

# Historischer Erzbergbau im Schwarzwald und Schwermetalle in Böden der Staufener Bucht (südliche Oberrheinebene)

VON ANDREAS HOPPE, ANSGAR FOELLMER UND THOMAS NOELTNER

## Zusammenfassung

Schwermetallbelastungen der südlichen Oberrheinebene sind seit längerer Zeit bekannt. In einer zusammenfassenden Auswertung analysierter Oberbodenproben zeigen sich vor allem erhöhte Gehalte an Blei, Zink und Cadmium in den Talauen der Flüsse (mit Ausnahme der Möhlin), sowie in den Schwemmfächern von Sulzbach und Möhlin/Neumagen. Wenig bis unbelastet sind hingegen die Rhein-Niederterrasse und die lößbedeckten Hochflächen zwischen den Talauen. Zwar lassen sich durch die ungleichmäßige Verteilung der Probenpunkte die verschiedenen Teilgebiete bislang nur ungenau charakterisieren, ein deutlicher Bezug der Schwermetall-Konzentrationen zum alten Schwarzwälder Bergbau ist jedoch unverkennbar.

## 1. Einleitung

Erhöhte Schwermetallgehalte in Böden der südlichen Oberrheinebene sind aus Untersuchungen verschiedener öffentlicher und privater Stellen seit längerer Zeit bekannt. Vor allem Erhebungen des Regierungspräsidiums Freiburg, der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt Augustenbourg (LUFA), der Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) und des Geologischen Landesamtes brachten eine weitflächige Belastung der Böden durch Schwermetalle zutage. Vorhandene Daten wurden daher kompiliert, Gebiete mit erhöhten Schwermetallgehalten gegenüber unbelasteten Bereichen abgegrenzt sowie bezüglich der Bodenart, des genetischen Bodentyps und der geomorphologischen Lage (Talauen, Schwemmfächer, lößbedeckte Hochflächen) charakterisiert (Foellmer & Hoppe 1992).

Geologisch-geomorphologisch wird die etwa 10 km südlich von Freiburg gelegene Staufener Bucht von zwei Großeinheiten geprägt: dem Schwarzwald im Osten und dem Oberrheingraben mitsamt Vorbergzonen im Westen (Abb. 1). Der Schwarzwald besteht aus paläozoischen kristallinen Gesteinen, die von zahlreichen Blei-Zink-Kupfer-Erzgängen durchzogen sind (vgl. Metz et al. 1957, Groschopf et al. 1981, Schreiner 1991). Auf diesen Erzgängen hat in den vergangenen Jahrhunderten ein reger Bergbau stattgefunden, der von der Römerzeit (Sulzbach) bis in das 20. Jahrhundert (Münstertal) reichte. Der Oberrheingraben ist durch die Schwarzwaldrandverwerfung und die Innere Grabenrandverwerfung in eine Innere und Äußere Grabenzone unterteilt. Zwischen den beiden Verwerfungen treten im Westen die Innere Vorbergzone und im Osten die Äußere Vorbergzone auf, die aus mesozoischen und tertiären Sedimenten aufgebaut sind. In der Äußeren Grabenzone lagern, unter einer bis zu 20 m mächtigen Lößbedeckung, pleistozäne Schwarzwaldschotter. Durch eine nach Westen abfallende, 20 bis 60 m hohe Geländestufe, schließt

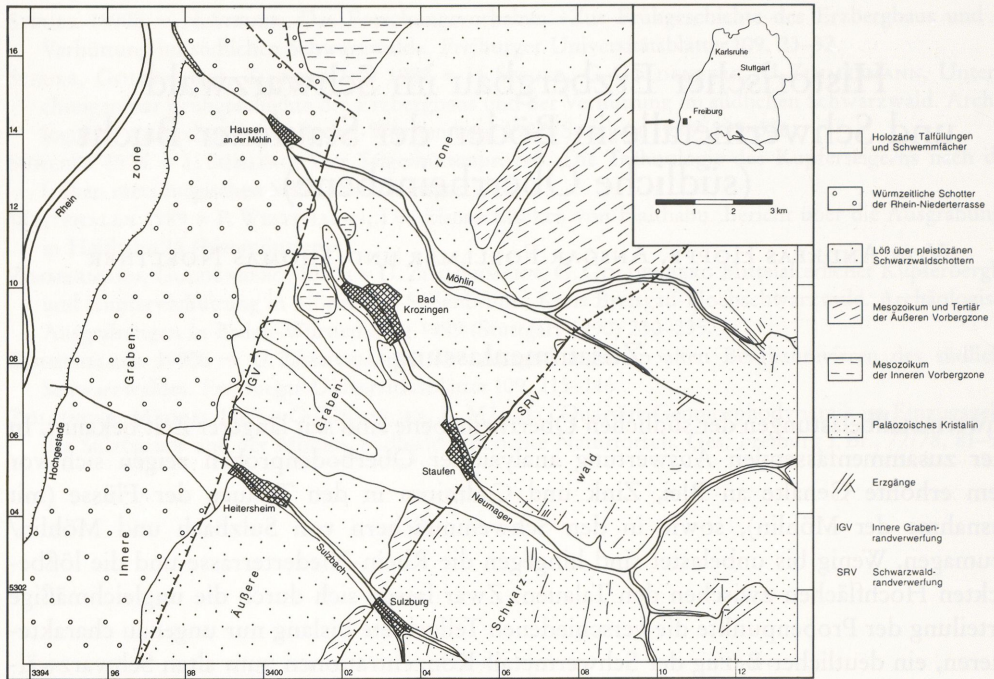


Abb. 1 Vereinfachte geologische Karte des Untersuchungsgebiets (nach GROSCHOPF et al. 1981 und SCHREINER 1991).

sich an die Innere Vorbergzone die Rhein-Niederterrasse an; sie besteht aus alpinen Schottern, die während der Würm-Eiszeit vom Rhein abgelagert wurden. In die lößbedeckten Schwarzwaldschotter haben sich Flüsse mit holozänen Talfüllungen eingeschnitten. Beim Eintritt in die Niederterrasse (Innere Grabenzone, Abb. 1) bildeten die Flüsse kleine Schwemmfächer aus, während der Neumagen schon beim Austritt aus dem Schwarzwald einen größeren Schwemmfächer abgelagert hat. In die Niederterrasse hat sich wiederum die holozäne Rheinaue eingetieft. Eine etwa 3 m hohe Geländestufe (Hochgestade) trennt die Rheinaue von der Niederterrasse.

Die Böden lassen sich grob einteilen in a) terrestrische Böden (außerhalb des Grundwassereinflusses), die sich auf den lößbedeckten Hochflächen und der Niederterrasse entwickelt haben und b) semiterrestrische Böden mit zum Teil reliktschem Grundwassereinfluß und Auendynamik, die sich in den holozänen Talauen und Schwemmfächerbereichen der Flüsse gebildet haben (vgl. Waldmann 1988).

## 2. Material und Methoden

Bislang wurden an ungefähr 550 Punkten im weiteren Umfeld der Stauffer Bucht Oberbodenproben entnommen und auf Schwermetalle analysiert. Es sind Mischproben aus einer Entnahmetiefe von 0 bis 25 cm (Acker) bzw. 0 bis 10 cm (Grünland), tiefere Horizonte wurden an etwa 20 Stellen beprobt. Die Mehrzahl der Proben wurde der Oberrheinebene entnommen, während nur fünf Probenpunkte im Münstertal und fünf am Ausgang des Sulzbachtals liegen; besonders viele Proben entstammen den Schwemmfächern des Sulzbaches und der Möhlin (Abb. 3). Neben den Oberböden wurden auch

Messungen an Bachsedimenten und Abraumhalden des historischen Schwarzwälder Bergbaus (Hurrle 1983) zu Vergleichszwecken herangezogen.

Alle 577 Proben wurden in einer Datenbank zusammengeführt. Dabei wurde unter anderem die Lage mit Rechts- und Hochwerten beschrieben, die Entnahmetiefe angegeben und der Bodentyp gemäß der bodenkundlichen Aufnahme von Waldmann (1988) zugeordnet. Dabei zeigte sich, daß 75 Prozent der Probenpunkte (soweit sie sich im Bereich der Karte von Waldmann befinden) auf Böden der Talauen und auf Schwemmfächern liegen. 25 Prozent der Probenpunkte liegen auf den terrestrischen Böden der Niederterrasse und der lößbedeckten Hochflächen, womit sie bezüglich ihrer flächenmäßigen Verteilung unterrepräsentiert sind. 49,6 Prozent der Oberbodenproben haben die Bodenart Lehm, 32,1 Prozent sandiger Lehm, 9,1 Prozent sandig-toniger Lehm und 5,6 Prozent sandiger Lehm bis Lehm. Andere Bodenarten sind nur vereinzelt vertreten.

Die Oberbodenproben waren in Königswasser (DIN 38414, Teil 7), die Proben von Hurrle (1983) mit einem Flußsäure-/Perchlorsäure-Gemisch aufgeschlossen und mit Hilfe der Atomabsorptions-Spektrometrie auf ihre Schwermetallgehalte analysiert worden.

### 3. Schwermetallgehalte

Die höchsten Gehalte an Blei wurden in Haldenmaterial gemessen. Fast alle Proben haben Gehalte von mehr als 1000 mg/kg Blei, einige sogar Bleigehalte im Prozentbereich. Bei den Bachsedimenten macht sich ein Verdünnungseffekt gegenüber dem Haldenmaterial bemerkbar. 40,6 Prozent dieser Proben haben Bleigehalte zwischen 100 und 300 mg/kg, 15,6 Prozent liegen über 1000 mg/kg. Die Variationsbreite der Bleigehalte in den Oberböden reicht von 22 bis 10484 mg/kg, wobei 37 Prozent der Proben Gehalte kleiner, 63 Prozent größer als 100 mg/kg Blei enthalten, 11,9 Prozent davon mit mehr als 1000 mg/kg.

Zink hat eine ähnliche Häufigkeitsverteilung wie Blei. Die meisten Proben des Haldenmaterials enthalten mehr als 1000 mg/kg Zink, auch wenn ähnlich hohe Werte wie bei Blei nicht erreicht werden. Bei den Bachsedimenten sind Werte von 100–300 mg/kg Zink mit 37,5 Prozent der Proben am häufigsten. 50 Prozent der Proben liegen über 300 mg/kg. In den Oberböden wurden Werte von 39 bis 1235 mg/kg Zink gemessen; dabei sind Gehalte kleiner 100 mg/kg mit 41,6 Prozent aller Proben am häufigsten, gefolgt von Werten zwischen 100–300 mg/kg mit 36,7 Prozent.

Das Haldenmaterial hat, wie bei Blei und Zink, auch die höchsten Gehalte an Cadmium (fast immer mehr als 3, meist sogar mehr als 10 mg/kg Cadmium). Die Bachsedimente enthalten etwas geringere Mengen an Cadmium: Mit jeweils 26,7 Prozent der Proben liegen die Bereiche 0,5–1 und 1–2 mg/kg bei den Bachsedimenten an der Spitze, 23,4 Prozent enthalten mehr als 3 mg/kg Cadmium. In den Oberböden treten Cadmiumgehalte zwischen 0,1 und 4,1 mg/kg auf, 59 Prozent der Proben haben Gehalte kleiner 0,5 mg/kg Cadmium.

Bezogen auf den Bodentyp fanden sich die höchsten durchschnittlichen Gehalte an Blei, Zink und Cadmium in Böden, die sich in den Talauen und auf den Schwemmfächerbereichen der Flüsse entwickelt haben.

Um zu testen, ob der Schwarzwald Liefer- und die Rheinebene Ablagerungsgebiet der genannten Schwermetalle ist, wurden Ost-West-Profile der Schwermetallgehalte erstellt. Dazu wurde das Untersuchungsgebiet in 2 km breite Nord-Süd-verlaufende Streifen unterteilt (»Rechtswertebereiche«). Für jeden Rechtswertebereich wurden die mittleren Schwermetallgehalte berechnet (Abb. 2; zur Orientierung vgl. Abb. 1). Der Rechtswertebereich bis 3410 umfaßt im wesentlichen den Bereich mit dem Haldenmaterial und den

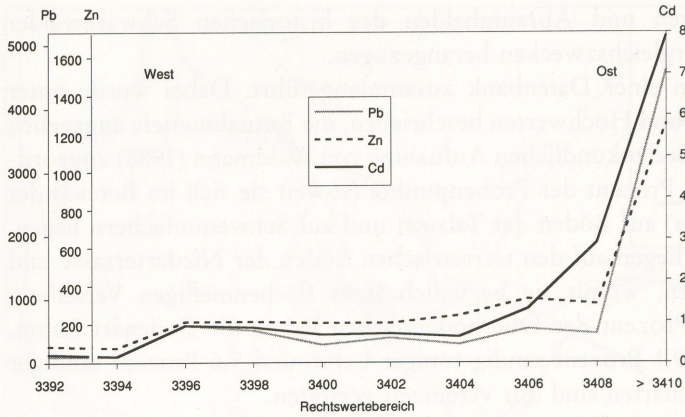


Abb. 2 Mittlere Gehalte an Blei, Zink und Cadmium in mg/kg in verschiedenen Teilgebieten vom Liefer- (rechts) zum Ablagerungsgebiet (links). Einteilung nach Rechtswerten, weitere Erläuterungen im Text.

Bachsedimenten in unmittelbarer Nähe der Halden. Die Oberläufe der Flüsse reichen ungefähr bis zum Rechtswert 3406; zwischen 3400 und 3396 befinden sich größtenteils die Schwemmfächer von Sulzbach und Möhlin, die Ablagerungsgebiete des aus dem Schwarzwald herangeführten Materials.

Für alle drei Elemente – Blei, Zink und Cadmium – ergaben sich die gleichen Bilder: Sehr hohe Gehalte im Bereich der Halden, dem Liefergebiet für die Schwermetalle, ein deutliches Absinken im Oberlauf der Flüsse auf ein noch erhöhtes Niveau, ein weiteres schwächeres Absinken im Bereich der Talauen im Vorland, danach ein leichter Anstieg der mittleren Schwermetallgehalte im Schwemmfächerbereich, und schließlich ein Rückgang auf niedrige Werte zum Rhein hin (Abb. 2).

Zur Darstellung der Flächen mit hohen Schwermetallgehalten in Oberböden wurden (in einer ersten semiquantitativen Annäherung) Linien gleicher Gehalte konstruiert. Diese Isolinien wurden mit Hilfe eines Computer-Programmes erstellt und danach von Hand »geglättet« (Abb. 3): Hohe Schwermetallgehalte finden sich im Oberlauf des Neumagens (Münstertal), im weiteren Verlauf des Neumagens bis zum Zusammenfluß mit der Möhlin und im Schwemmfächer von Möhlin/Neumagen westlich von Hausen a. d. M.. Der Schwemmfächer des Sulzbachs westlich von Heitersheim weist ebenfalls sehr hohe Schwermetallgehalte auf, genauso wie die Talau des Sulzbachs am westlichen Ortsausgang von Sulzburg. Die Werte für Blei liegen in diesen Bereichen über 300 mg/kg, oft deutlich darüber (über 1000 mg/kg), Zink hat Gehalte von mehr als 300 mg/kg, und Cadmium überschreitet in weiten Gebieten 1 mg/kg. Auffallend niedrige Gehalte sind in den Oberböden entlang der Möhlin bis zum Zusammenfluß mit dem Neumagen festzustellen, nur Blei zeigt leicht erhöhte Werte zwischen 100 und 300 mg/kg. Niedrige Werte zeigen auch die Proben auf der Rhein-Niederterrasse und den lößbedeckten Hochflächen zwischen den Talauen der Flüsse. Die Zinkgehalte liegen in diesen Gebieten unter 300 mg/kg, größtenteils unter 100 mg/kg. Die Cadmiumgehalte unterschreiten 0,5 mg/kg. Die Talau des Sulzbachs hat zwischen Heitersheim und Sulzburg ebenfalls niedrige Schwermetallgehalte, allerdings sind hieraus nur sehr wenige Proben vorhanden. Ebenso fehlen zusätzliche Proben aus den Oberläufen von Möhlin und Sulzbach.

Aufgrund der Untersuchungen an 20 Bodenprofilen bis 1 m Tiefe ist im Bereich der fluviatilen Sedimente der Schwarzwaldflüsse und der Rheinniederterrasse mit geogenen Grundgehalten (ohne historischen Bergbaueinfluß) im Bereich von 30–80 mg/kg für Blei, 0,1–0,3 mg/kg für Cadmium und 50–100 mg/kg für Zink zu rechnen.

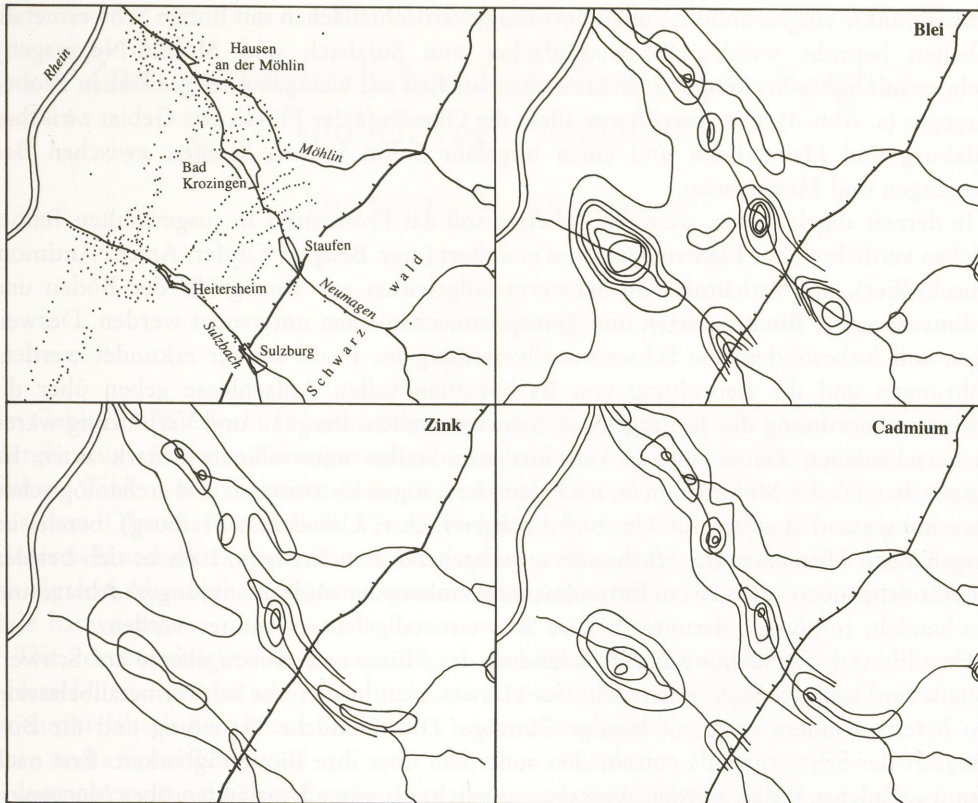


Abb. 3 Schwermetallgehalte in Oberbodenproben der Staufener Bucht (Kartenausschnitt wie in Abb. 1). a) Verteilung der Proben, b) bis d) Isolinien der Schwermetallgehalte (der Abstand der Isolinien beträgt für Blei und Zink 200, beginnend mit 100, für Cadmium 0,5 beginnend mit 0,5 mg/kg).

#### 4. Diskussion und Schlußfolgerungen

Auf der Basis der vorhandenen Daten lassen sich für die Oberböden der Staufener Bucht folgende Aussagen bezüglich ihrer Gehalte an Blei, Zink und Cadmium treffen (Abb. 3): Es existieren Teilgebiete mit stark erhöhten Schwermetallgehalten. Dazu gehören die gesamte Talau des Neumagens vom Oberlauf im Münstertal bis zum Zusammenfluß mit der Möhlin, die Talau des Sulzbachs (soweit sie beprobt wurde) und die Schwemmfächer von Sulzbach und Möhlin/Neumagen. Diese Teilgebiete lassen sich von Gebieten mit geringeren Schwermetallgehalten abgrenzen. Dazu gehören die Bereiche der Rhein-Niederterrasse ohne Bedeckung durch holozäne Sedimente, die lößbedeckten Hochflächen zwischen den Talauen und die Talau der Möhlin bis zum Zusammenfluß mit dem Neumagen. Diese Gebiete weisen zum Teil nur für Blei leicht erhöhte Gehalte auf. Die mittleren Schwermetallgehalte der einzelnen Bodentypen spiegeln die räumliche Verteilung der Schwermetalle wider. Böden der Talauen und Schwemmfächer weisen hohe durchschnittliche Gehalte an Blei, Zink und Cadmium auf. Böden außerhalb dieser Bereiche haben im Mittel deutlich geringere Gehalte. Allerdings kommen in diesen Böden einzelne hohe Werte vor, die durch die Mittelwerte überdeckt werden. Die Proben mit solchen »Ausreißerwerten« entstammen jedoch der unmittelbaren Nachbarschaft von Bodentypen mit höherer Belastung.

Die Aussagekraft dieser Feststellungen wird durch die ungleichmäßige Verteilung der

Probenpunkte eingeschränkt, zumal bevorzugt Verdachtsflächen mit hohen Schwermetallgehalten beprobt wurden (Schwemmfächer von Sulzbach und Möhlin/Neumagen). Gebiete mit hoher Probenpunktdichte stehen solchen mit wenigen oder gar keinen Proben entgegen (s. Abb. 3). Dies betrifft vor allem die Oberläufe der Flüsse, das Gebiet zwischen Sulzburg und Heitersheim und einen ungefähr 2 km breiten Streifen zwischen Bad Krozingen und Heitersheim.

In derzeit angelaufenen, weiteren Arbeiten soll das Probennetz in ausgewählten Teilbereichen verdichtet, das Elementspektrum erweitert (zum Beispiel Kupfer, Arsen, Antimon, Quecksilber), das Verhältnis von Schwermetallgehalten zur Korngröße der Böden und Sedimente sowie Bindungsarten und Transportmechanismen untersucht werden. Desweiteren soll insbesondere die Schwermetallverteilung im Profil stärker erkundet werden: Bohrungen und die Beprobung von Bachprofilen sollen Aufschlüsse geben über die zeitliche Einordnung des Eintrages von Schwermetallen. Bergbau und Verhüttung waren zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Stellen unterschiedlich stark aktiv. Im Einzugsbereich der Möhlin kam er, nach dem derzeitigen historischen und archäologischen Forschungsstand (Institut für Ur- und Frühgeschichte, Universität Freiburg), bereits im ausgehenden Mittelalter (15. Jahrhundert) weitgehend zum Erliegen. Falls es sich bei den Oberbodenproben (0 bis 25 cm Entnahmetiefe) entlang der Möhlin um jüngere Ablagerungen handelt, so können darunter höhere Schwermetallgehalte vermutet werden.

Detaillierte Untersuchungen der Sedimente der Flüsse und Nebengerinne auf Schwermetalle sind wichtig. Sie können nicht nur Hinweise auf historische Schwermetallbelastungen liefern, sondern auch auf heutige Einträge. Die räumliche Verteilung und die Bindungsart der Schwermetalle entscheiden außerdem über ihre Bioverfügbarkeit. Erst nach Kenntnis solcher Daten werden Aussagen möglich, ob unter Umständen über Nutzungsänderungen (zum Beispiel Flächenstillegungen) und damit verbundene Änderungen des Säuregrades oder Redox-Potentiales, Schwermetalle erneut mobilisiert werden können.

Wir danken Dr. Frank Waldmann für die Überlassung und Diskussion seiner bodenkundlichen Karte und ihm sowie Dipl.-Min. Gert Goldenberg für die kritische Durchsicht des Manuskripts.

## 5. Literatur

- FOELLMER, A. & HOPPE, A. (1992): Schwermetalle in Böden der Staufener Bucht (südliche Oberrheinebene). Kompilation und Auswertung vorhandener Datensätze. – unveröff. Bericht, 56 S., Karlsruhe (Landesanstalt für Umweltschutz).
- GROSCHOPF, R., KESSLER, G., LEIBER, J., MAUS, H.-J., OHMERT, W., SCHREINER, A. & WIMMENAUER, W. (1981): Erläuterungen zur Geologischen Karte Freiburg i. Br. und Umgebung 1:50 000, 2. Aufl., 354 S., Stuttgart (Landesvermessungsamt Baden-Württemberg).
- HURRELE, H. (1983): Über den Einfluß des früheren Bergbaus auf die Schwermetallgehalte in den Bachsedimenten des Südschwarzwaldes. – Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg, 25, 43–54, Freiburg.
- METZ, R., RICHTER, M. & SCHÜRENBERG, H. (1957): Die Blei-Zink-Erzgänge des Schwarzwaldes. – Beih. geol. Jb., 29, 277 S., Hannover.
- SCHREINER, A. (1991): Geologie und Landschaft. – In: A. HOPPE (Hrsg.): Das Markgräflerland, Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., 81, 11–24, Freiburg.
- WALDMANN, F. (1988): Bodenübersichtskarte der Flußgebiete von Möhlin, Neumagen und Sulzbach (Reg.-Bez. Freiburg) 1:25 000. – unveröff. Karte Geol. Landesamt Baden-Württemberg, Freiburg.