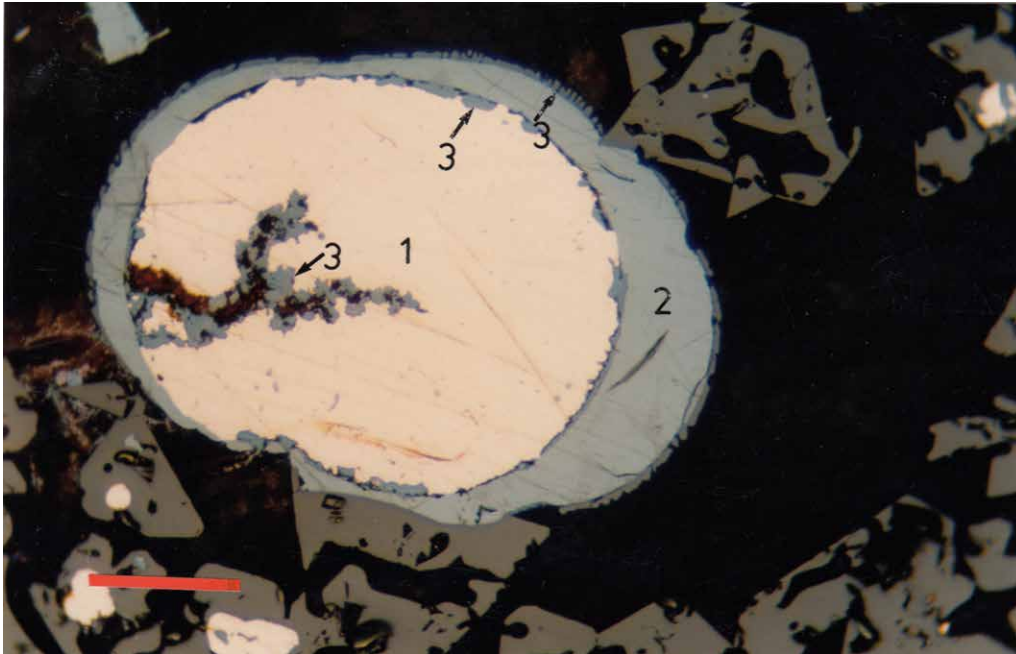


Abb. 3.8: Metallisches Kupfer (1) mit Cupritsaum (3), Kupferglanz (2) sowie skelettartige Magnetitkristalle (4) in silikatischer Grundmasse (schwarz). Probe 91EE-1, Kupferschlacke. Kupferschmelzplatz S1. Polierter Dünnschliff, Nicols parallel, Marke = 0,5 mm, Ölimmersion.

Foto: H. Neinaiaie

Fig. 3.8. Metallic copper (1) surrounded by cuprite (3), chalcocite (2) and magnetite crystals (4) in silicate matrix (black). Sample 91EE-1, copper slag. Copper Smelting Site S1. Polished thin section, parallel Nicols, scale = 0.5 mm, oil immersion.

Photo: H. Neinaiaie



Abb. 3.9: Delafossit (D) als Saum um „Cuprospinel“ (Cs) und als leistenförmige Kristalle. Grundmasse besteht aus kristallinen und glasigen Silikatphasen. Probe 920845 Kupferschlacke, Kupferschmelzplatz S1 (FNR 68, Qu 8). Polierter Dünnschliff, Nicols parallel, Marke = 0.05 mm, Ölimmersion.

Foto: H. Neinaiaie

Fig. 3.9. Delafossite (D) appears around 'Cuprospinel' (Cs) and as lath-shaped crystals. The matrix are crystalline and glassy silicate phases. Sample 920845 copper slag, Copper Smelting Site S1 (FNR 68, Qu 8). Polished thin section, parallel Nicols, mark = 0.05 mm, oil immersion.

Photo: H. Neinaiaie

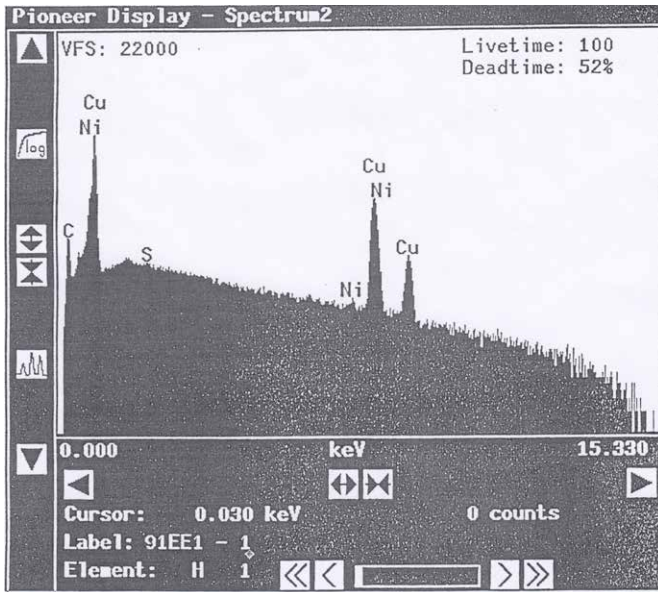


Abb. 3.10: Semiquantitative Analyse von metallischem Kupfer mittels Mikrosonde (energiedispersives Analysensystem). Probe 1EE-1, Kupferschlacke. Kupferschmelzplatz S1.

Fig. 3.10. Semiquantitative analysis of metallic copper using microprobe (energy dispersive analysis system). Sample 1EE-1, copper slag. Copper Smelting Site S1.

Tab. 3.2: Chemische Zusammensetzung des metallischen Kupfers (Mikrosondenanalytik). Probe 1EE-1, Kupferschlacke.

Tab. 3.2. Chemical composition of metallic copper (microprobe analytics). Sample 1EE-1, copper slag. Copper Smelting Site S1.

Element	O	Cu	As	Sb	Ni	Fe	Mn	Co	S	Total
Wt %	0.33	97.75	0.41	0.11	0.73	0.12	0.00	0.00	0.55	100.01

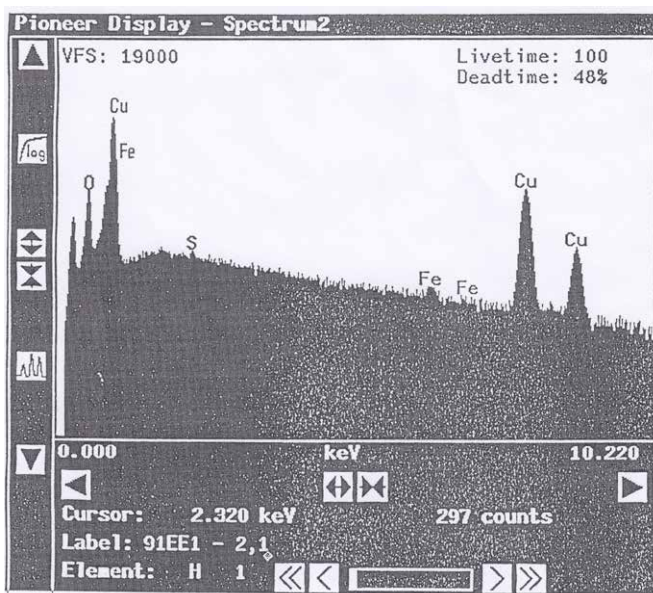


Abb. 3.11: Semiquantitative Analyse von Cuprit mittels Mikrosonde (energiedispersives Analysensystem). Probe 1EE-1, Kupferschlacke. Kupferschmelzplatz S1.

Fig. 3.11. Semiquantitative analysis of cuprite using microprobe (energy dispersive analysis system). Sample 1EE-1, copper slag. Copper Smelting Site S1.

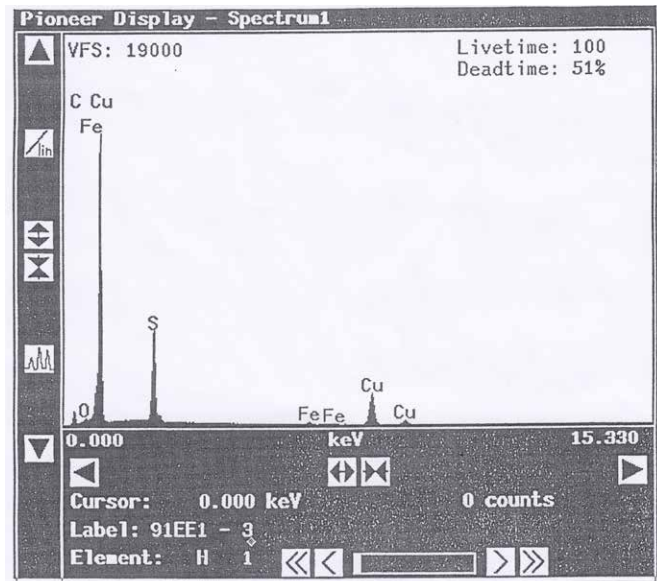
Tab. 3.3: Chemische Zusammensetzung des Cuprits (Mikrosondenanalytik). Probe 1EE-1. Kupferschmelzplatz S1.

Tab. 3.3. Chemical composition of cuprite (microprobe analytics). Sample 1EE-1, copper slag. Copper Smelting Site S1.

Element	O	Cu	As	Sb	Ni	Fe	Mn	Co	S	Total
Wt %	11.67	88.18	0.00	0.00	0.33	0.64	0.00	0.00	0.18	101.00

Abb. 3.12: Semi quantitative Analyse von Kupferglanz mittels Mikrosonde (energiedispersives Analysensystem). Probe 1EE-1, Kupferschlacke. Kupferschmelzplatz S1.

Fig. 3.12. Semi quantitative analysis of chalcocite using microprobe (energy dispersive analysis system). Sample 1EE-1, copper slag. Copper Smelting Site S1.



Tab. 3.4: Chemische Zusammensetzung des Kupferglanzes (Mikrosondenanalytik). Probe 1EE-1, Kupferschlacke. Kupferschmelzplatz S1.

Tab. 3.4. Chemical composition of chalcocite (microprobe analytics). Sample 1EE-1, copper slag. Copper Smelting Site S1.

Element	O	Cu	As	Sb	Ni	Fe	Mn	Co	S	Total
Wt %	0.00	76.54	0.14	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	19.61	97.74

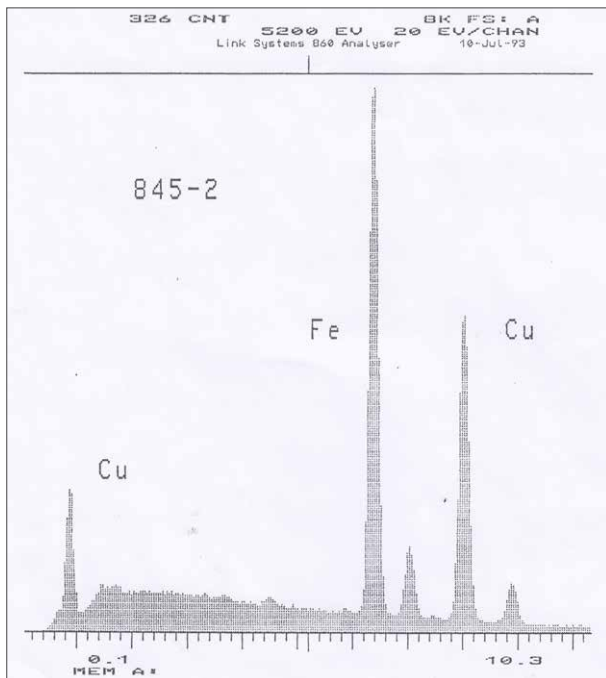


Abb. 3.13: Semi quantitative Analyse von Delafossit mittels Mikrosonde (energiedispersives Analysensystem). Probe 920845, Kupferschlacke. Kupferschmelzplatz S1, FNR 68.

Fig. 3.13. Semi quantitative analysis of Delafossite using microprobe (energy dispersive analysis system). Sample 1EE-1, copper slag. Copper Smelting Site S1, FNR 68.

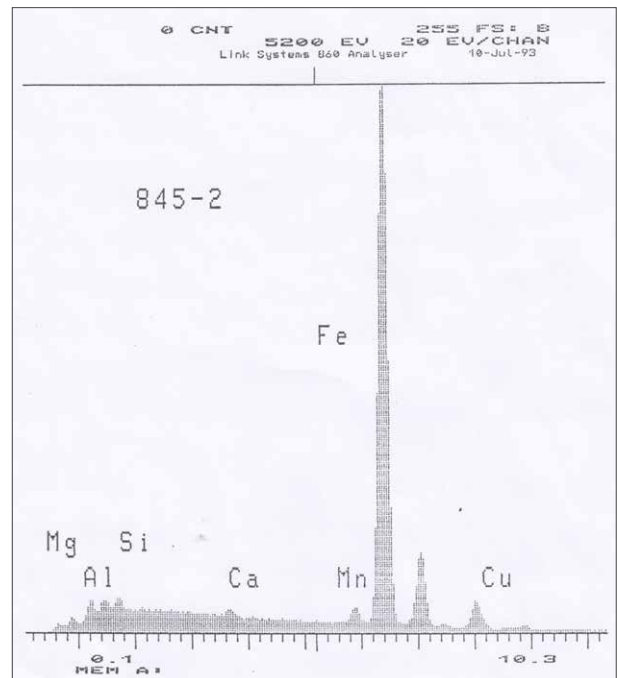


Abb. 3.14: Semi quantitative Analyse von „Cuprospinnell“ mittels Mikrosonde (energiedispersives Analysensystem). Probe 920845, Kupferschlacke. Kupferschmelzplatz S1, FNR 68.

Fig. 3.14. Semi quantitative analysis of 'cuprospinel' using microprobe (energy dispersive analysis system). Sample 920845, copper slag. Copper Smelting Site S1, FNR 68.

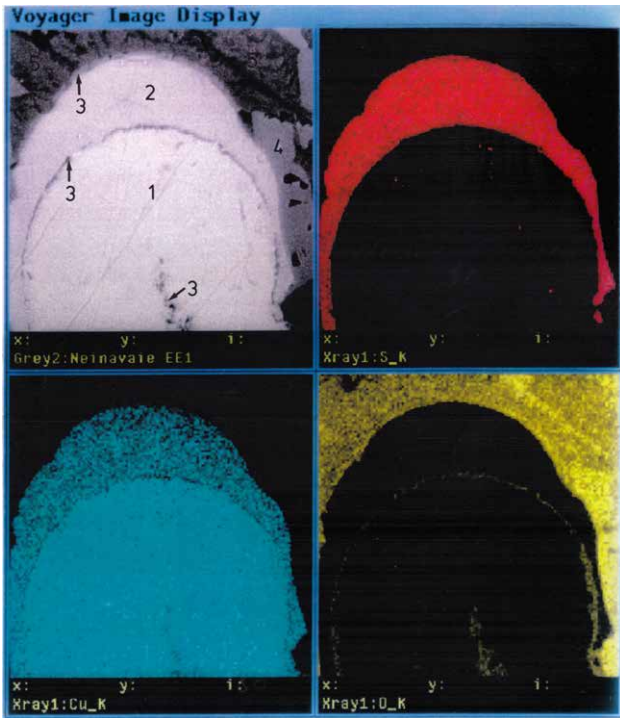


Abb. 3.15: Elementverteilungsbilder von S, Cu und O in metallischem Kupfer (1), Kupferglanz (2), Cuprit (3), Magnetitkristalle (4) und Olivinmischkristalle (5). Oben links Oberflächenabbildung mittels sekundärer Elektronen (siehe auch Abb. 3.8). Vergrößerung etwa 800x. Probe 1EE-1, Kupferschlacke. Kupferschmelzplatz S1.

Fig. 3.15. Elemental distribution patterns of S, Cu and O in metallic copper (1), chalcocite (2), cuprite (3), magnetite crystals (4) and olivine crystals (5). Top left, surface mapping using secondary electrons (see also Fig. 3.8). Magnification about 800x. Sample 1EE-1, copper slag, Copper Smelting Site 1.

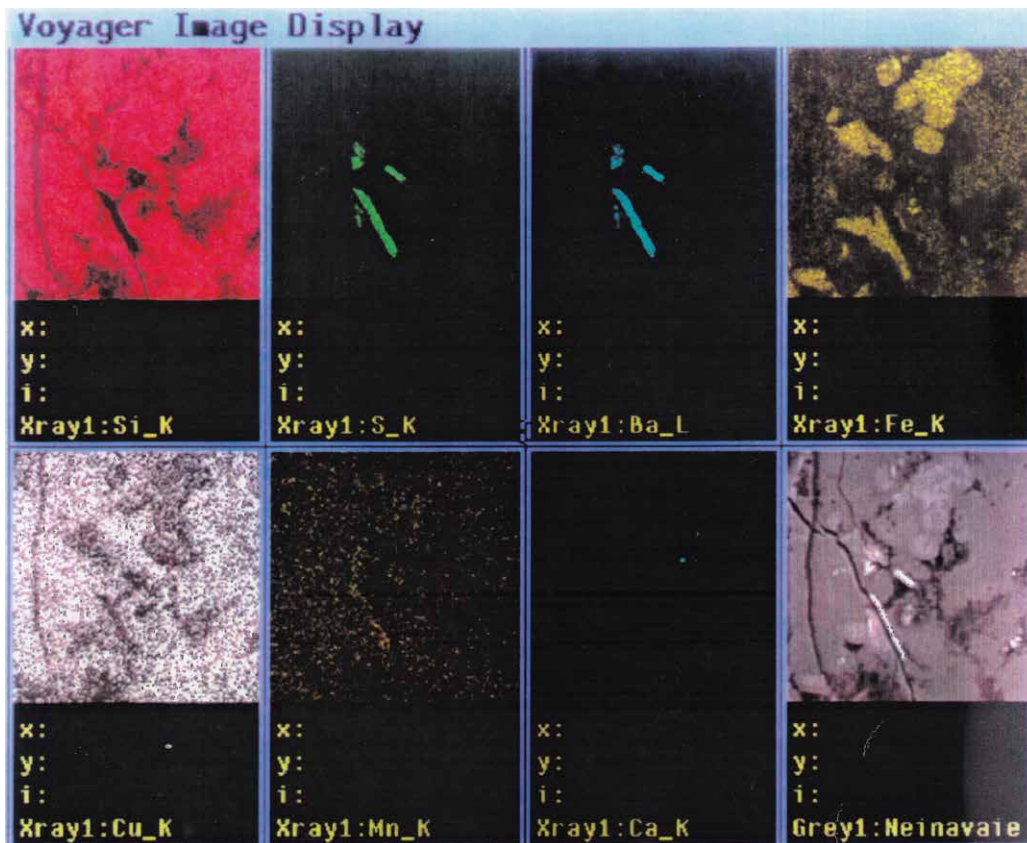


Abb. 3.16: Elementverteilungsbilder von Si, S, Ba, Fe, Cu, Mn und Ca in Kupferschlacke. Unten rechts Oberflächenabbildung mittels sekundärer Elektronen. Vergrößerung etwa 800x. Probe 1EE-2, Kupferschlacke, Kupferschmelzplatz S1.

Fig. 3.16. Elemental distribution patterns of Si, S, Ba, Fe, Cu, Mn and Ca in copper slag. Lower right surface mapping using secondary electrons. Magnification about 800x. Sample 1EE-1, copper slag, Copper Smelting Site 1.

### 3.2.2.2 Schwermetallgehalt von Erz- und Bodenproben

Die untersuchte Kupfer-Fahlerzvererzung aus dem Bergbau am Steirischen Erzberg besteht aus Kupferkies, Fahlerz, Kupferglanz, Malachit, Azurit, Covellin und Gangart (Abb. 3.17). In den Abbildungen 3.18 und 3.19 sowie in den Tabelle 3.5 bis 3.7 wird die chemische Zusammensetzung der Kupferminerale dargestellt.

Der z. T. sehr hohe Kupfergehalt der Bodenproben (bis 2,4 %) wurde durch Schlackenkomponenten, welche auch sehr feinkörnig zerfallen sind, verursacht. Barium dürfte aus dem das Ausgangserz begleitenden Mineral Baryt stammen. Baryt wurde in einer Erzprobe (Hämatitderberz, Probe 920848) festgestellt, wo er häufig als Gangart mit Hämatit vergesellschaftet ist. Baryt wurde auch als Einschlüsse in Schlacken festgestellt (Abb. 3.17 bis Abb. 3.19, Tab. 3.5 bis 3.7).

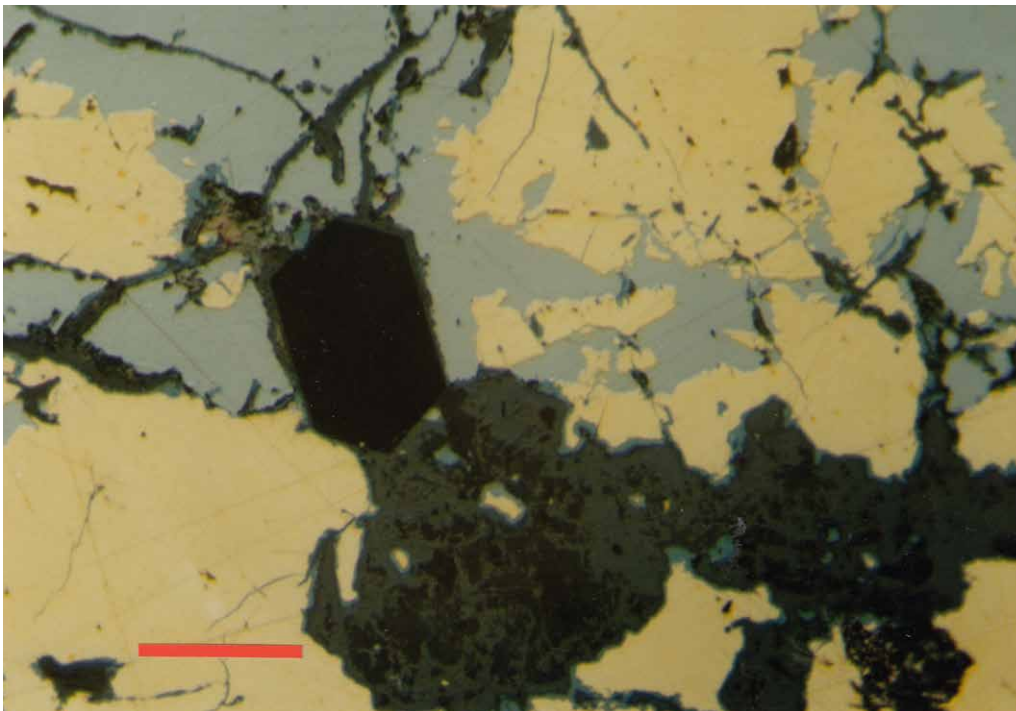


Abb. 3.17: Kupferkies (gelb), Fahlerz (bläulichgrau), Kupferglanz (grünlichblauer Saum um Kupferkies), Malachit (dunkelgrau) und idiomorpher Quarzkristall (schwarz). Polierter Dünnschliff, Marke = 0.1 mm, Ölimmersion, Nicols parallel. Probe 920861, Steirischer Erzberg.

Foto: H. Neinavaie

Fig. 3.17. Chalcopyrite (yellow), fahlore (blueish grey), chalcocite (greenish blue fringe around chalcopyrite), malachite (dark grey) and idiomorphic quartz crystal (black). Polished thin section, scale = 0.1 mm, oil immersion, parallel Nicols. Sample 920861, Styrian Iron Mountain.

Photo: H. Neinavaie

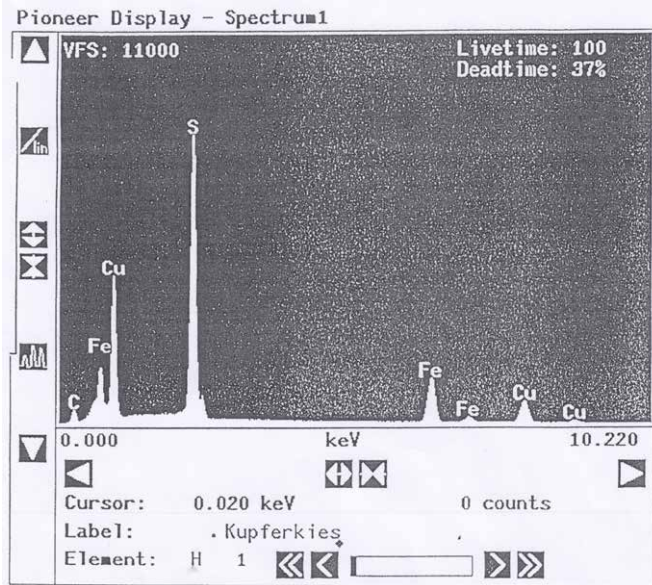


Abb. 3.18: Semiquantitative Analyse von Kupferkies mittels Mikrosonde (energiedispersives Analysensystem). Probe 920861, Steirischer Erzberg.

Fig. 3.18. Semiquantitative analysis of chalcopyrite via microprobe analytics (energy dispersive analysis system). Sample 920861. Styrian Iron Mountain.

Tab. 3.5: Chemische Zusammensetzung des Kupferkieses (Mikrosondenanalytik). Probe 920861, Steirischer Erzberg.

Tab. 3.5. Chemical composition of chalcopyrite (micro probe analytics). Sample 920861. Styrian Iron Mountain.

Element	S	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ge	As	Ag	Sb	Mg	Total
Wt %	35.55	29.17	0.00	0.00	35.46	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.90

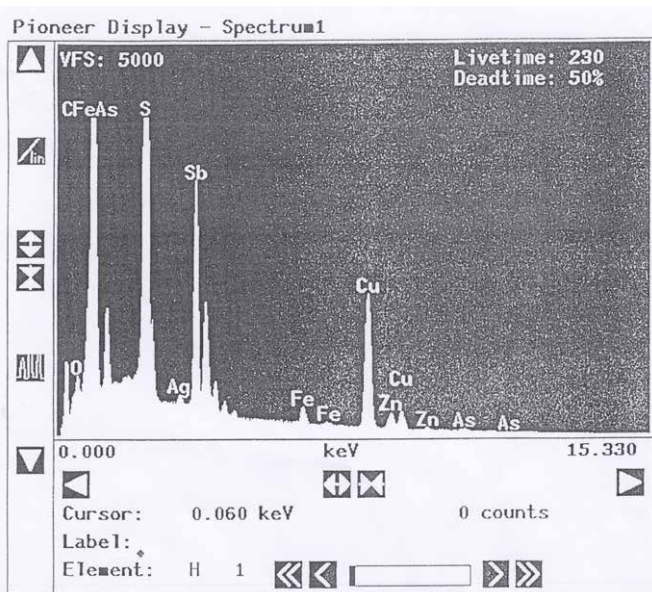


Abb. 3.19: Semiquantitative Analyse von Fahlerz und Kupferglanz mittels Mikrosonde (energiedispersives Analysensystem). Probe 920861, Steirischer Erzberg.

Fig. 3.19. Semiquantitative analysis of fahlore and chalcocite via microprobe (energy dispersive analysis system). Sample 920861. Styrian Iron Mountain.

Tab. 3.6: Chemische Zusammensetzung des Fahlerzes (Mikrosondenanalytik). Probe 920861, Steirischer Erzberg.

Tab. 3.6. Chemical composition of fahlore (micro probe analytics). Sample 920861. Styrian Iron Mountain.

Element	S-K	Fe-K	Co-K	Ni-K	Cu-K	Zn-K	Ge-K	As-L	Ag-L	Sb	Mg-K	Total
Wt %	24.10	1.63	0.00	0.00	35.10	5.09	0.00	0.00	0.00	30.03	0.00	100.00

Tab. 3.7: Chemische Zusammensetzung des Kupferglanzes (Mikrosondenanalytik). Probe 920861, Steirischer Erzberg.

Tab. 3.7. Chemical composition of chalcocite (microprobe analytics). Sample 920861. Styrian Iron Mountain.

Element	O	S	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ge	As	Ag	Sb	Mg	Total
Wt %	0.00	20.40	3.35	0.00	0.16	75.27	0.30	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	99.73

### 3.2.3 Ergebnisse der mineralogisch-geochemischen Untersuchungen und Probenahme von Bodenprofilen vor Grabungsbeginn 1992

In den Böden direkt am Kupferschmelzplatz S1 war eine beginnende Braunerdebildung mit Kupfergehalten von durchwegs mehreren tausend ppm zu beobachten. Wurden Schlackenpartikel angetroffen, stieg der Kupfergehalt in einzelnen Horizonten bis über 20.000 ppm. Diese Kupfergehalte besitzen Großteils eine starke Korrelation mit Arsen, teilweise auch mit Nickel. In Schlacken ist darüber hinaus eine hohe Korrelation mit Antimon und Quecksilber nachzuweisen.

Anton DRESCHER

## 3.3 Vegetationskundliche Untersuchungen auf dem Kupferschmelzplatz S1 in der Eisenerzer Ramsau (Steiermark)<sup>10</sup>

### 3.3.1 Natürliche Vegetation der Umgebung des Kupferschmelzplatzes

Die Vegetation der Umgebung des Kupferschmelzplatzes S1 ist durch die Lage an der Grenze zwischen Nördlichen Kalkalpen mit triadischen Kalken und Dolomiten als Ausgangsgesteinen für die Bodenbildung und den südlich angrenzenden Eisenerzer Alpen mit meist geschieferten Gesteinen<sup>11</sup> gekennzeichnet. Diese Grenze, die im Gebiet vom Radmerhals und zum Kämpensattel zwischen Kaiserschild und Donnersalm und dann weiter durch die Große Fölz nach Münichtal<sup>12</sup> verläuft, bildet auch die Grenze zwischen den forstlichen Wuchsgebieten „Nördliche Zwischenalpen–Osteil“ und „Östliche Zwischenalpen–Nordteil“.<sup>13</sup>

Der flächenmäßig überwiegende Teil des Gebietes wird von der montanen Höhenstufe (900–1400/1500 m) eingenommen. Über Kalkgesteinen in der nordwestlichen Umrahmung des Hochtals dominiert die Rotbuche die potentiell-natürlichen Waldgesellschaften. Diese ursprünglichen Laub-Nadelmischwälder wurden durch jahrhundert-

Der Kupferschmelzplatz hebt sich nach seinen Schwermetallgehalten eindeutig und sehr stark von seinem geochemischen Umfeld ab. Im Vergleichsprofil außerhalb des Schmelzplatzes liegen alle Schwermetallpegel im Bereich der Gesteinshintergrundwerte.

Da in den Bodenhorizonten am Schmelzplatz unterschiedliche Elementkorrelationen gefunden wurden, kann als vorläufiges Ergebnis aus den geochemischen Daten abgeleitet werden, dass sowohl Kupferkies als auch Fahlerz zur Verhüttung eingesetzt wurden.

langen Raubbau – vor allem für die Holzkohleproduktion im Mittelalter<sup>14</sup> – in reine Fichtenbestände umgewandelt, die der Assoziation *Adenostylo glabrae-Piceetum* zugeordnet werden. Palynologische Untersuchungen im Moor am Neuburgsattel etwa 10 km Luftlinie westlich des Kupferschmelzplatzes und von der benachbarten Schröckalm durch Marshall zeigen eine Fichtendominanz schon ab der Römischen Kaiserzeit.<sup>15</sup> Die früher weiter verbreitete Waldweide wird heute nicht mehr ausgeübt. Auf sehr frischen Unterhängen und an Grabeneinhängen über paläozoischen Gesteinen der Nördlichen Grauwackenzone mit bindigen, zum Teil vergleyten Böden wird es durch den Labkraut-Fichten-(Tannen-)wald (*Galio rotundifolii-Piceetum*) ersetzt.<sup>16</sup> Über basenarmen Gesteinen der Grauwackenzone und mäßig nährstoffarmen Böden südlich des Ramsaubaches stellen Fichten-Tannenwälder, in die Rotbuche, Lärche und an feuchten Unterhängen auch Berg-Ahorn sporadisch auftritt, das vegetationsprägende Element dar (*Luzulo luzuloidis-Piceetum*).<sup>17</sup> Diese Fichten-(Tannen-)wälder wer-

<sup>10</sup> Eine ausführliche Diskussion siehe DRESCHER 2004.

<sup>11</sup> STÜWE 2018.

<sup>12</sup> WAGNER 1973.

<sup>13</sup> KILLIAN u. a. 1994.

<sup>14</sup> DRESCHER-SCHNEIDER 2003.

<sup>15</sup> MARSHALL 1994.

<sup>16</sup> ZUKRIGL 1973; EXNER 2007.

<sup>17</sup> EXNER 2007.

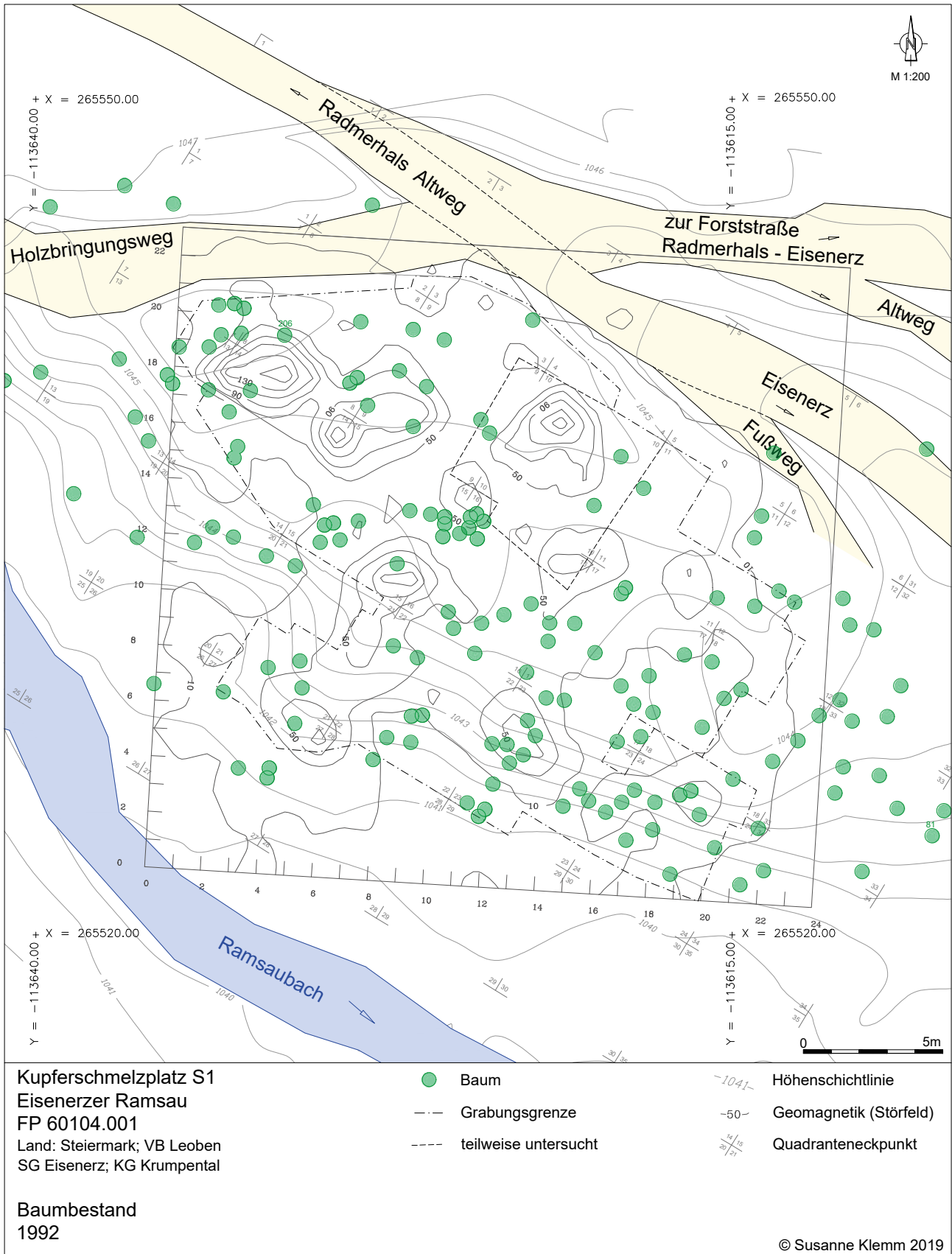


Abb. 3.20: Der bronzezeitliche Kupferschmelzplatz S1 in der Eisenerzer Ramsau. Bestand des Fichtenjungwuchses vor der Rodung vor Grabungsbeginn. Die grünen Punkte stellen die Stammbasen dar, auf die Ausführung der Kronenprojektion wurde der Übersichtlichkeit halber verzichtet. Aufnahme 1992. Grafik: S. Klemm, U. Schuh

Fig. 3.20. Bronze Age Copper Smelting Site S1, Eisenerzer Ramsau. Tree population of young spruce before forest clearance in advance of the excavation. The green symbols demonstrate the bases of the trunks; for reasons of clarity, a projection of the treetops was abstained from. Survey 1992. Map: S. Klemm, U. Schuh



den in der hochmontanen Stufe vom Alpenlat-tich-Fichtenwald (*Homogyno alpinae-Piceetum*) abgelöst.<sup>18</sup>

Der Talboden im Bereich der Gemeindealm in der Eisenerzer Ramsau aus quartärem Moränenmaterial und zum Teil fluviatilen Sedimenten wird durch die Schwemmkegel des Kaltenbaches und des Lasitzenbaches gegliedert und ist vollständig entwaldet. Die Einhänge zum Ramsaubach werden – vor allem in den Mündungsbereichen von Lasitzen- und Kaltenbach – von Hochstauden dominiert, die Bestände können der Ross-Minzen-Staudenflur (*Aegopodio-Menthetum longifoliae*)<sup>19</sup> angeschlossen werden (vgl. Probefläche HS in Tab. 3.8, Abb. 3.21). Die flugfähigen Samen der Fichte verschaffen ihr in den Anfangsstadien der Wiederbewaldung einen Vorteil. Das Ergebnis sind sekundäre Fichtenreinbestände anstelle von Laub-Nadelholzmischbeständen. Der Vorbestand auf der Parzelle in der die Grabungsfläche liegt, kann nur mit Hilfe alter Forstoperare eruiert werden, die genaue Entstehung der Fichten-Verjüngung auf der Grabungsfläche muss also offen bleiben (Abb. 3.20).<sup>20</sup> Die Struktur dieser Waldbestände (Altersaufbau, Schichtung) ist wie in einem großen Teil der Ennstaler und Eisenerzer Alpen von der jahrhundertelangen Köhlerei und der damit verbundenen Kahlschlagswirtschaft geprägt. Auch Waldweide und die Nutzung als kaiserliches Jagdrevier durch Maximilian I. waren lokal von Bedeutung. Die Entwicklung im 19. und 20. Jahrhundert führte zu hohen Rotwildichten und großflächigen Schältschäden.<sup>21</sup>

### 3.3.2 Untersuchungen vor Grabungsbeginn

Um die Frage nach dem Vorkommen von Zeigerpflanzen für Kupfer auf prähistorischen Kupferschmelzplätzen bzw. den Schlackenhalde

worten zu können, wurden im Sommer 1992 fünf Probeflächen auf dem bronzezeitlichen Kupferschmelzplatz S1 floristisch dokumentiert und die Abundanz/Dominanz jeder Art mit Hilfe der erweiterten 9-stufigen Skala geschätzt.<sup>22</sup> In Tabelle 3.8 sind diese Daten zusammengestellt.

Keine der in der Literatur angeführten Zeigerpflanzen für Kupfer – durchwegs Kryptogamen – konnte beobachtet werden, wohl aber einige Gefäßpflanzen aus Familien mit Vertretern, die auch Schwermetallstandorte besiedeln. Sie sind in Tabelle 3.8 mit \* markiert. Von den auf dem Kupferschmelzplatz S1 vorkommenden Arten ist nur eine Art von der Halde eines Bergbaues auf silberhaltige Blei/Zink-Erze in Deutschnofen-St. Helena, Südtirol/Italien mit Messungen dokumentiert. Die Kupfergehalte der oberirdischen Organe von *Agrostis stolonifera* betragen 19 mg/kg, die der Wurzeln 134 mg/kg.<sup>23</sup> Die wie alle Gräser wegen des Verhältnisses der Kupfergehalt von oberirdischer zu unterirdischer Phytomasse < 1 als „excluder“<sup>24</sup> eingestufte Art ist auf Grund der zu geringen Abundanz in unserem Fall nicht für Analysen herangezogen worden.

Aus diesem Grund wurden am 17. August 1992 von zwei Fichten (*Picea abies*), Nr. 206 von einem Standort mit starker Schwermetall-Anomalie und Nr. 81 von einem Standort (00) außerhalb der Untersuchungsfläche, Nadelproben gewonnen und auf das Schwermetall Kupfer untersucht (Abb. 3.21).<sup>25</sup>

Obwohl die Aufnahmerate in sauren Böden (im vorliegenden Fall zwischen pH 3,4 und maximal 6,6<sup>26</sup>) am größten ist, ergaben die Messungen an Fichte Nr. 206 (Standort mit starken Anomalien) bzw. Nr. 81 (mehr oder minder ungestörter Standort) Werte zwischen 4 und 14 mg/kg Trockengewicht und zwar ohne signifikante Unterschiede zwischen belastetem und unbelastetem Standort. Im

<sup>18</sup> EXNER 2007.

<sup>19</sup> MUCINA 1993.

<sup>20</sup> KREINER 2000 u. a. mit Informationen zur jüngsten Geschichte und den Strukturveränderungen in der Eisenerzer Ramsau und angeschlossener Karte der Biotoptypen im Maßstab 1:10.000; Drescher-Schneider 2003 mit detaillierten Informationen über die Vegetations- und Landschaftsentwicklung seit dem Neolithikum.

<sup>21</sup> KREINER 2000.

<sup>22</sup> BRAUN-BLANQUET 1964; REICHEL/WILMANN 1973.

<sup>23</sup> PUNZ u. a. 1994.

<sup>24</sup> BAKER 1981.

<sup>25</sup> Die Cu-Gehalte der getrockneten und gemahlten Nadeln wurden im Salpeter-Perchlorsäuregemisch (5:1) mit dem Atomabsorptionsspektrographen Marke Perkin-Elmer, Typ 2380 gemessen. Zur Methode der Probenahme siehe GLATTES u. a. 1985.

<sup>26</sup> Vgl. die Protokolle im Anhang 1 (Proben der organischen Auflagehorizonte [Ol, Oh] – Probennummern 920501, 920514; der Mineralbodenhorizonte [Ah, AP – Probennummern 920502, 925015 und Bv – Probennummern 920503 und 920516]).

Tab. 3.8: Vegetationsaufnahmen des Schmelzplatzes S1 (vgl. Abb. 3.21). Die Nomenklatur der Gefäßpflanzen richtet sich nach FISCHER et al. 2008. Mit \* markierte Taxa sind aus Familien, deren Arten öfter auf schwermetallhaltigen Standorten vorkommen.

Tab. 3.8. Survey of the vegetation at the Copper Smelting Site S1 (see fig. 3.21). The binary nomenclature follows FISCHER et al. 2008. Taxa marked with \* derive from families whose species are often found on sites with heavy metal concentration.

	00	A1	A2	A3	HS
Aufnahmemonat 1992	8	8	8	8	8
Seehöhe in m	1035	1035	1035	1035	1030
Exposition					SW
Neigung in Grad					3
Fläche in m <sup>2</sup>	6	6	6	6	8
Gesamtdeckung	80	30	75	70	95
Vegetationshöhe K in dm	5	4	4	4	12
Vegetationsdeckung K in %	50	20	35	60	90
Vegetationsdeckung M in %	30	10	40	10	5
Artenzahl	38	38	40	57	33
Artname					
<i>Picea abies</i>	1	1	1	1	1
<i>Sambucus racemosa</i>	r				
<i>Sorbus aucuparia</i> subsp. <i>aucuparia</i>			+		
<i>Acer pseudoplatanus</i>		r		r	
<i>Luzula luzuloides</i>	1	1	1	1	
<i>Potentilla erecta</i>	1	1	2m	2a	
<i>Homogyne alpina</i>	2m	2m	2m	2m	
<i>Vaccinium myrtillus</i>	2a	1	2a	1	
<i>Carex leporina</i>	1		1	+	
<i>Rubus idaeus</i>	+	1		+	
<i>Ranunculus spec.</i>	+	r		1	
* <i>Agrostis capillaris</i>	2m	2m	2m	2m	
<i>Thelypteris limbosperma</i>	1	1	1	r	
<i>Deschampsia cespitosa</i>	1	+	+	+	1
<i>Gentiana asclepiadea</i>	+	r	1	+	+
<i>Hypericum maculatum</i>	+		+	r	1
<i>Lysimachia nemorum</i>	1		2m	1	1
<i>Alchemilla vulgaris</i> agg.	r		r	r	r
<i>Athyrium filix-femina</i>		1		r	
<i>Veronica officinalis</i>	1			1	
<i>Senecio ovatus</i> subsp. <i>ovatus</i>	+			+	2a
<i>Epilobium montanum</i>	r			r	r
<i>Prenanthes purpurea</i>	+	r			+
<i>Hieracium murorum</i>		r		r	
<i>Carex pilulifera</i>		+		+	
<i>Galeopsis spec.</i>	+				
<i>Lycopodium clavatum</i>	r				
<i>Epilobium angustifolium</i>		1			
* <i>Campanula rotundifolia</i>		r			
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>		1			
<i>Hieracium bifidum</i>		1	+		

	00	A1	A2	A3	HS
<i>Ajuga reptans</i>		1		+	+
<i>Solidago virgaurea</i>		+		+	
<i>Melica nutans</i>		+			
<i>Oxalis acetosella</i>		r	r		
<i>Dryopteris carthusiana</i>		+	r	r	
<i>Lycopodium annotinum</i>			1		
<i>Maianthemum bifolium</i>	r		+		
<i>Blechnum spicant</i>			1		
* <i>Avenella flexuosa</i>			+	r	
<i>Carex flacca</i>			+		
<i>Cynosurus cristatus</i>			+		
* <i>Festuca rubra</i>			+		
* <i>Poa supina</i>			+		
<i>Ranunculus acris</i>			+		
<i>Fragaria vesca</i>	1			2m	
<i>Trifolium repens</i> subsp. <i>repens</i>		r		1	
<i>Euphrasia officinalis</i> subsp. <i>rostkoviana</i>				2m	
<i>Luzula pilosa</i>			+	+	
<i>Carex digitata</i>			r	r	
<i>Plantago major</i>				1	
<i>Prunella vulgaris</i>				1	
* <i>Poa annua</i>				+	
<i>Luzula luzulina</i>	+			+	
<i>Cerastium holosteoides</i>				+	
<i>Stachys sylvatica</i>				+	
<i>Hieracium spec.</i>				+	
<i>Nardus stricta</i>				+	
<i>Phleum rhaeticum</i>				+	
<i>Caltha palustris</i>				+	
<i>Rumex acetosa</i>				r	
<i>Gnaphalium spec.</i>				r	
<i>Platanthera bifolia</i>				r	
<i>Galeopsis speciosa</i>				r	
* <i>Silene dioica</i>				r	
<i>Tussilago farfara</i>				r	
<i>Galium spec.</i>				r	
<i>Chaerophyllum hirsutum</i>					2a
<i>Mentha longifolia</i>					2a
<i>Myosotis nemorosa</i>					1
<i>Stellaria nemorum</i>					1
<i>Crepis paludosa</i>					1
<i>Ranunculus repens</i>					1
<i>Petasites abus</i>					1

	00	A1	A2	A3	HS
Rumex alpestris					1
* Agrostis stolonifera agg.					1
Primula elatior					1
Rubus spec.					+
Carex sylvatica					+
Veronica chamaedrys					+
* Cardamine hirsuta					+
Chrysosplenium alternifolium					+
Lamium maculatum					+
Alchemilla crinita					+
Equisetum arvense					r
Viola biflora					r
Veronica persica					r
Dicranum scoparium	+	1	1	1	+
Pleurozium schreberi	1	+	2m	2m	+
Polytrichum formosum	1	+	2m		

	00	A1	A2	A3	HS
Polytrichum commune	2a		3	1	
Rhytidiadelphus squarrosus		+	1	1	+
Rhytidiadelphus loreus		1	1	+	
Orthodicranum montanum		1	+	+	
Plagiomnium affine		1	r		
Tetraphis pellucida		+			
Plagiothecium laetum		+			
Rhacomitrium canescens		+			
Sphagnum nemoreum			+		
Plagiochila asplenioides			+		
Atrichum undulatum	1			+	
Cladonia spec.		+	+	+	
Barbilophozia lycopodioides			+		
Brachythecium salebrosum		+		+	
Eurhynchium hians					r

vorliegenden Fall sind die kupferschlackenhaltigen Mineralbodenhorizonte Bv mit Cu-Gehalten von 2470 bzw. 6847 mg/kg<sup>27</sup> von stark humosen Auflagen bzw. A-Horizonten mit Cu-Gehalten von über 200 bis maximal 890 mg/kg<sup>28</sup> abgedeckt, in denen nur ein geringer Prozentsatz der Cu-Ionen in einer pflanzenverfügbaren Form vorliegt.

Die Kupfergehalte in den obersten Bodenhorizonten eines ausschließlich mit Kryptogamen bewachsenen Haldenstandortes am NE-exponierten Unterhang zum Halsbach ca 1,3 km Luftlinie SW der Gemeindealm bewegen sich zwischen 16100 und 29000 mg/kg. Der Standort weist keine nennenswerte Humusaufgabe auf.<sup>29</sup> Auf Grund des Vorkommens der Moose *Nardia scalaris* und *Oligotrichum hercynicum* stellen Emmerer/Hafellner die Aufnahmen in die Assoziation *Pogonatum urnigeri*, einer Pioniermoosgesellschaft, die eine Reihe weiterer Moose mit einem Verbreitungsschwerpunkt auf schwermetallreichen Standorten beherbergt.<sup>30</sup>

Die Cu-Gehalte der obersten Bodenhorizonte anderer Standorte derselben Halde, auf denen bereits Gefäßpflanzen vorkommen, sind mit 3980 bis 4500 mg/kg deutlich niedriger<sup>31</sup> und entsprechen denen der Mineralbodenhorizonte des Kupferschmelzplatzes S1<sup>32</sup>.

Die Artenkombination des Kupferschmelzplatzes S1 (Tab. 3.8) zeigt weder Übereinstimmungen mit der Moosgesellschaft *Pogonatum urnigeri* vom stark belasteten Haldenstandort am Halsbach (FP 60104.007)<sup>33</sup> noch mit den beschriebenen Vegetationseinheiten von anderen ostalpinen Schwermetall- bzw. Haldenstandorten<sup>34</sup>. Sie entsprechen relativ gut den Aufnahmen aus dem Umfeld des Haldenkomplexes vom Halsbach bzw. Fichtenbeständen von neuzeitlichen Schlackenhalde aus dem Walchengraben (Niedere Tauern),<sup>35</sup> die verschiedenen Fichtenwald-Ausbildungen zugeordnet werden können.<sup>36</sup> Sowohl das Vorkommen von Zwergsträuchern wie Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*) oder wenig anspruchsvollen Farnen wie Eichenfarn

<sup>27</sup> Vgl. die Protokolle im Anhang 1 (Probennummern 920503 und 920516).

<sup>28</sup> Vgl. die Protokolle im Anhang 1 (Probennummern 920501, 920502 sowie 920514 und 920515).

<sup>29</sup> EMMERER u. a. 2003: Die Proben wurden von der Kupferschlackenhalde der Fundstelle FP 60104.007 in der Eisenerzer Ramsau genommen. Vgl. dazu KLEMM/RESCH 2003.

<sup>30</sup> EMMERER/HAFELLNER 2005.

<sup>31</sup> EMMERER/HAFELLNER 2005, Tabelle 9.

<sup>32</sup> Vgl. Anm. 18.

<sup>33</sup> KLEMM u. a. 2003; EMMERER/HAFELLNER 2005, Tabelle 10.

<sup>34</sup> PUNZ/MUCINA 1997.

<sup>35</sup> EMMERER/HAFELLNER 2005.

<sup>36</sup> EMMERER/HAFELLNER 2005, Tabelle 8.

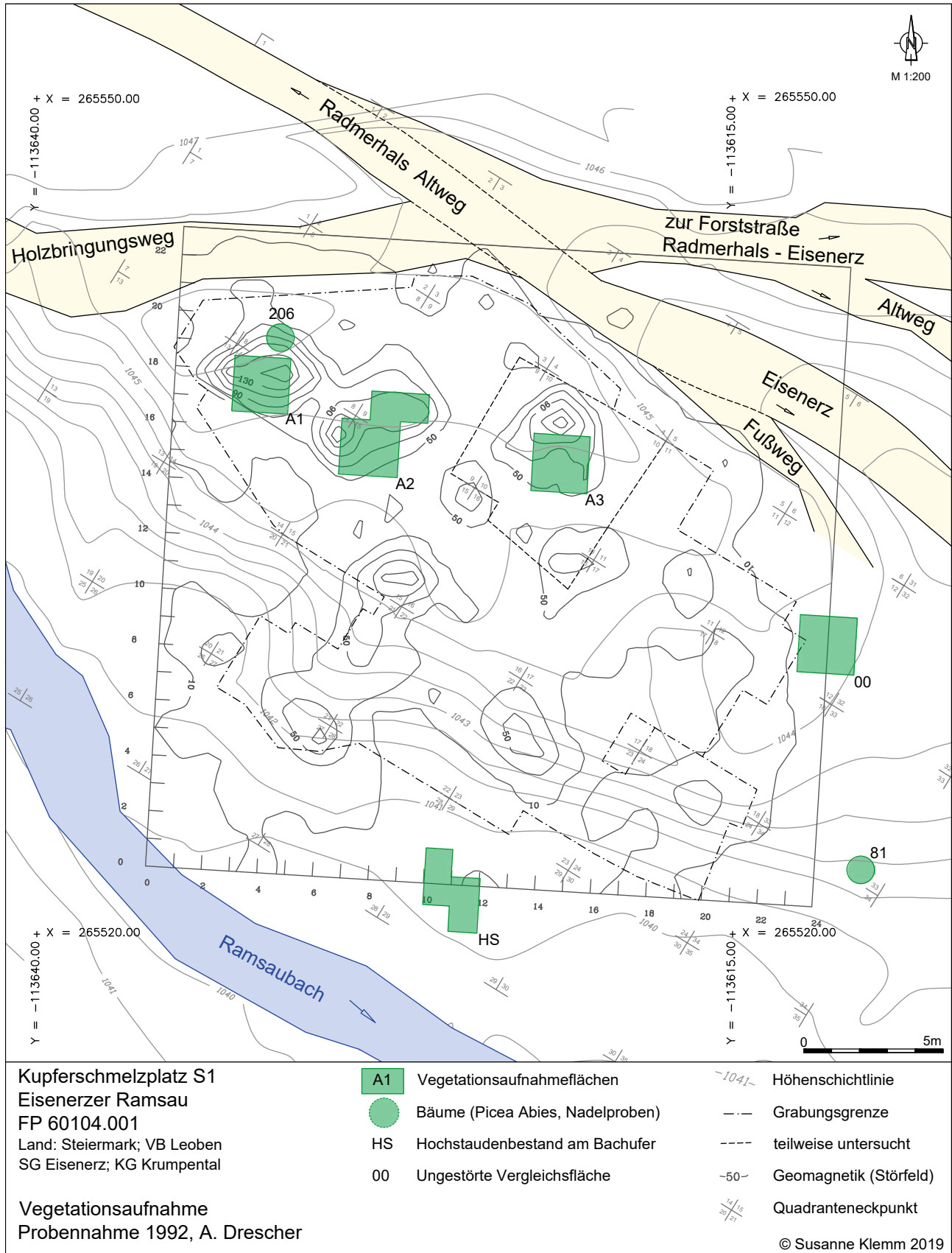


Abb. 3.21: Der bronzezeitliche Kupferschmelzplatz S1 in der Eisenerzer Ramsau. Versuchsanordnung und Vegetationsaufnahme vor Grabungsbeginn im August 1992, A. Drescher. Nadelanalysen erfolgten an der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, Wien (FBVA<sup>36a</sup>).

Nach A. DRESCHER 2004, Abb. 2; Grafik: S. Klemm, U. Schuh

Fig. 3.21. Bronze Age Copper Smelting Site S1, Eisenerzer Ramsau. Experimental set-up and documentation of the vegetation prior to the excavation in August 1992, A. Drescher. The analyses of the pins of spruce by Forstliche Bundesversuchsanstalt, Vienna (FBVA).

See A. DRESCHER 2004, fig. 2; map: S. Klemm, U. Schuh

(*Gymnocarpium dryopteris*) in den Fichtenbeständen in der Umgebung der Halden am Halsbach als auch in der Eisenerzer Ramsau zeigt, dass die Bindung der Cu-Ionen an Huminstoffe der Humusauf-lage recht stabil ist und nur geringe Mengen Cu in der Bodenlösung zur Verfügung stehen.<sup>37</sup> Es fehlen daher auch die für kupferbelastete Standorte typischen Moose *Nardia scalaris*, *Oligotrichum hercynicum* und *Pohlia drummondii*.<sup>38</sup> Der abgedeckte, lehmige Mineralbodenhorizont auf dem Kupferschmelzplatz S1 mit Cu-Gehalten zwischen 2470 mg/kg und 6847 mg/kg entsprechen denen auf ge-fäßpflanzendominierten Bereichen des Probepunktes 2 der Halde FP 60104.007<sup>39</sup>.

Unter diesen Verhältnissen können auf den untersuchten Teilflächen des Schmelzplatzes S1 Frischezeiger wie Kriechender Günsel (*Ajuga reptans*),

Alpen-Brandlattich (*Homogyne alpina*) oder Berg-Ahorn (*Acer pseudoplatanus*) in der Gehölzver-jüngung wachsen. Sogar gegenüber der Stickstoff-versorgung etwas anspruchsvollere Arten wie Wald-Gilbweiderich (*Lysimachia nemorum*) und Fuchs-Hain-Greiskraut (*Senecio ovatus*) sind am Einhang zum Ramsaubach und in einzelnen Teilflächen vor-handen (vgl. Tab. 3.8). Die Vegetation auf dem Kupferschmelzplatz S1 entspricht dem „Typus e“ in Emmerer u. a., dessen Artenzusammensetzung nicht von durch Kupfer unbelasteten Standorten der Umgebung abweicht. Die Abdeckung des Mineral-bodens durch eine unter einem Waldbestand gebil-dete Humusauf-lage macht daher den Standort für den Kupfernachweis mittels Zeigerpflanzen unge-eignet.

Susanne KLEMM

### 3.4 Zusammenfassung

Vor Grabungsbeginn im August 1992 erfolgte eine geodätische Vermessung des Kupferschmelzplatzes S1 sowie eine geophysikalische Vermessung. Die zukünftige Grabungsfläche wurde in Quadranten zu 5 x 5 m untergliedert, deren Eckpunkte wurden mit Holzpflocken, in die kleine Nägel eingeschlagen wurden, markiert. Auf der annähernd ebenen Fläche sowie auf dem mittleren und östlichen Teil der Böschung zum Bach wurden eindeutige geomagne-tische Anomalien, wie sie auch von anderen Kup-ferschmelzplätzen bekannt waren, erfasst (Abb. 3.1 bis 3.5).

Auf Basis der Ergebnisse der geophysikalischen Prospektion wurden am 17. August 1992 botanische Proben sowie Bohrprofile bis zu einer Tiefe von max. 1 m entnommen, um Probenmaterial für Un-tersuchungen zur Schwermetallbelastung des Bo-dens wie des Bewuchses vornehmen zu können. Diese wurden ergänzt durch erste mineralogische Untersuchungen von Kupferschlacken des Schmelz-platzes und Kupfererz, welches vom Steirischen Erz-berg stammte.

Die geochemischen Untersuchungen der Proben vom Kupferschmelzplatz S1 wiesen einen bis über 20.000 ppm hohen Kupfergehalt in einzelnen Hori-zonten nach (Proben B1–B3), während die Schwer-metallgehalte der Kontrollprobe knapp außerhalb der Fläche (Probe B4) im Bereich der Gesteinshin-tergrundwerte lagen. Die Kupfergehalte wiesen eine hohe Korrelation mit Arsen und Nickel auf, Schla-ckenstücke zudem eine hohe Korrelation mit Anti-mon und Quecksilber. Bei der Erzverhüttung wur-den somit Kupferkies wie Fahlerz eingesetzt (Abb. 3.6 bis 3.19, Tab. 3.7).

Im Zuge der botanischen Beprobung des aktuel-len Bewuchses wurden keine der in der einschlägi-ger Literatur angeführten Zeigerpflanzen gefunden. Der Grund dafür liegt in der jahrhundertelangen Nutzung der Fläche im Rahmen der Waldwirtschaft und als Weide sowie aufgrund der Bodenneubil-dung seit der Auflassung des Kupferschmelzplatzes in der Bronzezeit bzw. der Nachnutzung des Stand-ortes im späten Mittelalter für die Holzkohlepro-duktion in einer Meilergrube (Abb. 3.20 und 3.21, Tab. 3.8).

<sup>36a</sup> [https://de.wikipedia.org/wiki/Forstliche\\_Bundesversuchsanstalt](https://de.wikipedia.org/wiki/Forstliche_Bundesversuchsanstalt) (bis 2005; Nachfolger: BFW, Bundesforschungs- und Ausbildungs-zentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft).

<sup>37</sup> DRESCHER 2004 (dort auch Diskussion).

<sup>38</sup> EMMERER/HAFELLNER 2005, Tabelle 10.

<sup>39</sup> EMMERER u. a. 2003.

### 3.5 Scientific Investigations prior to the Archaeological Excavation at the Copper Smelting Site S1: Geophysical, Mineralogical-geochemical and Botanical Investigations (Summary)

Before the start of the excavation in August 1992, a geophysical survey of the Copper Smelting Site S1 was carried out. On the large, rather flat area as well as on the middle and eastern part of the steep slope towards the stream, geomagnetic anomalies were identified such as have been known from other prehistoric copper smelting sites in the Eastern Alps. In preparation for the excavation, a survey for an elevation model of the site took place and a net of squares, each measuring 5 x 5 m, their corners marked with wooden posts with nails on top, was established all over the site. (Figs. 3.1 to 3.5)

Based on the results of the geophysical survey, soil samples were taken for soil analyses. As the geochemical analyses of some soil samples showed, a number of these (samples B1–B3) had copper contents as high as 20.000 ppm in contrast to sample B4 from outside the site. The copper contents had a high

correlation with arsenic and nickel; the slag pieces also had a high correlation with antimony and mercury. In addition, the first mineralogical analyses of the copper slags and copper ore from the Styrian Iron Mountain were carried out. The results showed that chalcopyrite as well as fahlore were used for copper production on the Copper Smelting Site S1 (Figs. 3.6 to 3.19, Tabs. 3.1 to 3.7, Supplement 1).

The current vegetation was also described and samples taken, though no specific concentration of copper was found in the spruce needles. No plants typical of sites with high copper concentrations were found. The reason for this lies in the formation of new soil since the site's abandonment in the Bronze Age as well as the reuse of the flattened area for charcoal production in the late Middle Ages and in the centuries-long use of the area as forest and/or meadow for cattle. (Figs. 3.20 and 3.21, Tab. 3.8)

### 3.6 Literatur / Publications

BAKER 1981

BAKER A. J. M., Accumulators and excluders — strategies in the response of plants to heavy metals. In: *Journal of Plant Nutrition* 3 (1981), 643–654.

BRAUN-BLANQUET 1964

BRAUN-BLANQUET J., *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde* (Berlin–Wien–New York <sup>3</sup>1964).

DRESCHER 2004

DRESCHER A., Vegetationskundliche Untersuchungen an prähistorischen Kupferschmelzplätzen in der Eisenerzer Ramsau, Alpenkupfer – Rame delle Alpi (= Der Anschnitt, Beiheft 17, = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 122, Bochum 2004), 347–354.

DRESCHER-SCHNEIDER 2003

DRESCHER-SCHNEIDER R., Die Vegetation- und Siedlungsgeschichte der Region Eisenerz auf Basis pollenanalytischer Untersuchungen im Leopoldsteiner See und in der Eisenerzer Ramsau. In: S. KLEMM, *Montanarchäologie in den Eisenerzer Alpen, Steiermark. Archäologische und naturwissenschaftliche Untersuchungen zum prähistorischen Kupferbergbau in der Eisenerzer Ramsau* (= Mitteilungen der Prähistorischen Kommission 50, Wien 2003), 174–197.

EMMERER/HAFELLNER 2005

EMMERER B./HAFELLNER J., Zur aktuellen Vegetation auf Abraum- und Schlackenhalde historischer Kupferbergbaue in der Montanstufe der Niederen Tauern und der Eisenerzer Alpen (Steiermark, Österreich). In: *Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark* 134 (2005), 121–152.

EMMERER u. a. 2003

EMMERER B./STEINLECHNER E./TRINKAUS P./GÖSSLER W., Ökologische Untersuchungen von prähistorischen Kupferschlackenhalde in der Eisenerzer Ramsau. In: S. KLEMM, *Montanarchäologie in den Eisenerzer Alpen, Steiermark. Archäologische und naturwissenschaftliche Untersuchungen zum prähistorischen*

Kupferbergbau in der Eisenerzer Ramsau (= Mitteilungen der Prähistorischen Kommission 50, Wien 2003), 165–173.

EXNER 2007

EXNER A., Vaccinio-Piceetea Br.-Bl. et al. 1939. In: W. WILLNER/G. GRABHERR, Die Wälder und Gebüsche Österreichs (Heidelberg 2007), 183–208.

FISCHER u. a. 2008

FISCHER M. A./OSWALD K./ADLER W., Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol (Linz<sup>3</sup>2008).

GLATTES u. a. 1985

GLATTES F./SMIDT S./DRESCHER A./MAJER C./MUTSCH F., Höhenprofil Zillertal Untersuchung einiger Parameter zur Ursachenfindung von Waldschäden. Einrichtung und Ergebnisse 1984. In: FBVA-Berichte 9 (1985), 1–81.

KILIAN u. a. 1994

KILIAN W./MÜLLER F./STARLINGER F., Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs. Eine Naturraumgliederung nach waldökologischen Gesichtspunkten. In: FBVA-Berichte 82 (1994), 1–60.

KLEMM u. a. 2003

KLEMM S./RESCH J./WEINEK H., Fundstellenkatalog Eisenerzer Ramsau: KG Krumpental (VB Leoben). In: S. KLEMM, Montanarchäologie in den Eisenerzer Alpen, Steiermark. Archäologische und naturwissenschaftliche Untersuchungen zum prähistorischen Kupferbergbau in der Eisenerzer Ramsau. Mit Beiträgen von Johann RESCH †, Horst WEINEK, Herwig PROSKE, Barbara EMMERER, Elisabeth STEINLECHNER, Peter TRINKAUS, Werner GÖSSLER, Ruth DRESCHER-SCHNEIDER (= Mitteilungen der Prähistorischen Kommission 50, Wien 2003), 95–148.

KREINER 2000

KREINER D., Naturräumliche Bewertung der Eisenerzer Ramsau (Eisenerzer Alpen/Steiermark) (DiplA. Graz 2000).

MUCINA 1993

MUCINA L., 1993. Galio-Urticetea. In: L. MUCINA/G. GRABHERR/T. ELLMAUER (Hgg.), Die Pflanzengesellschaften Österreichs, Teil I: Anthropogene Vegetation (Jena–Stuttgart–New York 1993), 201–251.

PUNZ u. a. 1994

PUNZ W./KOVACS G./KÖRBER-ULRICH S./THONKE A./WIELÄNDER B./WIESHOFER I., Schwermetallstandorte im mittleren Alpenraum — neue Befunde. In: Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft Österreich 131 (1994), 1–26.

PUNZ/MUCINA 1997

PUNZ W./MUCINA L., Vegetation on anthropogenic metalliferous soils in the Eastern Alps. In: Folia Geobotanica et Phytotaxonomica 32 (1997), 283–295.

REICHELT/WILMANNS 1973

REICHELT G./WILMANNS O., Vegetationsgeographie (Braunschweig 1973).

WILLNER 2007

WILLNER W., Fagion sylvaticae Luquet 1926. In: W. WILLNER/G. GRABHERR, Die Wälder und Gebüsche Österreichs (Heidelberg 2007), 144–166.

ZUKRIGL 1973

ZUKRIGL K., Montane und subalpine Waldgesellschaften am Alpenostrand (= Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt 101, Wien 1973).

### 3.7 Anhang: Beilage zu den mineralogisch-geochemischen Untersuchungen / Supplement to the Mineralogical-geochemical Investigations ↓











## Eisenerz-Ramsau - Halde von Cu-Schlacke

1993-Mai-18

PKT_NR	PROB_NR	Bez. (OE)	Horizont		BA_RFA	CU_RFA	FE_RFA	K_RFA	NI_RFA	P_RFA	PB_RFA	ZN_RFA	HG_SONDER	pH	VOLUMEN	Gew. ges.	Fraktion	Gew. Fraktion
			von	bis														
920501	01oh		1.0	0.0	422	561	3.020	1.390	28	.193	129	90		3.9		789.3	543.0	
920502	Ah		0.0	0.0	454	890	5.780	3.040	36	.139	118	85	2.660	3.6		188.5	135.4	
920503	Bv		-8.0	-17.0	3445	2470	6.520	3.320	62	.143	89	158	3.500	5.0	191.134	144.2	98.0	
920504	I*		-17.0	-35.0	904	5163	8.590	3.400	103	.155	57	214	2.670	4.7	382.269	272.6	150.8	
920505	II*		-35.0	-52.0	651	2847	5.110	4.230	79	.092	37	107	.940	5.3	361.032	300.4	158.8	
920506	III*		-52.0	-70.0	324	78	4.570	4.460	41	.093	15	28	.850	5.5	382.269	310.9	189.5	
920507	Cv		-70.0	-94.0	289	152	4.800	4.720	51	.094	20	48	.410	5.2	509.692	796.6	402.6	
920514	0f0h		1.0	0.0	413	239	1.890	1.990	21	.242	102	84		4.4		412.2	237.5	
920515	Ah		0.0	0.0	344	277	4.010	3.110	23	.206	97	53	1.030	4.1		207.4	169.8	
920516	Bv		-6.0	-20.0	388	6847	5.010	3.180	79	.309	38	150	3.020	6.6	297.320	181.7	148.9	
920517	I*		-20.0	-26.0	583	21300	8.340	2.990	202	.844	46	240	3.250	6.9	127.423	121.0	82.1	
920518	II*		-26.0	-46.0	383	3232	4.000	3.330	51	.098	20	72	.860	6.4	424.743	507.5	237.0	
920525	0		2.0	0.0	436	214	2.570	1.690	19	.282	160	77		3.7		324.3	191.1	
920526	Ah		0.0	0.0	345	344	4.350	3.140	19	.206	118	50	.990	3.4	84.949	65.0	47.0	
920527	AP		-4.0	-8.0	299	339	4.620	3.510	19	.156	87	31	1.920	3.7	84.949	103.0	75.5	
920528	P		-8.0	-10.0	341	297	4.710	3.090	20	.077	50	30	1.670	3.7	42.474	119.7	94.2	
920529	I*		-10.0	-29.0	357	736	4.430	3.720	30	.094	31	38	.790	3.9	403.506	406.9	232.4	
920530	B		-29.0	-44.0	351	397	4.260	3.210	26	.075	26	36	.670	4.0	318.557	264.4	148.0	
920531	Cv		-44.0	-68.0	475	1042	5.990	3.630	31	.129	28	37	.860	4.2	509.692	455.1	259.6	
920538	0		3.0	0.0	260	20	1.560	2.110	18	.176	97	74		3.7		126.3	87.1	
920539	AP		0.0	0.0	241	23	3.200	3.290	17	.143	72	44	.720	3.5		150.7	98.6	
920540	Bv		-7.0	-32.0	301	58	4.600	4.070	23	.093	33	60	.500	4.0	530.929	291.6	151.4	
920541	Bvcv		-32.0	-46.0	301	41	10.000	4.450	45	.116	18	52	.410	4.6	297.320	498.6	136.6	

3 records selected.

16-JUN-93

Analytik - Übersicht über RAM

1

Prob_Nr	Horizont	Gew		pH	SCN	CaCO3	ICP			As	As	Sb	KW	Anmerkung
		GFT	KGV				RFA	HE	B	ICP	Co	Hg		
920501		+++	-	+	+	----	+	-	-	-	----	----	-	nicht volumsgerecht
920502		+++	-	+	+	----	+	+	-	+	+++	+++	----	nicht volumsgerecht
920503		+++	-	+	+	----	+	+	-	+	+++	+++	----	
920504		+++	-	+	+	----	+	+	-	+	+++	+++	----	
920505		+++	-	+	+	----	+	+	-	+	+++	+++	----	
920506		+++	-	+	+	----	+	+	-	+	+++	+++	----	
920507		+++	-	+	+	----	+	+	-	+	+++	+++	----	
920514		+++	-	+	+	----	+	-	-	-	----	----	----	nicht volumsgerecht
920515		+++	-	+	+	----	+	+	-	+	+++	+++	----	nicht volumsgerecht
920516		+++	-	+	+	----	+	(+)	+	+	+++	+++	----	
920517		+++	-	+	+	----	+	(+)	-	+	+++	+++	----	
920518		+++	-	+	+	----	+	+	-	+	+++	+++	----	
920525		+++	-	+	+	----	+	-	-	-	----	----	----	nicht volumsgerecht
920526		+++	-	+	+	----	+	+	-	-	----	+++	----	
920527		+++	-	+	+	----	+	+	-	+	+++	+++	----	
920528		+++	-	+	+	----	+	+	-	+	+++	+++	----	
920529		+++	-	+	+	----	+	+	-	+	+++	+++	----	
920530		+++	-	+	+	----	+	+	-	+	+++	+++	----	
920531		+++	-	+	+	----	+	+	-	+	+++	+++	----	
920538		+++	-	+	+	----	+	-	-	-	----	----	----	nicht volumsgerecht
920539		+++	-	+	+	----	+	+	-	+	+++	+++	----	nicht volumsgerecht
920540		+++	-	+	+	----	+	+	-	+	+++	+++	----	
920541		+++	-	+	+	----	+	+	-	+	+++	+++	----	
920845		+++	-	+	-	----	-	-	-	-	----	+++	+++	Schlacke
920847		+++	-	+	-	----	-	-	-	-	----	+++	+++	Schlacke
920849		+++	-	+	-	----	-	-	-	-	----	+++	----	Boden / Aushub
920850		+++	-	+	-	----	-	-	-	-	----	+++	----	Boden / Skelett
920851		+++	-	+	-	----	-	-	-	-	----	+++	----	Gestein
920852		+++	-	+	-	----	-	-	-	-	----	+++	----	Gestein
920853		+++	-	+	-	----	-	-	-	-	----	+++	----	Gestein
920858		+++	-	+	-	----	-	-	-	-	----	+++	----	Gestein

31 records selected.

LEGENDE:

- + ... Analytik von BVFA, vollständig
- (+) ... unvollständige Analytik (oder: pH-Wert von VA)
- ... keine Analytik

16. Jun. 1993

Prob_Nr	Pkt-Code	Horizont OE	von	bis	Anmerkung zu Probe	Anmerkung zu Lage
920501	920502	0Loh	1.00	0.00	nicht volumsgerecht	
920502	920502	Ah	0.00	-8.00	nicht volumsgerecht	
920503	920502	Bv	-8.00	-17.00		
920504	920502	I*	-17.00	-35.00		
920505	920502	II*	-35.00	-52.00		
920506	920502	III*	-52.00	-70.00		
920507	920502	CV	-70.00	-94.00		
920514	920515	OfOh	1.00	0.00	nicht volumsgerecht	
920515	920515	Ah	0.00	-6.00	nicht volumsgerecht	
920516	920515	Bv	-6.00	-20.00		
920517	920515	I*	-20.00	-26.00		
920518	920515	II*	-26.00	-46.00		
920525	920526	O	2.00	0.00	nicht volumsgerecht	
920526	920526	Ah	0.00	-4.00		
920527	920526	AP	-4.00	-8.00		
920528	920526	P	-8.00	-10.00		
920529	920526	I*	-10.00	-29.00		
920530	920526	B	-29.00	-44.00		
920531	920526	CV	-44.00	-68.00		
920538	920539	O	3.00	0.00	nicht volumsgerecht	
920539	920539	AP	0.00	-7.00	nicht volumsgerecht	
920540	920539	Bv	-7.00	-32.00		
920541	920539	BvCV	-32.00	-46.00		
920845	920845				Schlacke	
920847	920847				Schlacke	
920849	920849				Boden / Aushub	
920850	920850				Boden / Skelett	
920851	920851				Gestein	
920852	920852				Gestein	
920853	920853				Gestein	
920858	920858				Gestein	

16. Jun. 1993		Boden-, Gesteins- und Schlackenproben vom Kupferschmelzplatz Eisenerz / Ramsau															Teil 1	Seite	
Prob_Nr	Horizont OE	GEW_GESAMT	GEW_FRAKTION	TV105G	PH	AL_RFA	BA_RFA	CA_RFA	CL_RFA	CO_RFA	CR_RFA	CU_RFA	F_RFA	FE_RFA	GA_RFA	K_RFA	MG_RFA	MN_RFA	MO_RFA
920501	0LOh	789.3	543	4.01	3.9	3.49	422	.38	.022	15	63	561	-.05	3.02	21	1.39	.55	.124	1
920502	Ah	188.5	135.4	2.65	3.6	7.1	454	.23	.013	20	68	890	-.05	5.78	24	3.04	.84	.307	4
920503	Bv	144.2	98	2.11	5	7.88	3445	.23	.007	24	69	2470	-.05	6.52	20	3.32	.89	1.468	6
920504	I*	272.6	150.8	11.82	4.7	7.2	904	.26	.007	29	72	5163	-.05	8.59	19	3.4	.9	1.874	4
920505	III*	300.4	158.8	.91	5.3	9.56	651	.29	.007	23	64	2847	-.05	5.11	24	4.23	1.41	.543	1
920506	III*	310.9	189.5	.33	5.5	9.33	324	.12	.007	23	69	78	-.05	4.57	23	4.46	.89	.253	2
920507	CV	796.6	402.6	.43	5.2	8.11	289	.31	.008	20	67	152	-.05	4.8	24	4.72	1.85	.098	2
920514	OfOh	412.2	237.5	4.22	4.4	3.45	413	.74	.017	12	59	239	-.05	1.89	24	1.99	.83	.161	-1
920515	Ah	207.4	169.8	3.44	4.1	6.78	344	.38	.012	11	58	277	-.05	4.01	23	3.11	.97	.088	2
920516	Bv	181.7	148.9	1.8	6.6	7.59	388	2.21	.007	24	58	6847	-.05	5.01	16	3.18	1.14	.735	2
920517	I*	121	82.1	3.08	6.9	8.54	583	6.24	.009	28	52	21300	-.05	8.34	14	2.99	.86	1.378	5
920518	II*	507.5	237	.56	6.4	7	383	.25	.005	13	47	3232	-.05	4	17	3.33	1.17	.113	-1
920525	O	324.3	191.1	5.36	3.7	2.88	436	.4	.027	12	70	214	-.05	2.57	24	1.69	.39	.064	-1
920526	Ah	65	47	4.45	3.4	5.78	345	.3	.017	12	70	344	-.05	4.35	25	3.14	.78	.055	-1
920527	AP	103	75.5	3.37	3.7	8.05	299	.16	.009	12	72	339	-.05	4.62	28	3.51	.99	.033	1
920528	P	119.7	94.2	2.32	3.7	6.59	341	.14	.006	13	52	297	-.05	4.71	25	3.09	.94	.085	-1
920529	I*	406.9	232.4	1.57	3.9	9.85	357	.09	.006	19	65	736	-.05	4.43	20	3.72	1.01	.174	3
920530	B	264.4	148	1.48	4	8.43	351	.22	.008	15	65	397	-.05	4.26	22	3.21	.96	.169	3
920531	CV	455.1	259.6	1.34	4.2	9.54	475	.15	.005	26	66	1042	-.05	5.99	24	3.63	.87	.34	2
920538	O	126.3	87.1	5.51	3.7	1.99	260	.54	.02	10	47	20	-.05	1.56	17	2.11	.53	.075	-1
920539	AP	150.7	98.6	3.25	3.5	7.21	241	.16	.012	12	65	23	-.05	3.2	27	3.29	.95	.045	2
920540	Bv	291.6	151.4	1.69	4	9.87	301	.04	.007	16	67	58	-.05	4.6	22	4.07	1.2	.129	2
920541	BvCv	498.6	136.6	.97	4.6	9.23	301	.05	.005	20	61	41	-.05	10	18	4.45	1.39	.577	3
920845		84.6					166	7.62	.005	37	10	21300	-.05	23.47	-10	.99	.87	.309	3
920847		49.1					286	.2	.01	20	56	1441	-.05	8.23	22	3.73	1.1	.123	4
920849		116.6					270	.33	.008	13	64	418	-.05	3.16	21	3.78	.55	.04	-1
920850		79.7					384	.24	.008	13	65	371	-.05	3.72	21	3.61	1.63	.029	-1
920851		123.6					348	.23	-.005	10	58	456	-.05	3.28	17	3.2	.56	.015	-1
920852		112.1					506	.34	.006	7	98	16	-.05	3.23	34	4.42	.5	.013	-1
920853		42.3					699	.29	.005	12	82	430	-.05	3.71	24	3.4	.8	.052	-1
920858		597.1					367	.26	.005	9	87	-10	-.05	3.69	27	3.76	.53	.029	-1

Prob_Nr	Horizont OE	NA_RFA	NB_RFA	NI_RFA	P_RFA	PB_RFA	RB_RFA	SI_RFA	SR_RFA	TH_RFA	TI_RFA	U_RFA	V_RFA	W_RFA	Y_RFA	ZN_RFA	ZR_RFA
920501	OlOh	.17	19	28	.193	129	135	16.5	50	.449	128	21	90	170			
920502	Ah	.2	20	36	.139	118	136	24.6	55	.563	141	26	85	176			
920503	Bv	.17	18	62	.143	89	129	22.8	144	.552	159	30	158	219			
920504	I*	.2	15	103	.155	57	127	23.9	61	.548	228	51	214	163			
920505	II*	.25	19	79	.092	37	154	25.2	60	.521	129	34	107	165			
920506	III*	.19	18	41	.093	15	148	26.7	57	.506	112	29	28	147			
920507	Cv	.29	19	51	.094	20	163	24.2	58	.523	103	35	48	152			
920514	OfOh	.18	20	21	.242	102	134	16.8	53	.419	115	22	84	174			
920515	Ah	.23	22	23	.206	97	130	23.8	53	.484	108	30	53	188			
920516	Bv	.19	14	79	.309	38	122	23.9	52	.489	131	41	150	176			
920517	I*	.35	-10	202	.844	46	97	17.6	92	.411	164	60	240	131			
920518	II*	.26	15	51	.098	20	125	23.56	54	.438	108	43	72	180			
920525	O	.16	21	19	.282	160	143	15.3	48	.411	132	14	77	135			
920526	Ah	.2	20	19	.206	118	136	21.2	29	.512	135	20	50	138			
920527	AP	.21	24	19	.156	87	154	24.6	55	.575	131	26	31	165			
920528	P	.19	15	20	.077	50	124	22.6	51	.46	123	38	30	163			
920529	I*	.25	18	30	.094	31	154	26.8	56	.541	119	31	38	177			
920530	B	.28	24	26	.075	28	152	28	57	.582	126	36	177	177			
920531	Cv	.21	21	31	.129	28	159	26.2	59	.571	125	26	37	159			
920538	O	.13	15	18	.176	97	84	10.9	43	.322	104	21	74	131			
920539	AP	.2	22	17	.143	72	115	23.2	54	.544	118	30	44	180			
920540	Bv	.2	22	23	.093	33	164	26	59	.554	116	26	40	167			
920541	BvCv	.21	21	45	.116	18	167	23.2	66	.483	110	-10	52	135			
920845		.26	-10	39	.149	-10	51	12	192	.132	40	12	53	81			
920847		.19	21	26	.299	26	170	23.72	66	.524	110	17	52	175			
920849		.23	18	31	.059	17	144	28.6	47	.514	97	22	12	170			
920850		.32	17	29	.091	19	162	26.3	68	.494	98	28	23	170			
920851		-.05	17	25	.065	13	151	29.2	44	.57	104	33	11	166			
920852		-.18	21	19	.033	20	242	26.1	48	.64	154	17	11	91			
920853		.68	21	42	.045	15	151	27.1	65	.607	211	28	77	151			
920858		.26	19	47	.074	11	215	25.5	58	.656	140	27	12	121			



Horizont	Horizont	C_AOR_SONDER	C_ORG_SONDER	C_GES_GC	N_GC	S_GC	HUMUS_SONDER	CACO3	AS_SONDER	HG_SONDER	TE_AS	SB_SONDER	SE_SONDER	TL_SONDER	H_SONDER	AL3M_ICPSB	CA2M_ICPSB
OE	OE																
920501	OLoh									97.11	2.66	-3				88.4	20.9
920502	Ah								103.03	3.5	-3					7.4	44.3
920503	Bv								147.16	2.67	-3					2.7	13.8
920504	I*								76.19	.94	-3					.4	68.5
920505	II*								29.17	.85	-3					1	28.2
920506	III*								22.65	.41	-3					1.3	39.7
920507	Cv																
920514	OfOh																
920515	Ah								36.38	1.03	.5					24.9	92.9
920516	Bv								102.61	3.02	-3					147.3	147.3
920517	I*								148.54	3.25	-3					211.9	211.9
920518	II*								133.04	.86	-3					1.5	30.5
920525	O																
920526	Ah								36.46	.99	.6					79.3	72
920527	AP								34.69	1.92	-3					124.1	23.4
920528	P								37.32	1.67	-3					84.4	8.8
920529	I*								39	.79	-3					67.5	6.8
920530	B								51.75	.67	-3					49.1	3.3
920531	Cv								109.45	.86	-3					30.4	8.8
920538	O																
920539	AP								24.66	.72	-3					130.9	24.2
920540	Bv								19.52	.5	-3					52.8	2.6
920541	BvCv								32.28	.41	-3					8.9	2.3
920845									76.5	.05	-3					57.1	-2
920847									87	37.8	-3					38.1	.3
920849									19.6	3.71	-3					-2	
920850									43.4	1.83	-3					.4	
920851									12.4	.45	-3						
920852									4.4	.07	-3						
920853									77.2	.14	-3						
920858									1.6	.11	-3						



## Geochemische Untersuchungstechnik

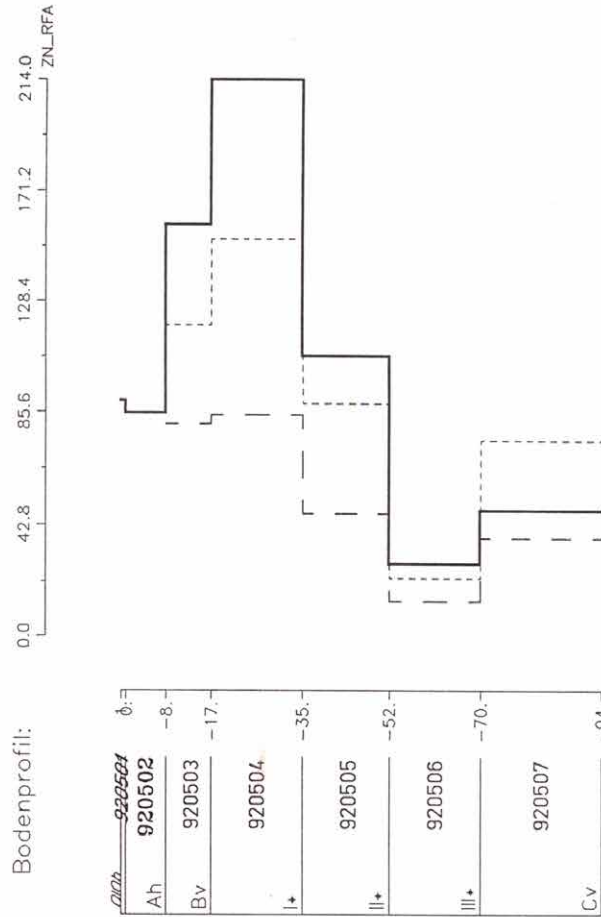
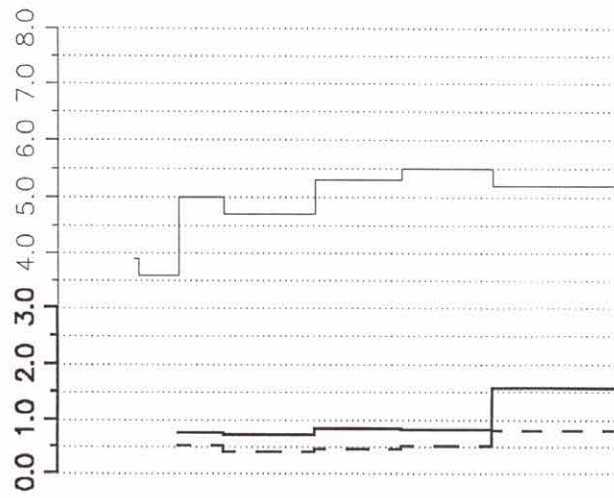
920502 – Zn-RFA ppm

Vergleich Massenbezug (mg/kg) zu Volumsbezug (mg/l)

— ZN\_RFA Massebezug  
 - - - ZN\_RFA Volumsbezug fein  
 ····· ZN\_RFA Volumsbezug gesamt

— Lagerungsdichte ges.  
 - - - Lagerungsdichte < 2mm  
 — pH

Lagerungsdichte und pH



Bodenprofil:

Horizont	tiefe
Ah	0.-8.-
Bv	8.-17.-
I*	17.-35.-
II*	35.-52.-
III*	52.-70.-
Cv	70.-94.-

GEOTECHNIK-Hbr 18-MAY-93 19:02:13 Eisenerz-Ramsau

# Geochemische Untersuchungstechnik

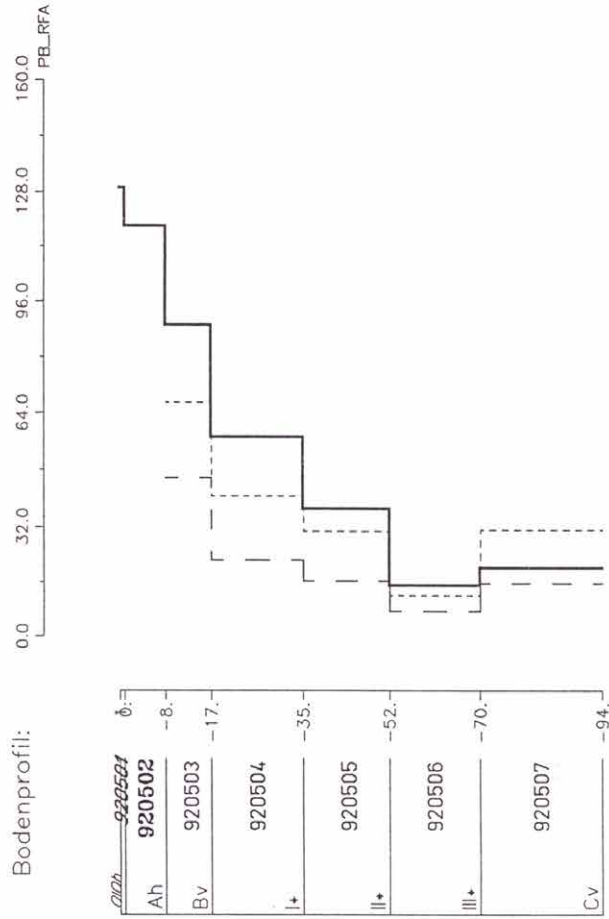
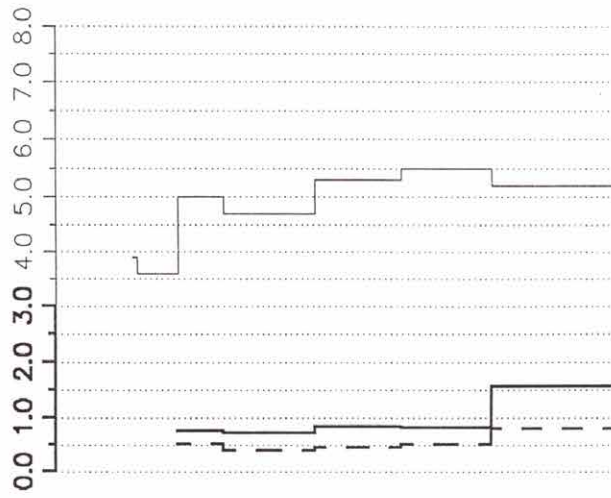
## 920502 – Pb-RFA ppm

Vergleich Massenbezug (mg/kg) zu Volumsbezug (mg/l)

- Lagerungsdichte ges.
- - Lagerungsdichte < 2mm
- pH

- PB\_RFA Massebezug
- - PB\_RFA Volumsbezug fein
- · · · · PB\_RFA Volumsbezug gesamt

Lagerungsdichte und pH



GEOTECHNIK-Her 18-MAY-93 18:27:19 Eisenert-Romsou

# Geochemische Untersuchungstechnik

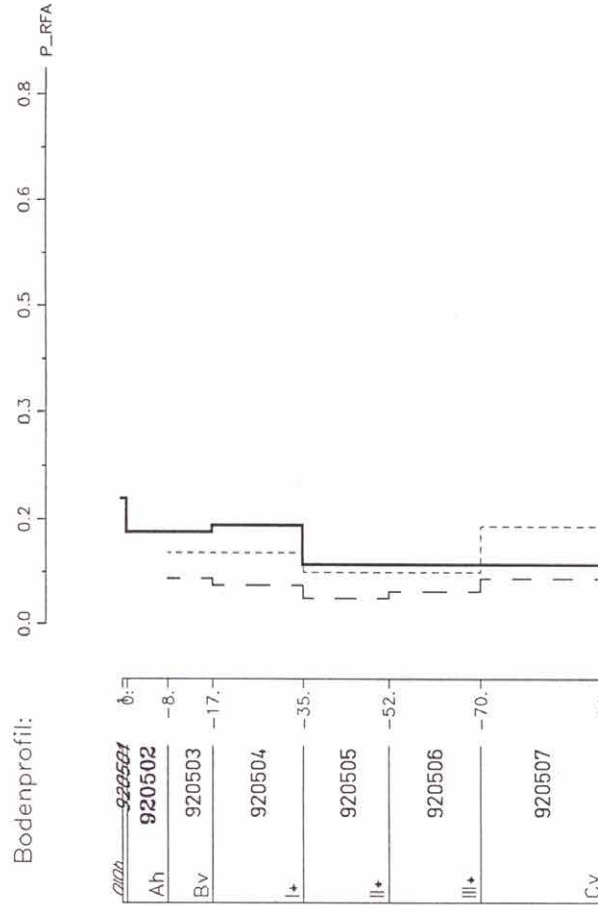
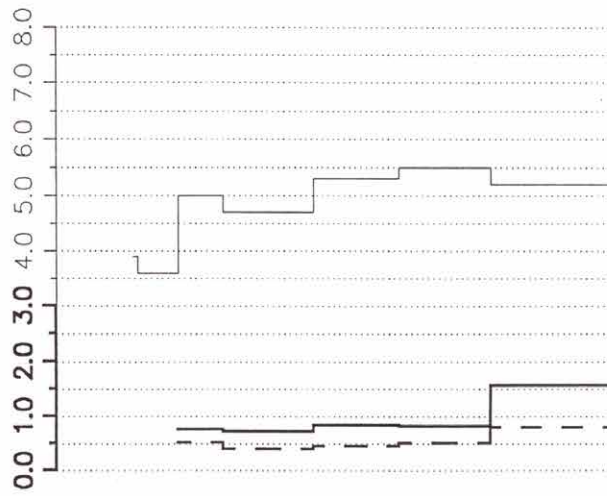
## 920502 – P-RFA ppm

Vergleich Massenbezug (mg/kg) zu Volumsbezug (mg/l)

— Lagerungsdichte ges.  
 - - Lagerungsdichte < 2mm  
 — pH

— P\_RFA Massebezug  
 - - P\_RFA Volumsbezug fein  
 ····· P\_RFA Volumsbezug gesamt

Lagerungsdichte und pH



Bodenprofil:

Horizont	0:
Ah	920502 -8.
Bv	920503 -17.
I+	920504 -35.
II+	920505 -52.
III+	920506 -70.
C.v	920507 -94.

# Geochemische Untersuchungstechnik

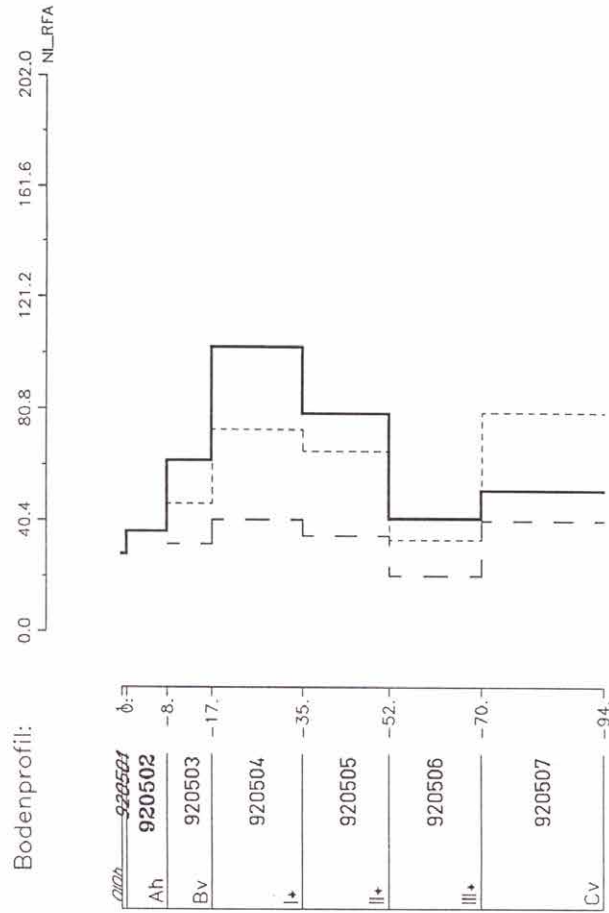
## 920502 – Ni-RFA ppm

Vergleich Massenbezug (mg/kg) zu Volumsbezug (mg/l)

— Lagerungsdichte ges.  
 - - Lagerungsdichte < 2mm  
 — pH

— Ni\_RFA Massebezug  
 - - Ni\_RFA Volumsbezug fein  
 - - - Ni\_RFA Volumsbezug gesamt

### Lagerungsdichte und pH



Bodenprofil:

Horizont	tiefe (cm)	Moist	920502	0:
Ah	920502	-8.		
Bv	920503	-17.		
I+	920504	-35.		
II+	920505	-52.		
III+	920506	-70.		
Cv	920507	-94.		

# Geochemische Untersuchungstechnik

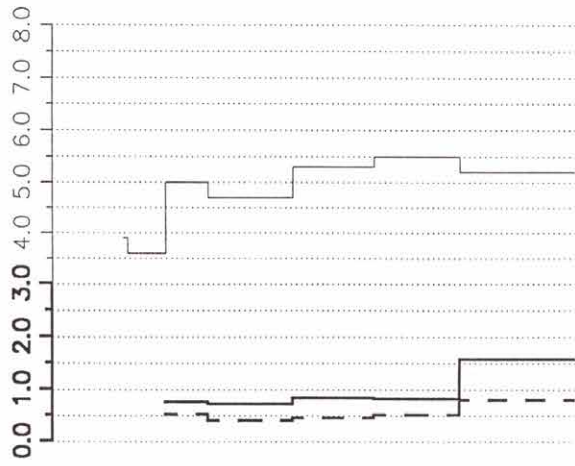
## 920502 – K-RFA ppm

— Lagerungsdichte ges.  
 - - - Lagerungsdichte < 2mm  
 — pH

— K\_RFA Massebezug  
 - - - K\_RFA Volumsbezug fein  
 - - - - K\_RFA Volumsbezug gesamt

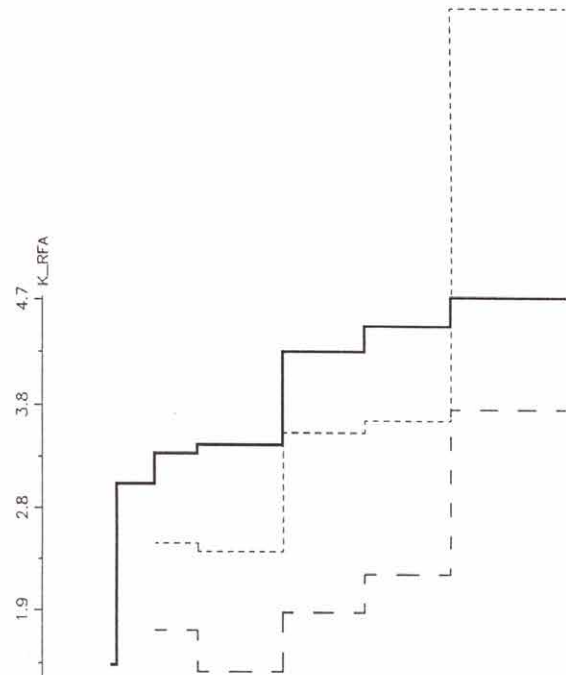
Vergleich Massenbezug (mg/kg) zu Volumsbezug (mg/l)

### Lagerungsdichte und pH



Bodenprofil: 0.0 0.9 1.9 2.8 3.8 4.7 K\_RFA

Horizont	0.0	0.8	1.7	3.5	5.2	7.0	9.4
920501							
Ah							
Bv							
920504							
I+							
920505							
II+							
920506							
III+							
920507							
Cv							



GEDTECHN-18r 18-MAY-93 17:55:30 Eisenerz-Flamsau

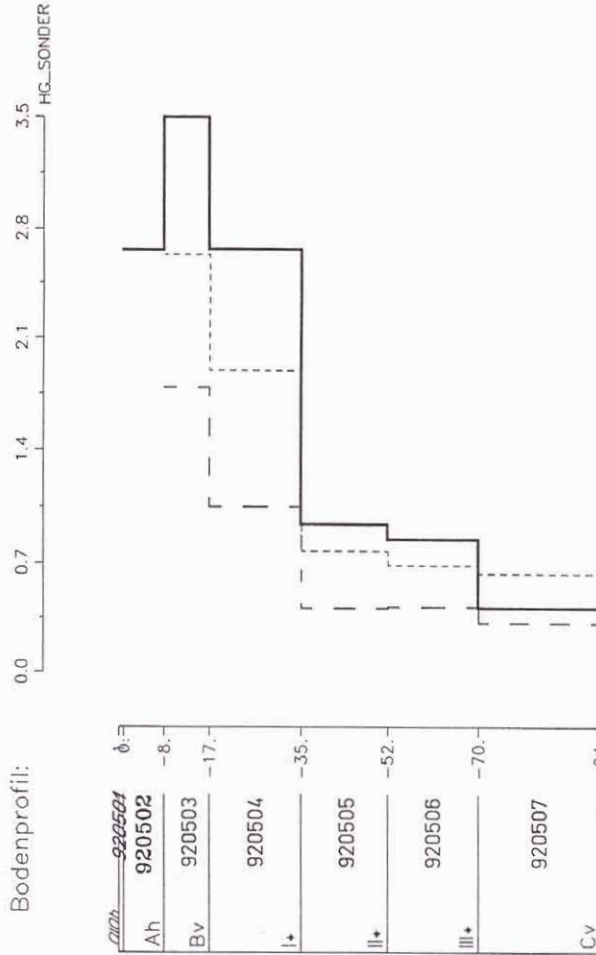
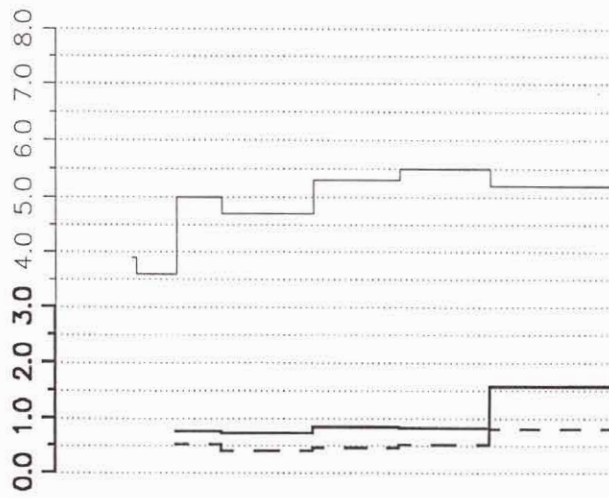
# Geochemische Untersuchungstechnik 920502 – Hg-Sonder

— Lagerungsdichte ges.  
 - - Lagerungsdichte < 2mm  
 — pH

— HG\_SONDER Massebezug  
 - - HG\_SONDER Volumsbezug fein  
 - - - - HG\_SONDER Volumsbezug gesamt

Vergleich Massenbezug (mg/kg) zu Volumsbezug (mg/l)

## Lagerungsdichte und pH



Horizont	920501	920502	920503	920504	920505	920506	920507
Ah		-8.					
Bv			-17.				
I*				-35.			
II*					-52.		
III*						-70.	
Cv							-94.

GEOTECHNIK-Ibr 18-MAY-93 17:39:40 Eisenerz-Romanau



# Geochemische Untersuchungstechnik

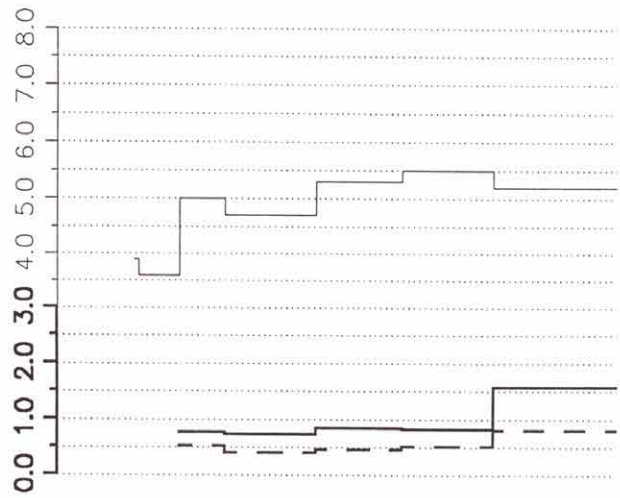
## 920502 – Fe-RFA ppm

Vergleich Massenbezug (mg/kg) zu Volumsbezug (mg/l)

— FE\_RFA Massebezug  
 - - FE\_RFA Volumsbezug fein  
 ····· FE\_RFA Volumsbezug gesamt

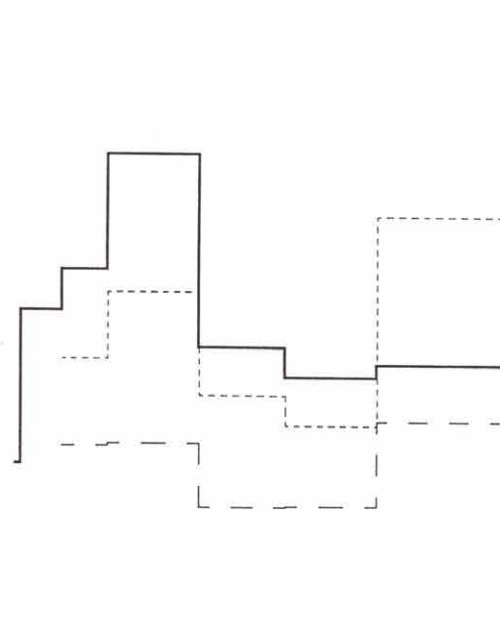
— Lagerungsdichte ges.  
 - - Lagerungsdichte < 2mm  
 — pH

Lagerungsdichte und pH



Bodenprofil: 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 FE\_RFA

Horizont	920502	920503	920504	920505	920506	920507
Ah	-8.					
Bv	-17.					
I+			-35.			
II+				-52.		
III+					-70.	
Cv						-94.



GEOTECHNIK-Ibr 18-MAY-93 17:48:22 Eisenerz-Ramsau

## Geochemische Untersuchungstechnik

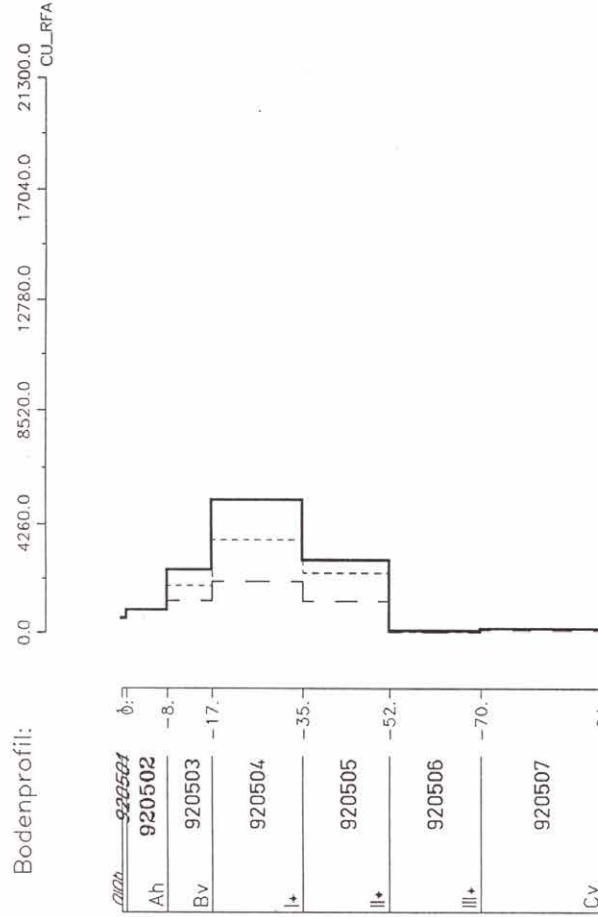
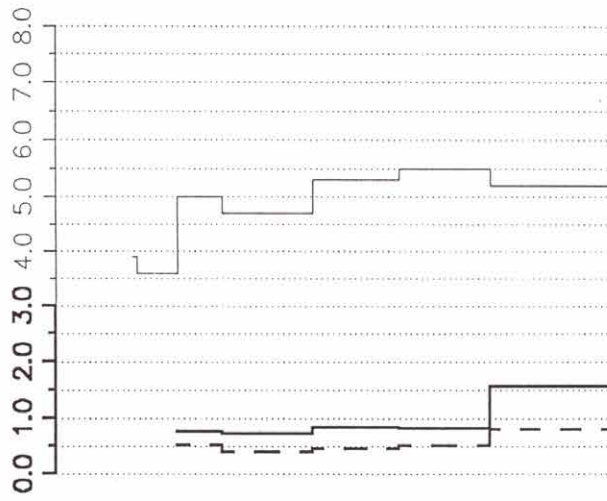
### 920502 – Cu-RFA ppm

— Lagerungsdichte ges.  
 - - Lagerungsdichte < 2mm  
 — pH

— CU\_RFA Massebezug  
 - - CU\_RFA Volumsbezug fein  
 ····· CU\_RFA Volumsbezug gesamt

Vergleich Massenbezug (mg/kg) zu Volumsbezug (mg/l)

#### Lagerungsdichte und pH



# Geochemische Untersuchungstechnik

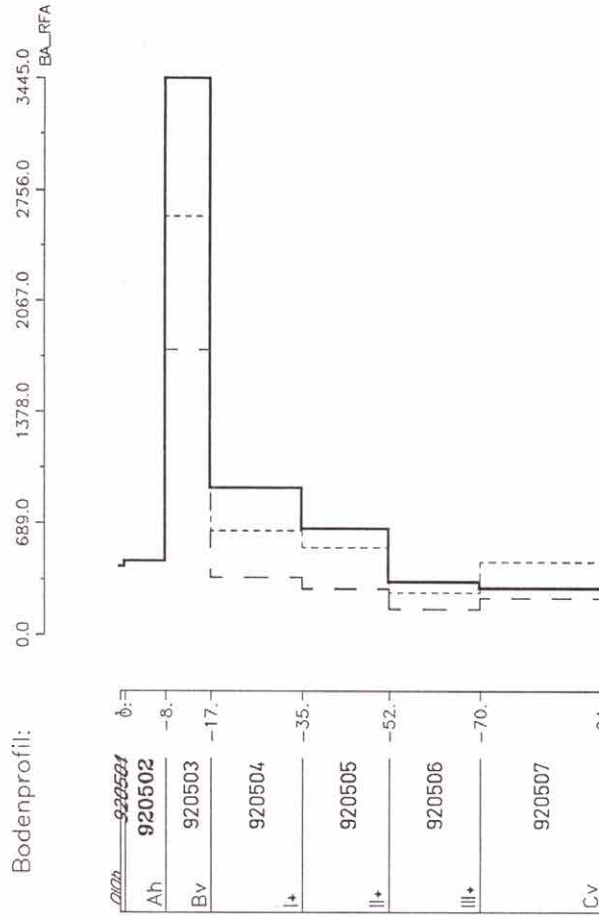
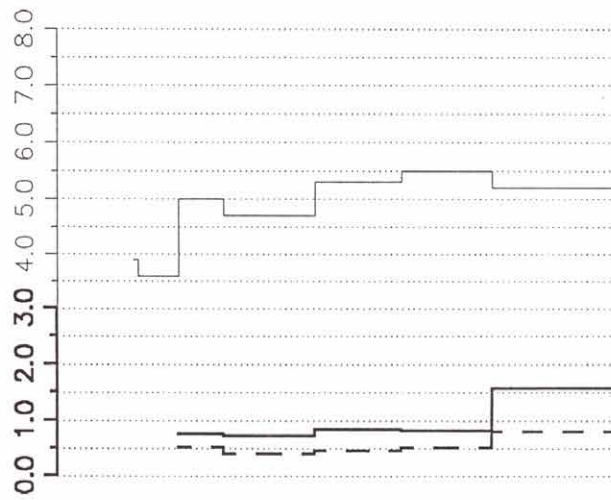
## 920502 – Ba-RFA ppm

Vergleich Massenbezug (mg/kg) zu Volumsbezug (mg/l)

— BA\_RFA Massebezug  
 - - BA\_RFA Volumsbezug fein  
 - - - BA\_RFA Volumsbezug gesamt

— Lagerungsdichte ges.  
 - - Lagerungsdichte < 2mm  
 — pH

### Lagerungsdichte und pH



GEOTECHNIK-1br. 18-MAY-03 18.11.05 Eisenetz-Ramsau

Bodengeochemie Eisenerzer Ramsau

Beilage 4/2

Probenpunkt 920515

pH- und Elementverteilungen innerhalb des Bodenprofils

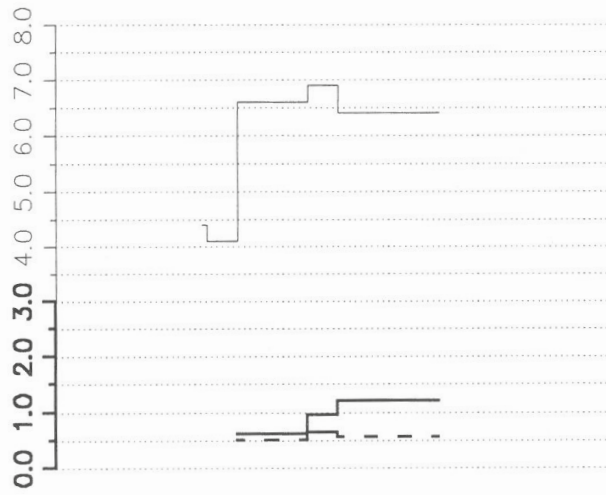
# Geochemische Untersuchungstechnik 920515 – Ba-RFA

— Lagerungsdichte ges.  
- - Lagerungsdichte < 2mm  
— pH

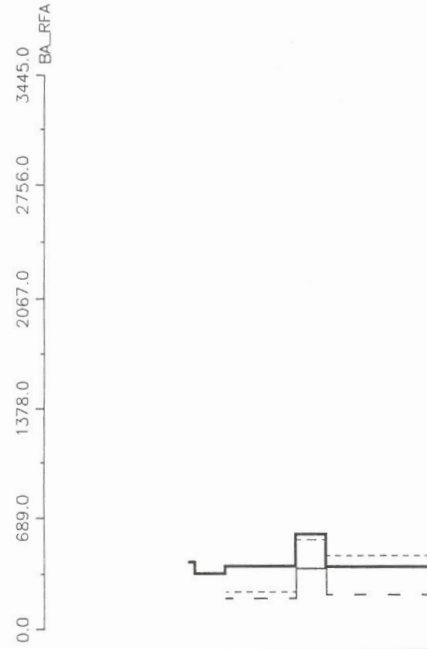
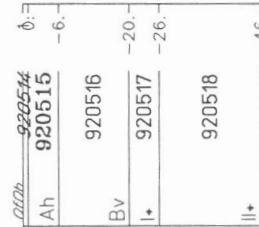
— BA\_RFA Massebezug  
- - BA\_RFA Volumsbezug fein  
- - - - BA\_RFA Volumsbezug gesamt

Vergleich Massenbezug (mg/kg) zu Volumsbezug (mg/l)

## Lagerungsdichte und pH



Bodenprofil:



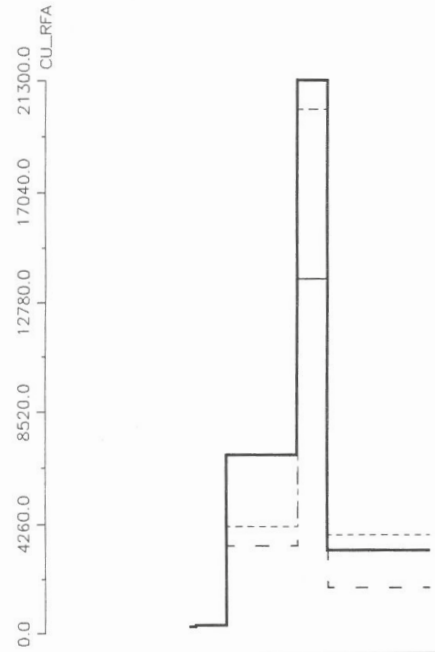
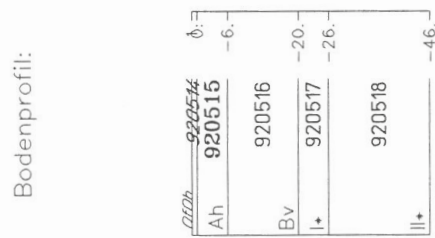
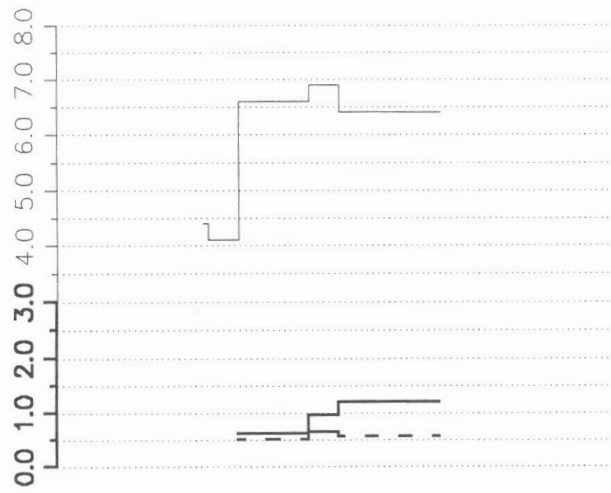
## Geochemische Untersuchungstechnik 920515 – Cu-RFA

— Lagerungsdichte ges.  
 - - Lagerungsdichte < 2mm  
 — pH

— CU\_RFA Massebezug  
 - - CU\_RFA Volumsbezug fein  
 - - - - CU\_RFA Volumsbezug gesamt

Vergleich Massenbezug(mg/kg) zu Volumsbezug(mg/l)

**Lagerungsdichte und pH**



## Geochemische Untersuchungstechnik 920515 – Fe-RFA ppm

Vergleich Massenbezug (mg/kg) zu Volumsbezug (mg/l)

— Lagerungsdichte ges

— Lagerungsdichte < 2mm

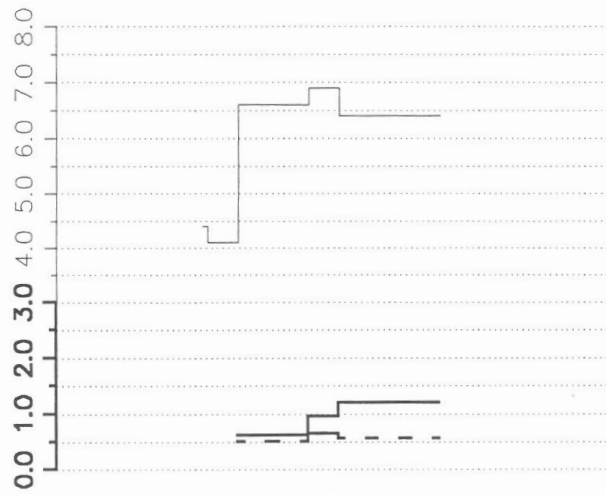
— pH

— FE\_RFA Massebezug

— FE\_RFA Volumsbezug fein

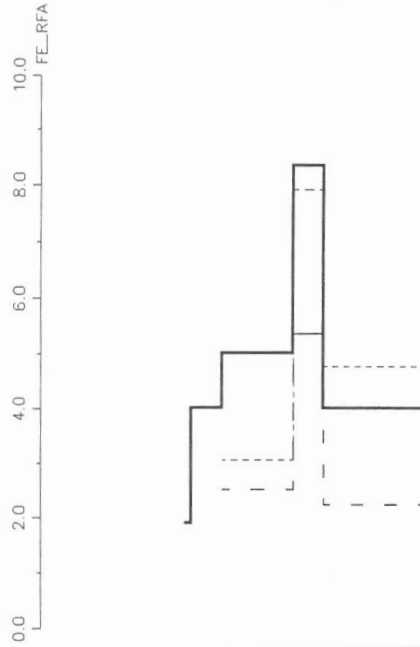
— FE\_RFA Volumsbezug gesamt

### Lagerungsdichte und pH



### Bodenprofil:

Horizont	Tiefe (m)	Ø (m)
Ah	0.0 - 0.6	0.0 - 0.6
Bv	0.6 - 2.0	0.6 - 2.0
I+	2.0 - 2.6	2.0 - 2.6
II+	2.6 - 4.6	2.6 - 4.6



# Geochemische Untersuchungstechnik

## 920515 – Hg-SONDER

— Lagerungsdichte ges.  
 - - - Lagerungsdichte < 2mm  
 — pH

— HG\_SONDER Massebezug  
 - - - HG\_SONDER Volumsbezug fein  
 ····· HG\_SONDER Volumsbezug gesamt

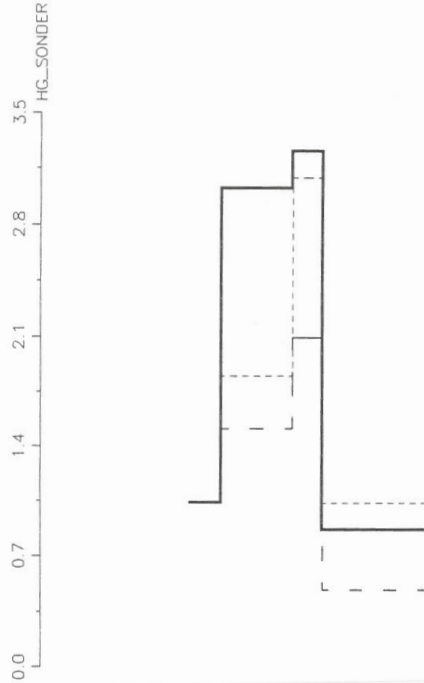
Vergleich Massenbezug(mg/kg) zu Volumsbezug(mg/l)

### Lagerungsdichte und pH



### Bodenprofil:

Dzsch 920515		φ: -6
Ah	920515	
		-20
Bv	920516	
I+	920517	-26
II+	920518	-46





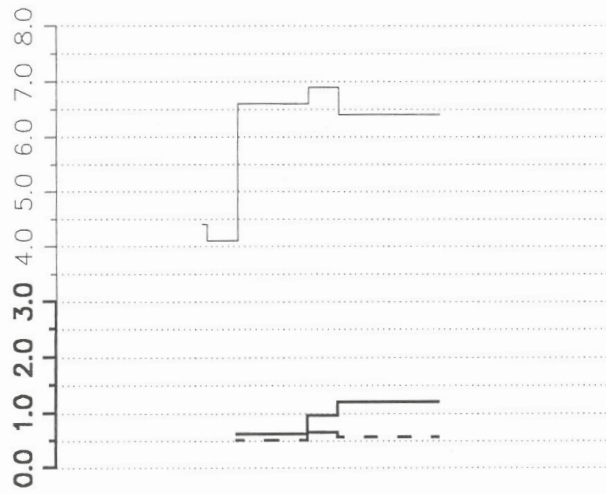
## Geochemische Untersuchungstechnik 920515 – K-RFA

— Lagerungsdichte ges.  
 - - Lagerungsdichte < 2mm  
 — pH

— K\_RFA Massebezug  
 - - K\_RFA Volumsbezug fein  
 - - - K\_RFA Volumsbezug gesamt

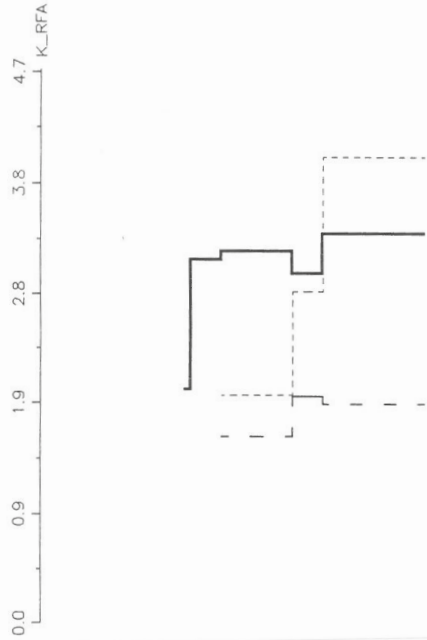
Vergleich Massenbezug (mg/kg) zu Volumsbezug (mg/l)

### Lagerungsdichte und pH



### Bodenprofil:

Horizont	tiefe
Ah	0 - 6
Bv	6 - 20
I+	20 - 26
II+	26 - 46



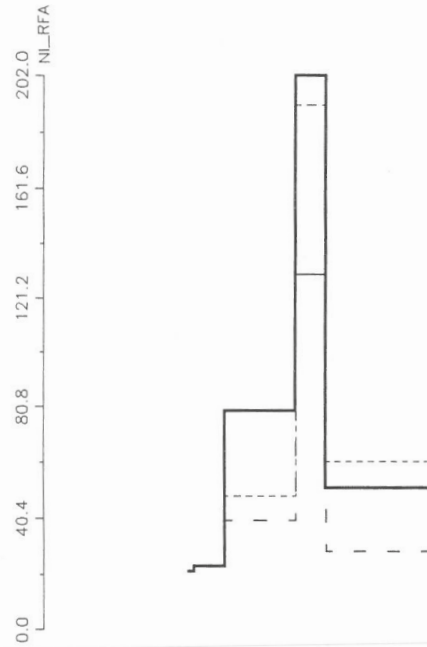
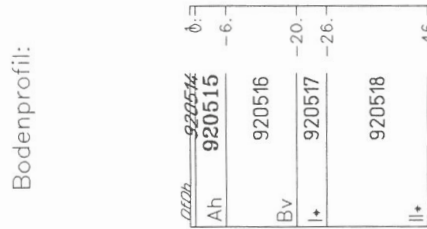
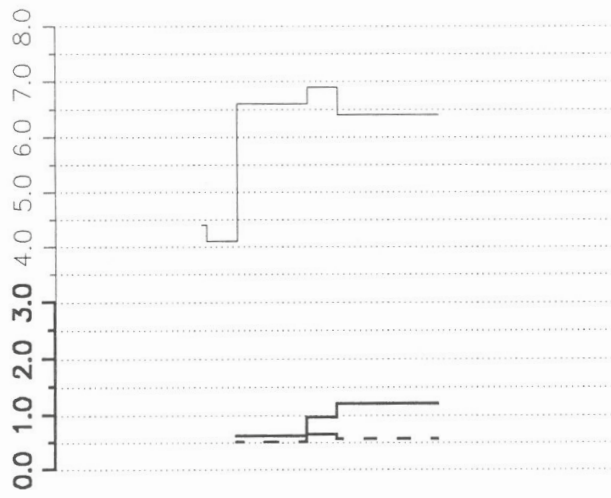
# Geochemische Untersuchungstechnik 920515 – Ni-RFA ppm

— Lagerungsdichte ges.  
 - - Lagerungsdichte < 2mm  
 — pH

— NI\_RFA Massebezug  
 - - NI\_RFA Volumsbezug fein  
 - - - NI\_RFA Volumsbezug gesamt

Vergleich Massenbezug (mg/kg) zu Volumsbezug (mg/l)

## Lagerungsdichte und pH



## Geochemische Untersuchungstechnik 920515 – P-RFA ppm

— P-RFA Massebezug  
 - - P-RFA Volumsbezug fein  
 - - - P-RFA Volumsbezug gesamt

Vergleich Massenbezug (mg/kg) zu Volumsbezug (mg/l)

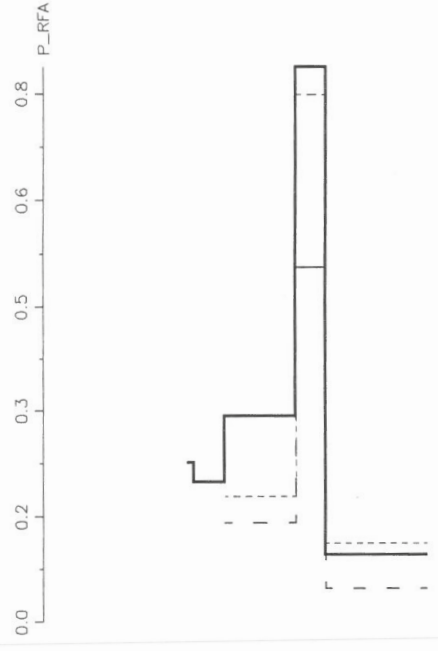
— Lagerungsdichte ges.  
 - - Lagerungsdichte < 2mm  
 — pH

### Lagerungsdichte und pH



Bodenprofil:

920514	φ:
Ah	-6.-
Bv	-20.-
I+	-26.-
II+	-46.-



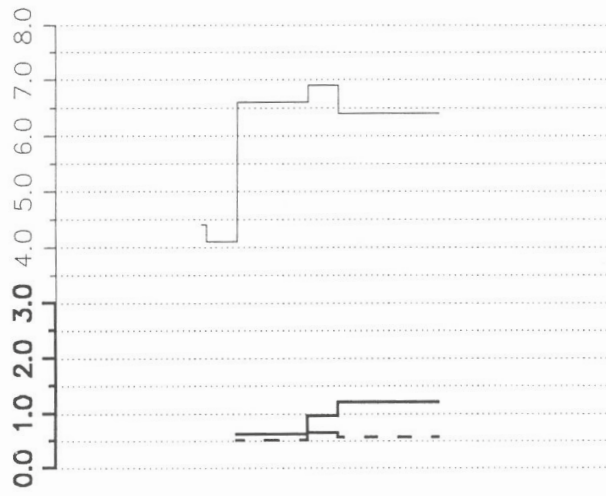
## Geochemische Untersuchungstechnik 920515 – Pb-RFA ppm

— Lagerungsdichte ges.  
 - - Lagerungsdichte < 2mm  
 — pH

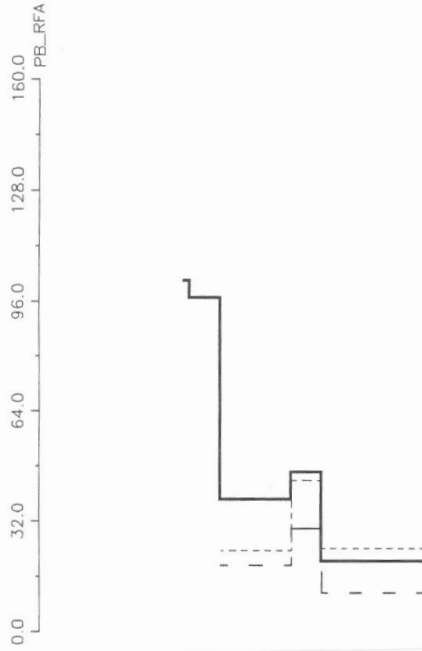
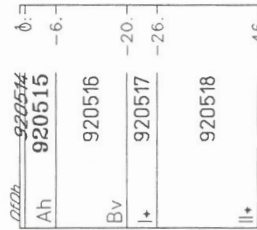
— PB\_RFA Massebezug  
 - - PB\_RFA Volumsbezug fein  
 - - - - PB\_RFA Volumsbezug gesamt

Vergleich Massenbezug (mg/kg) zu Volumsbezug (mg/l)

### Lagerungsdichte und pH



### Bodenprofil:



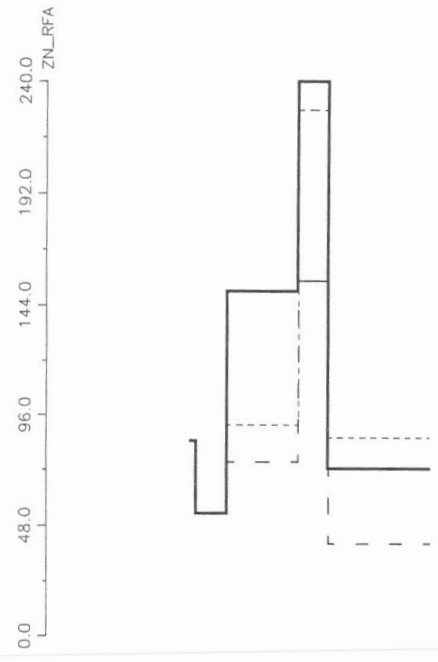
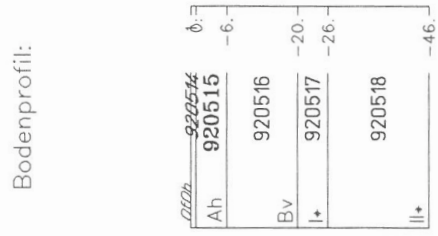
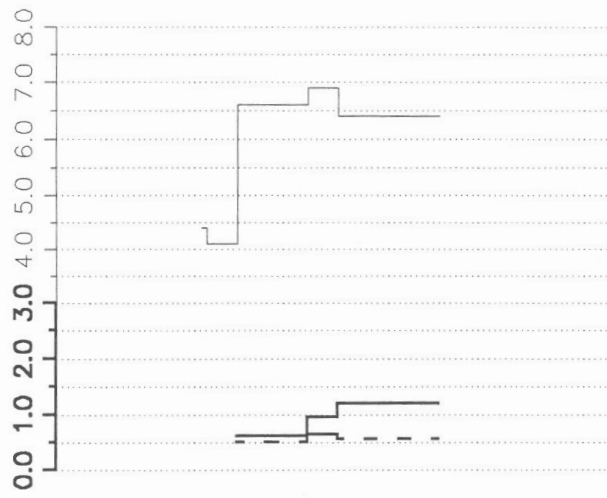
## Geochemische Untersuchungstechnik 920515 – Zn – RFA ppm

Vergleich Massenbezug (mg/kg) zu Volumsbezug (mg/l)

— Lagerungsdichte ges  
 - - - Lagerungsdichte < 2mm  
 — pH

— ZN\_RFA Massebezug  
 - - - ZN\_RFA Volumsbezug fein  
 - - - - - ZN\_RFA Volumsbezug gesamt

### Lagerungsdichte und pH



Bodengeochemie Eisenerzer Ramsau

Beilage 4/3

Probenpunkt 920526

pH- und Elementverteilungen innerhalb des Bodenprofiles

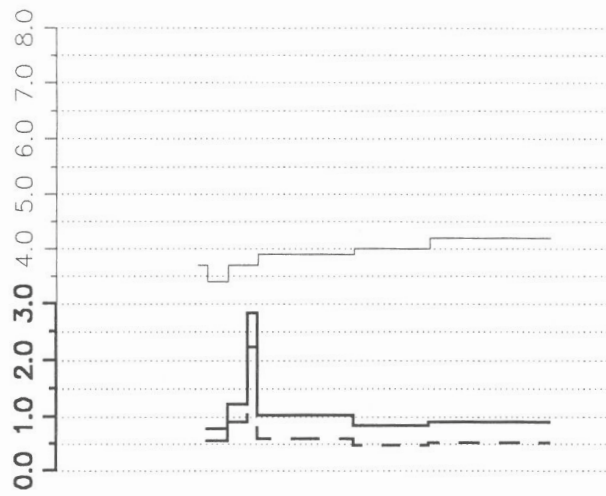
## Geochemische Untersuchungstechnik 920526 – Ba-RFA ppm

— BA\_RFA Massebezug  
 - - BA\_RFA Volumsbezug fein  
 - - - - BA\_RFA Volumsbezug gesamt

Vergleich Massenbezug (mg/kg) zu Volumsbezug (mg/l)

— Lagerungsdichte ges.  
 - - Lagerungsdichte < 2mm  
 — pH

### Lagerungsdichte und pH



### Bodenprofil:

0	920526	0
Ah	920526	-4
AP	920526	-18
I*	920529	-29
B	920530	-44
Cv	920531	-68



# Geochemische Untersuchungstechnik

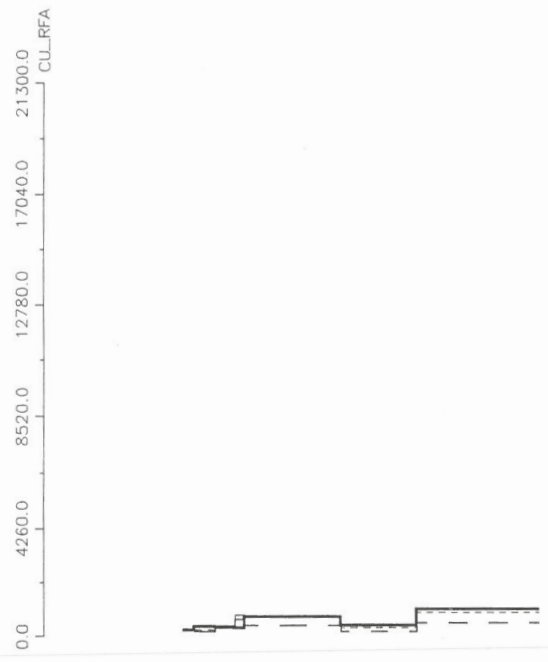
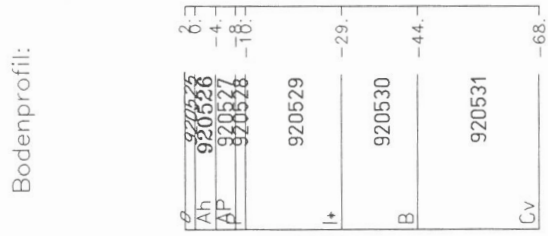
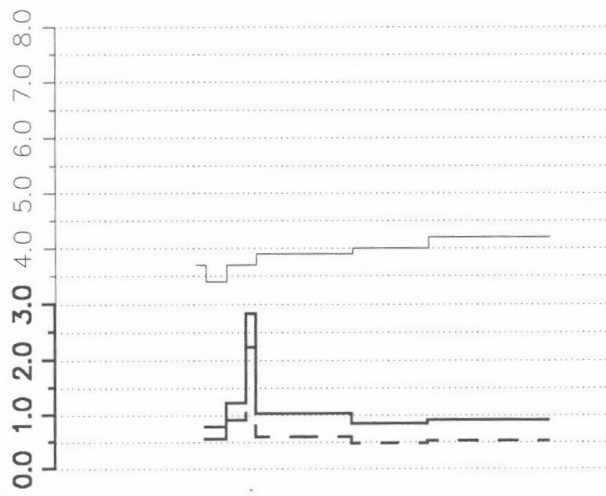
## 920526 – Cu-RFA ppm

Vergleich Massenbezug(mg/kg) zu Volumsbezug(mg/l)

— Lagerungsdichte ges.  
 - - - Lagerungsdichte < 2mm  
 — pH

— CU\_RFA Massebezug  
 - - - CU\_RFA Volumsbezug fein  
 - - - - - CU\_RFA Volumsbezug gesamt

### Lagerungsdichte und pH





# Geochemische Untersuchungstechnik

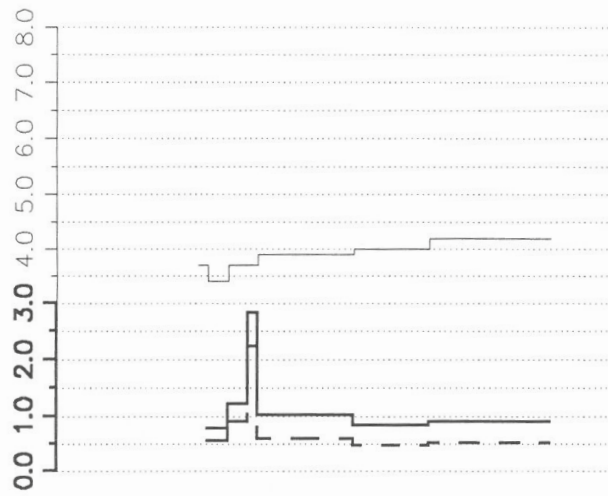
## 920526 – Fe-RFA ppm

Vergleich Massenbezug (mg/kg) zu Volumsbezug (mg/l)

— Lagerungsdichte ges.  
 - - Lagerungsdichte < 2mm  
 — pH

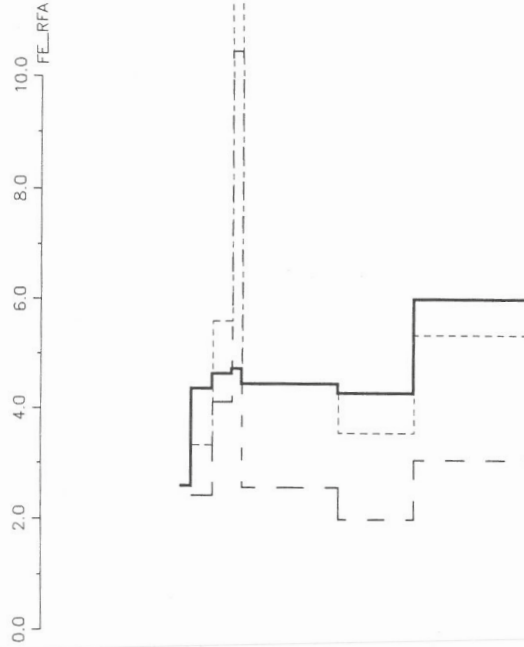
— FE\_RFA Massebezug  
 - - FE\_RFA Volumsbezug fein  
 - - - - FE\_RFA Volumsbezug gesamt

### Lagerungsdichte und pH



Bodenprofil:

0	920526	0
Ah	920526	-4
Ap	920527	-18
	920528	
I*	920529	-29
B	920530	-44
Cv	920531	-68



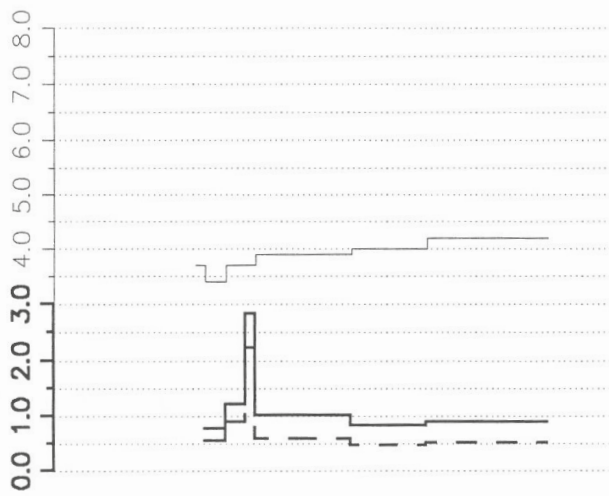
## Geochemische Untersuchungstechnik 920526 – Hg-SONDER

— Lagerungsdichte ges.  
 - - - Lagerungsdichte < 2mm  
 — pH

— HG-SONDER Massebezug  
 - - - HG-SONDER Volumsbezug fein  
 ····· HG-SONDER Volumsbezug gesamt

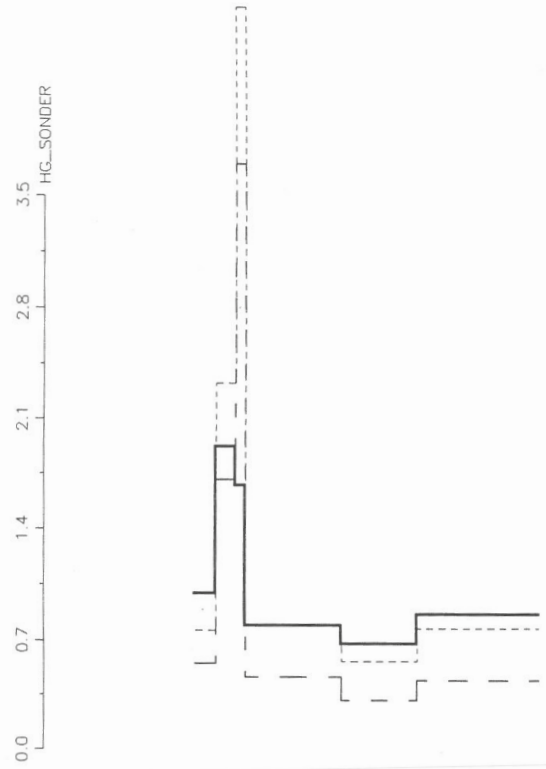
Vergleich Massenbezug(mg/kg) zu Volumsbezug(mg/l)

### Lagerungsdichte und pH



Bodenprofil:

pH	920526	δ <sub>1</sub>	2.0
Ah	920526	-4	-4
AP	920527	-18	-18
I*	920529	-29	-29
B	920530	-44	-44
Cv	920531	-68	-68



### Geochemische Untersuchungstechnik

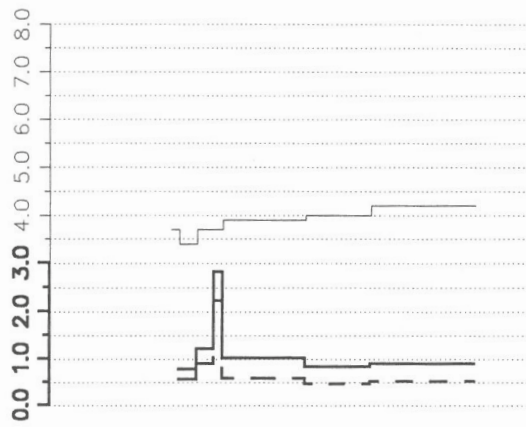
920526 – K-RFA ppm

Vergleich Massenbezug (mg/kg) zu Volumsbezug (mg/l)

- Lagerungsdichte ges.
- - Lagerungsdichte < 2mm
- pH

- K\_RFA Massebezug
- - K\_RFA Volumsbezug fein
- - - K\_RFA Volumsbezug gesamt

Lagerungsdichte und pH



0	0
Ah	0-4
AP	4-18
920529	18-29
920530	29-44
920531	44-68
Cv	68-

GEOTECHNIK-IBZ 18-MAY-93 17:55:30 Eisenz-Ramsau

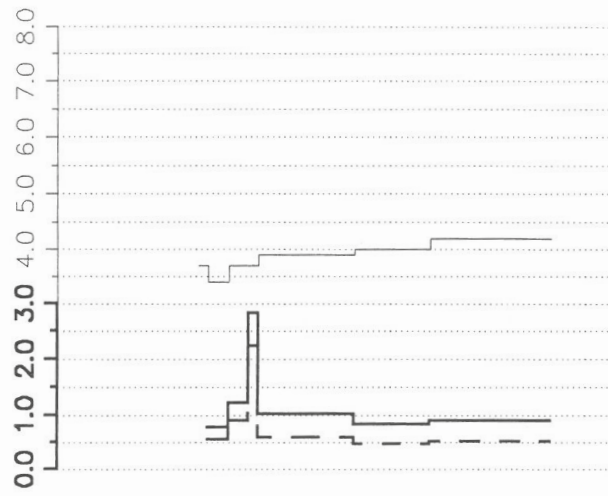
## Geochemische Untersuchungstechnik 920526 – Ni-RFA ppm

Vergleich Massenbezug (mg/kg) zu Volumsbezug (mg/l)

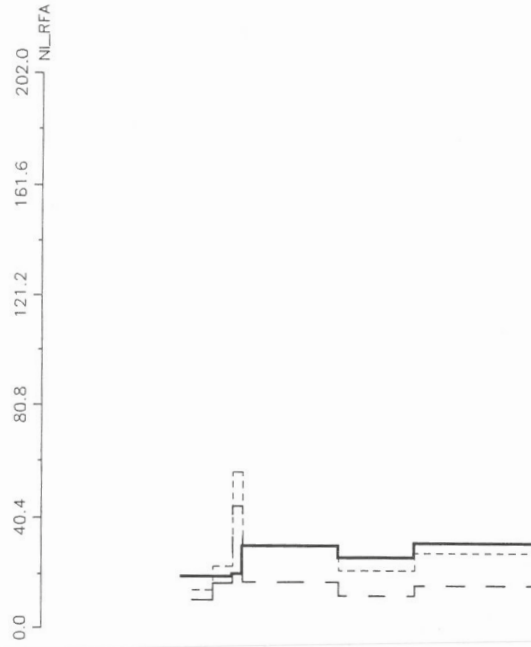
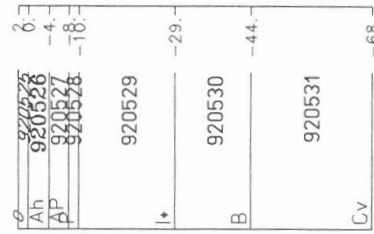
— Lagerungsdichte ges.  
- - Lagerungsdichte < 2mm  
— pH

— Ni\_RFA Massebezug  
- - Ni\_RFA Volumsbezug fein  
- - - - Ni\_RFA Volumsbezug gesamt

### Lagerungsdichte und pH



### Bodenprofil:



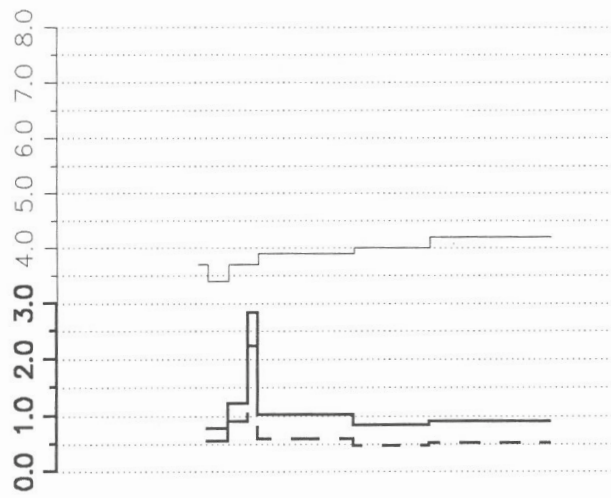
## Geochemische Untersuchungstechnik 920526 - P-RFA ppm

— Lagerungsdichte ges.  
 - - Lagerungsdichte < 2mm  
 — pH

Vergleich Massenbezug (mg/kg) zu Volumsbezug (mg/l)

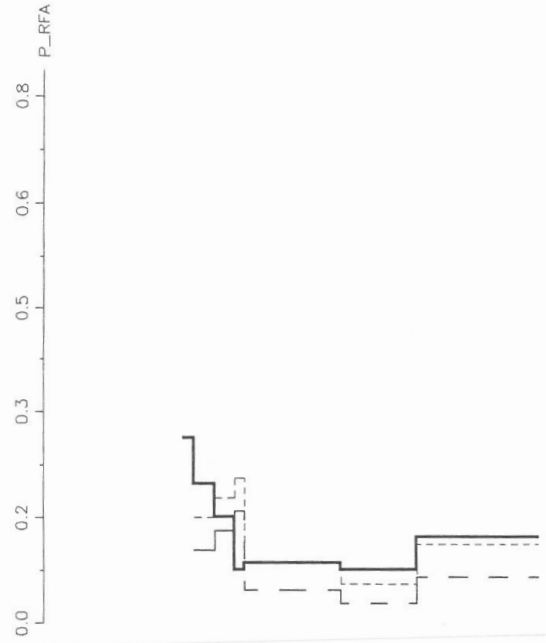
— P\_RFA Massebezug  
 - - P\_RFA Volumsbezug fein  
 ····· P\_RFA Volumsbezug gesamt

**Lagerungsdichte und pH**



Bodenprofil:

p	920526	δ:	2.0
Ah	920526	-4-	4.0
Ap	920527	-18-	18.0
I+	920529	-29-	29.0
B	920530	-44-	44.0
Cv	920531	-68-	68.0



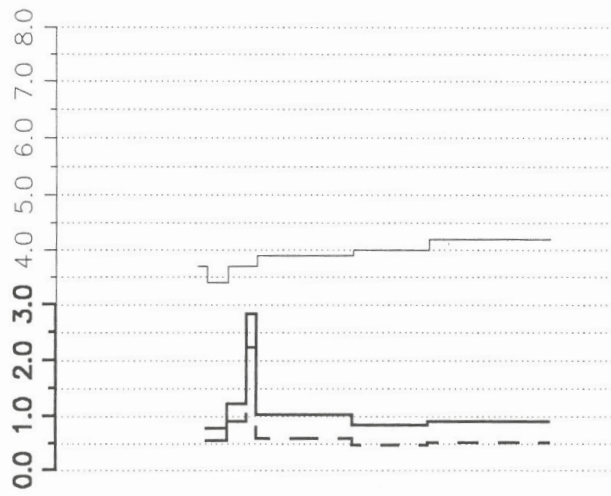
# Geochemische Untersuchungstechnik 920526 – Pb-RFA

— Lagerungsdichte ges.  
 - - Lagerungsdichte < 2mm  
 — pH

Vergleich Massenbezug (mg/kg) zu Volumsbezug (mg/l)

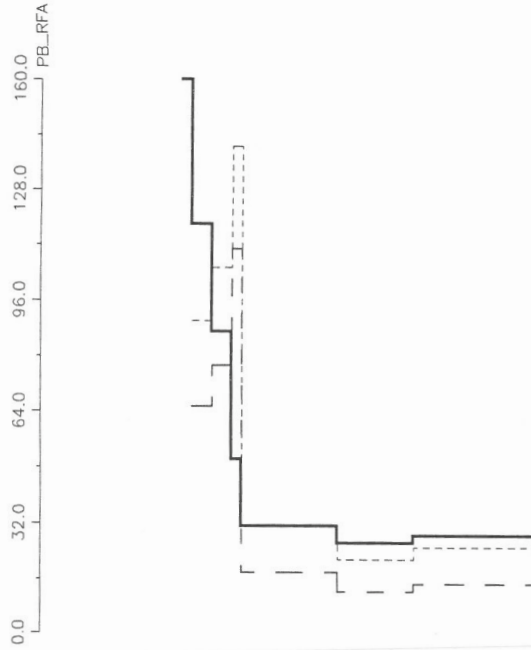
— PB\_RFA Massebezug  
 - - PB\_RFA Volumsbezug fein  
 - - - - - PB\_RFA Volumsbezug gesamt

## Lagerungsdichte und pH



## Bodenprofil:

0	920526	2.
Ah	920526	-4.
AP	920526	-18.
	920529	-29.
	920530	-44.
	920531	-68.
Cv		



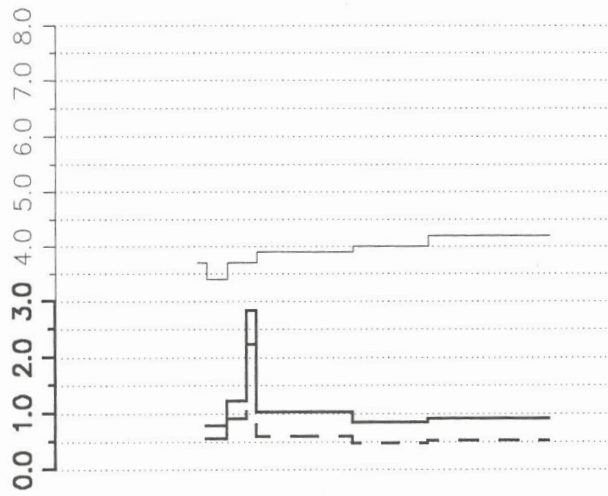
# Geochemische Untersuchungstechnik 920526 - Zn-RFA ppm

Vergleich Massenbezug (mg/kg) zu Volumsbezug (mg/l)

— Lagerungsdichte ges.  
 - - Lagerungsdichte < 2mm  
 — pH

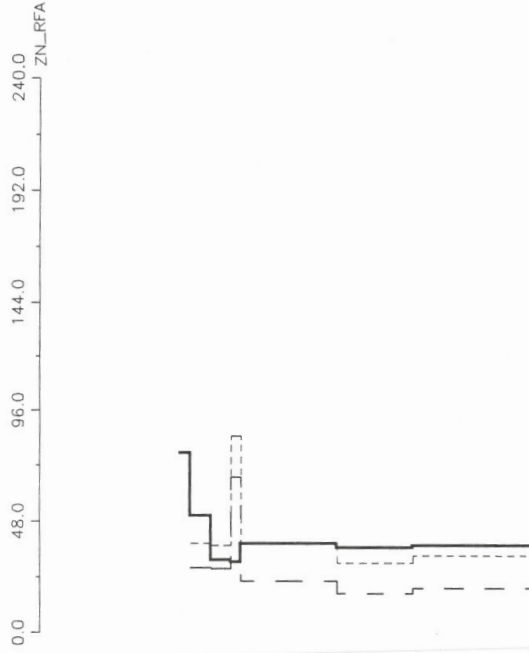
— ZN\_RFA Massebezug  
 - - ZN\_RFA Volumsbezug fein  
 - - - - ZN\_RFA Volumsbezug gesamt

**Lagerungsdichte** und pH



Bodenprofil:

0	0
Ah	0-4
AP	4-18
I+	29-44
B	44-68
Cv	



Bodengeochemie Eisenerzer Ramsau

Beilage 4/4

Probenpunkt 4/4

pH- und Elementverteilungen innerhalb des Bodenprofiles



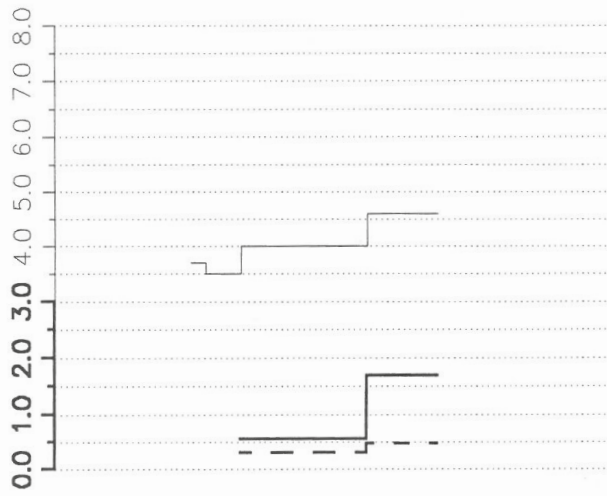
## Geochemische Untersuchungstechnik 920539 – Ba-RFA ppm

— BA\_RFA Massebezug  
 - - BA\_RFA Volumsbezug fein  
 ····· BA\_RFA Volumsbezug gesamt

Vergleich Massenbezug (mg/kg) zu Volumsbezug (mg/l)

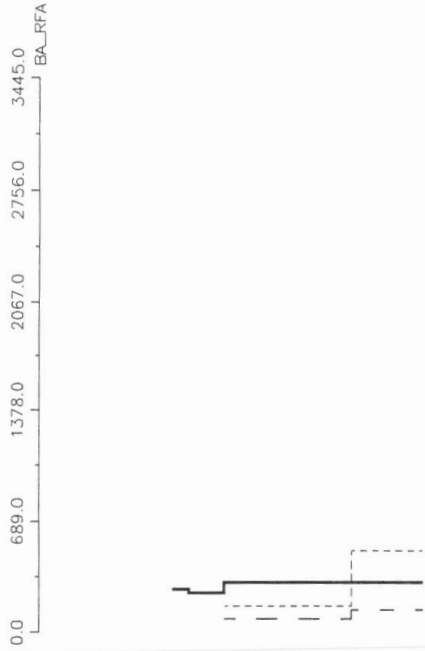
— Lagerungsdichte ges  
 - - Lagerungsdichte < 2mm  
 — pH

### Lagerungsdichte und pH



### Bodenprofil:

	920538	0.	3.
AP	920539	-7.	0.
Bv	920540	-32.	-7.
BvCv	920541	-46.	-32.



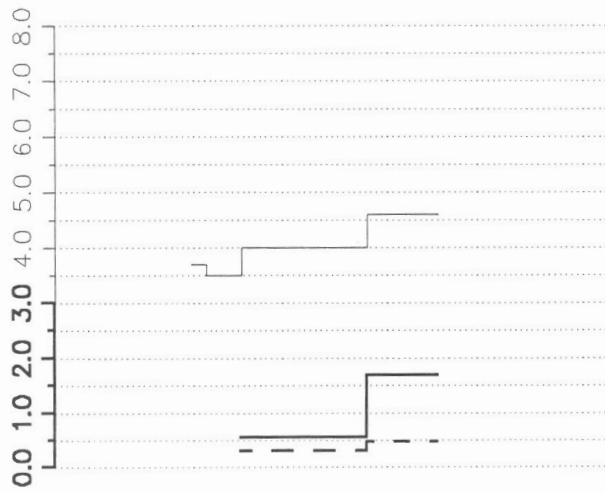
# Geochemische Untersuchungstechnik 920539 – Cu-RFA ppm

— Lagerungsdichte ges.  
 - - Lagerungsdichte < 2mm  
 — pH

— CU\_RFA Massebezug  
 - - CU\_RFA Volumsbezug fein  
 - - - - CU\_RFA Volumsbezug gesamt

Vergleich Massenbezug(mg/kg) zu Volumsbezug(mg/l)

## Lagerungsdichte und pH



## Bodenprofil:

Ø	920539	3.
AP	920539	0.
		-7.
	920540	
Bv		-32.
BvCv	920541	-46.



## Geochemische Untersuchungstechnik

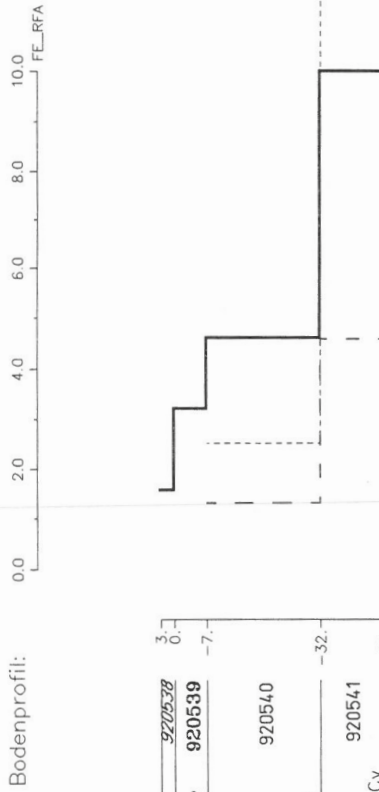
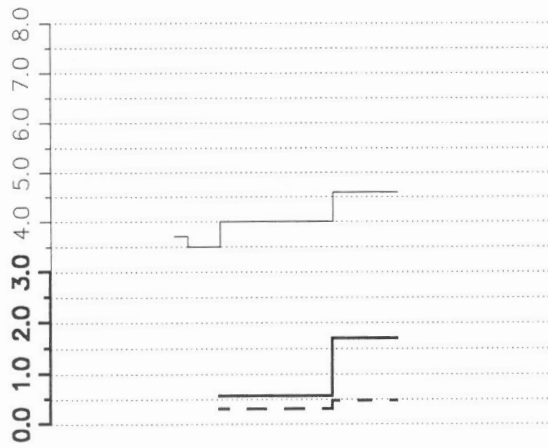
### 920539 – Fe-RFA ppm

Vergleich Massenbezug (mg/kg) zu Volumsbezug (mg/l)

— FE\_RFA Massebezug  
 - - FE\_RFA Volumsbezug fein  
 ····· FE\_RFA Volumsbezug gesamt

— Lagerungsdichte ges.  
 - - Lagerungsdichte < 2mm  
 — pH

Lagerungsdichte und pH



0	920538	3
AP	920539	0.1
		-7.1
	920540	
Bv		-32.1
BvCv	920541	-46.1

Bodenprofil:

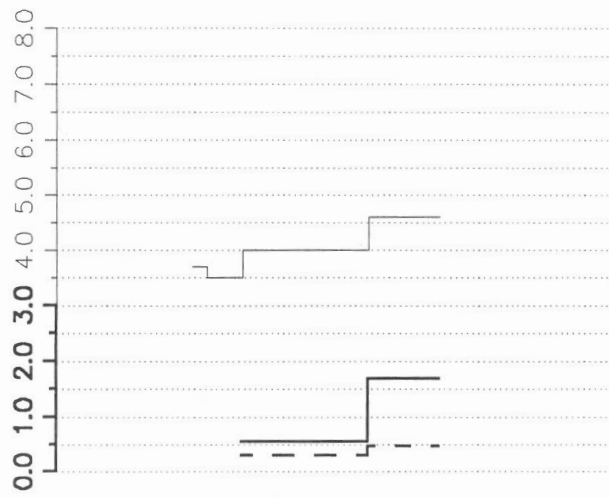
# Geochemische Untersuchungstechnik 920539 – Hg-SONDER ppm

— Lagerungsdichte ges.  
 - - - Lagerungsdichte < 2mm  
 — pH

— HG\_SONDER Massebezug  
 - - - HG\_SONDER Volumsbezug fein  
 - - - - - HG\_SONDER Volumsbezug gesamt

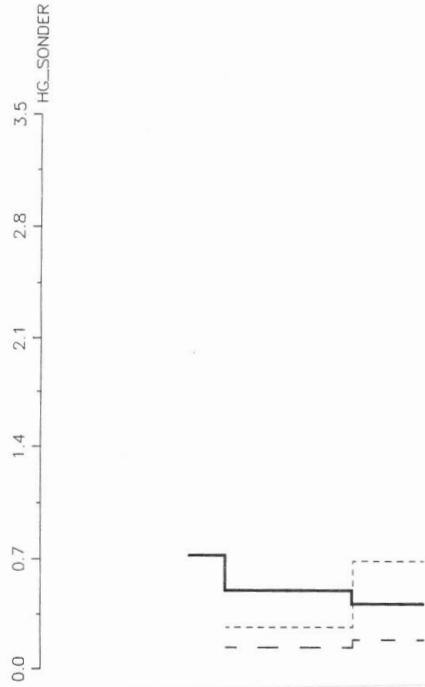
Vergleich Massenbezug(mg/kg) zu Volumsbezug(mg/l)

## Lagerungsdichte und pH



## Bodenprofil:

0	920539	3.
AP	920539	0.
Bv	920540	-7.
BvCv	920541	-32.
		-46.



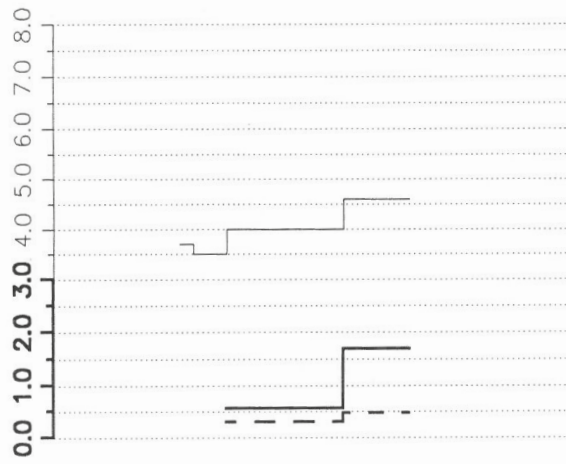
## Geochemische Untersuchungstechnik 920539 – K-RFA

— Lagerungsdichte ges.  
 - - - Lagerungsdichte < 2mm  
 — pH

— K\_RFA Massebezug  
 - - - K\_RFA Volumsbezug fein  
 - - - - - K\_RFA Volumsbezug gesamt

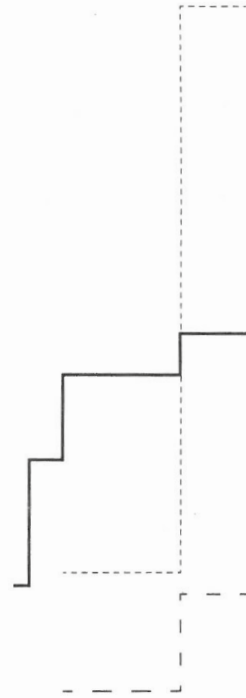
Vergleich Massenbezug (mg/kg) zu Volumsbezug (mg/l)

**Lagerungsdichte** und pH



Bodenprofil: 0.0 0.9 1.9 2.8 3.8 4.7 K\_RFA

0	920538	3.
AP	920539	-7.
Bv	920540	
BvCv	920541	-32.
		-46.



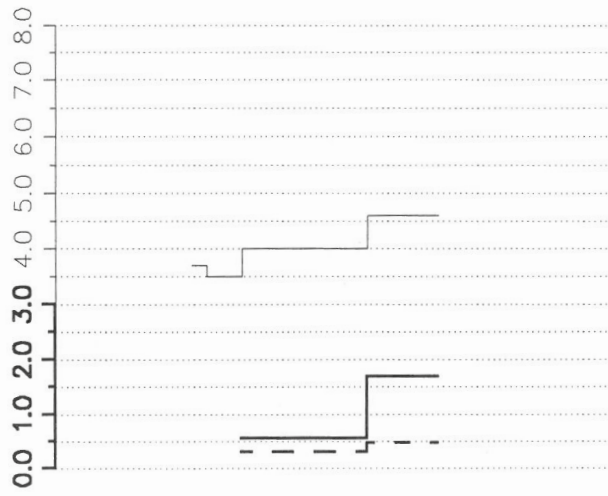
# Geochemische Untersuchungstechnik 920539 – Ni-RFA ppm

— Ni\_RFA Massebezug  
 - - - Ni\_RFA Volumsbezug fein  
 - - - - - Ni\_RFA Volumsbezug gesamt

Vergleich Massenbezug (mg/kg) zu Volumsbezug (mg/l)

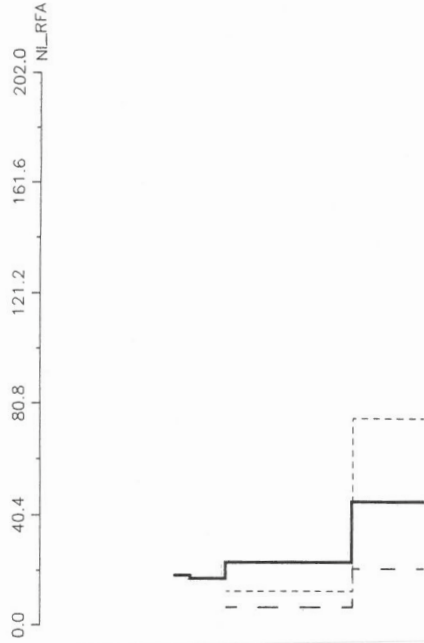
— Lagerungsdichte ges.  
 - - - Lagerungsdichte < 2mm  
 — pH

## Lagerungsdichte und pH



## Bodenprofil:

0	920539	3.
AP	920539	-7.
Bv	920540	-32.
BvCv	920541	-46.



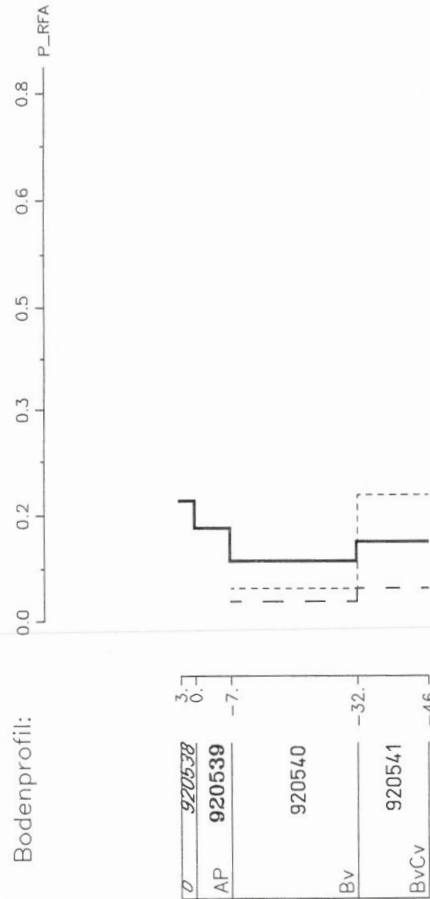
## Geochemische Untersuchungstechnik 920539 – P-RFA ppm

— Lagerungsdichte ges.  
 - - Lagerungsdichte < 2mm  
 — pH

— P\_RFA Massebezug  
 - - P\_RFA Volumsbezug fein  
 - - - - P\_RFA Volumsbezug gesamt

Vergleich Massenbezug (mg/kg) zu Volumsbezug (mg/l)

**Lagerungsdichte und pH**



0	920539	3.
AP	920539	0.
		-7.
	920540	
Bv		-32.
	920541	
BvCv		-46.

Bodenprofil:

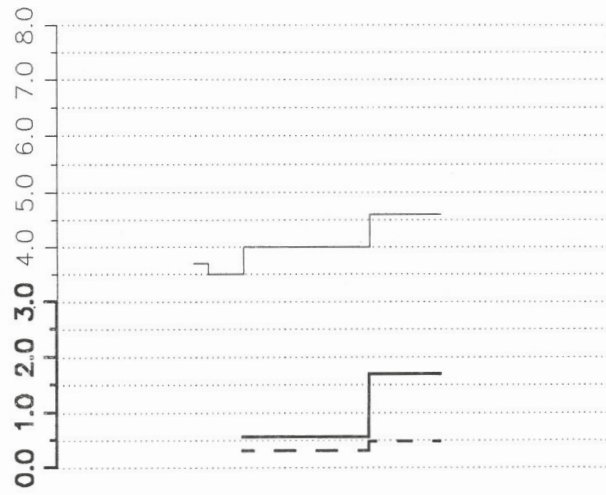
# Geochemische Untersuchungstechnik 920539 – Pb-RFA ppm

Vergleich Massenbezug (mg/kg) zu Volumsbezug (mg/l)

— Lagerungsdichte ges.  
 - - Lagerungsdichte < 2mm  
 — pH

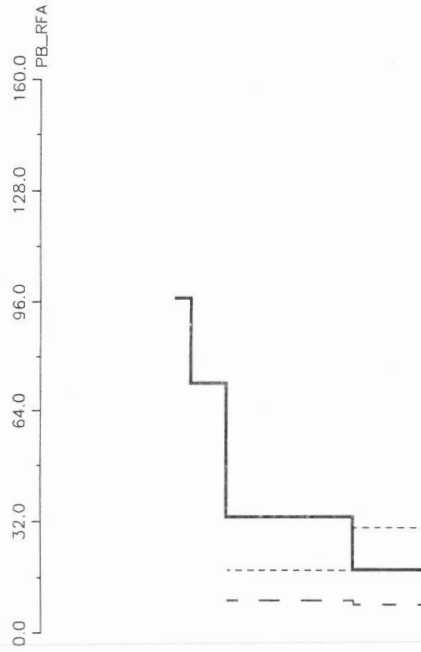
— PB\_RFA Massebezug  
 - - PB\_RFA Volumsbezug fein  
 - - - - PB\_RFA Volumsbezug gesamt

## Lagerungsdichte und pH



## Bodenprofil:

0	920539	3.
AP	920539	0.
		-7.
	920540	
Bv		-32.
BvCv	920541	-46.





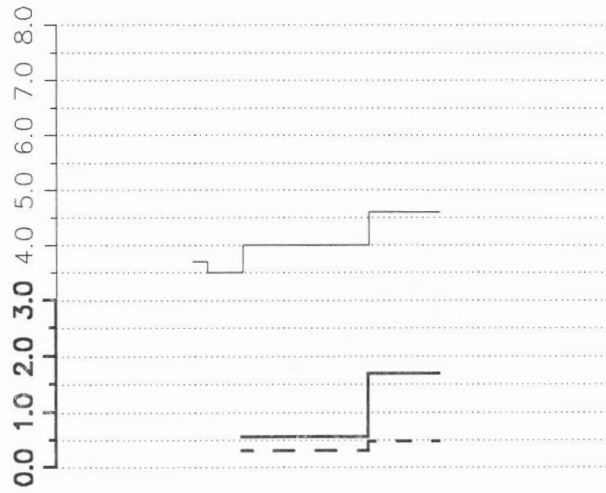
# Geochemische Untersuchungstechnik 920539 – Zn – RFA ppm

Vergleich Massenbezug (mg/kg) zu Volumsbezug (mg/l)

— Lagerungsdichte ges.  
- - Lagerungsdichte < 2mm  
— pH

— ZN\_RFA Massebezug  
- - ZN\_RFA Volumsbezug fein  
- - - - ZN\_RFA Volumsbezug gesamt

**Lagerungsdichte und pH**



Bodenprofil:

0	920539	3.
AP	920539	0.
		-7.
Bv	920540	
		-32.
BvCv	920541	-46.

