

### **Schwermetallbelastungen durch den historischen Bergbau im Kerman/Süd-Iran**

HAJIZADEH, F.

Urmiauniversität Fakultät für Ingenieurwesen, Institut für Bergbau, Iran/Urmia- 11Km Serostrasse; f.hajizadeh@urmia.ac.ir

Der über 2000 Jahre lang im Iran betriebene Bergbau auf Blei, Zink und Silber führte zu großräumigen Schwermetallbelastungen der Böden. Erste Informationen über teilweise stark erhöhte Gehalte von Cadmium, Thallium und weiteren Schwermetallen (SM) in den Oberböden sowie im tieferen Untergrund liegen seit etwa 10 Jahren vor. Die SM-Anreicherungen im Boden führen lokal zu erhöhten SM-Gehalten in Nutzpflanzen. Seither werden regelmäßig sowohl von verschiedenen Forschungseinrichtungen als auch den zuständigen Behörden Untersuchungen zur Lokalisierung weiterer Belastungen und zur Überwachung der SM-Gehalte in Pflanzen in bekannter Kontaminationssbereiche durchgeführt. Der präsentierte Poster gibt einen Überblick zur Geologie und Geochemie des untersuchten Gebietes (Kerman). Anhand der lokal typischen Erzvergesellschaftungen oder der angewandten erzspezifischen Verhüttungstechniken werden charakteristische Schwermetallquotienten abgeleitet, die sich in den belasteten Böden wiederfinden. Dadurch kann die Belastungsursache in einzelnen Teilgebieten erstmals durch geochemische „fingerprints“ der in den Böden enthaltenen Kontaminationsträger aufgezeigt werden. Insbesondere die Verhältnisse Zink - Cadmium - Thallium haben sich dabei als geeignet erwiesen. Hierzu wurden nach Möglichkeit Halden ausgewählt, von denen möglichst viele Meßwerte vorlagen. Die so erhaltenen Elementverhältnisse wurden mit denen in kontaminierten Oberböden der näheren und weiteren Umgebung verglichen. Derart können verschiedene Areale mit relativ einheitlichen Elementquotienten unterscheiden werden. Das Zink/Cadmium-Verhältnis für Böden, die aus unbelasteten Gesteinen ohne geogene Besonderheiten entstanden sind, wird mit 220 bis 320 angegeben. Die gemittelten Zn/Pb-Verhältnisse der Böden in Untersuchungsgebiet liegen bei 3,4 (Extremwerte 0,14/40) und damit nahe bei den in unbelasteten Böden anzutreffenden Werten. Wie beim Zink/Cadmium-Verhältnis können auch beim Zink/Blei-Verhältnis lagerstättenspezifische Trends unterschieden werden. Das Cadmium/Thalliumverhältnis gibt als Mittelwert für Böden 3,6 an. In den mittelalterlichen Verhüttungsschlacken liegen die Elementquotienten bei 2,8. Die heterogene Verteilung der Cadmium/Thalliumquotienten im Bereich der mittelalterlichen Schlackenhalden im Gebiet und dem südlichen Teil des Grubengebietes dürfte z. T. auch aus Emissionen der mittelalterlichen Schmelzöfen herrühren. In günstigen Fällen wird eine Unterscheidung mittelalterlicher und neuzeitlicher Kontaminationen bzw. verschiedener Kontaminationsquellen (z. B. Staubverwehungen bei der Zerkleinerung der Erze, Schlacken aus Verhüttung, Hüttenrauch) möglich. Ergebnisse chemischer Untersuchungen von Böden und von subrezentem Sedimenten wurden insbesondere aus den neu erkannten Belastungsbereichen bzw. von Flächen

mit zu erwartenden Belastungen dargestellt (Gesamt- und ammoniumnitratlösliche Schwermetallgehalte wurden nach der 2. und 3. Verwaltungsvorschrift Umweltministerium zum Bodenschutzgesetz ermittelt). Die Untersuchungen zeigen, daß eine Begrenzung des Untersuchungsgebiets auf die Gemarkungen mit ehemaligen Betriebspunkten, d.h. auf das eigentliche ehemalige Bergbaugelände, nicht ausreicht. Großflächige Abschwemmungen durch die Ortsbäche und Wiesen Bewässerungen haben zu einer weiten flächenhaften Verteilung der SM geführt. Dies zeigt sich in einer ersten Untersuchung der Kleingewässer in der weiteren Umgebung. Die spezielle Flora einzelner Standorte zeigt die Möglichkeit der Erkennung von Belastungsschwerpunkten anhand typischer Pflanzenvergesellschaftungen. Geogene Grundgehalte in Böden finden sich nur dort, wo Kalke oberflächlich anstehen; allerdings wurde gerade dort meist sehr intensiver Bergbau betrieben, so daß sich geogene und anthropogene Anteile der Kontaminationen nur schwer unterscheiden lassen. Durch die vorliegende Untersuchung wurden einige Gebiete als potentiell belastet erkannt, von denen bisher kaum, oder noch keine Meßwerte von Bodengehalten vorlagen. Aussagen über die Schwermetallquotienten in den Lagerstätten und Böden des Untersuchungsgebietes lassen sich vorerst nur vorsichtig formulieren, da die Datengrundlage (insbesondere zu den Erzen und Nebengesteinen) vergleichsweise gering ist. Aus den Ergebnissen wurden Handlungsempfehlungen abgeleitet; weitere Untersuchungen werden empfohlen.

### **Historische Erdbeben in Niederösterreich**

HAMMERL, C. & LENHARDT, W.A.

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Abteilung Geophysik, Hohe Warte 38, A-1190 Wien

Die historische und seismologische Untersuchung der Erdbeben in Niederösterreich führte zu einer Vielfalt neuer Informationen, sei es durch die neue Bewertung bereits vorhandener Daten - oder durch das Auffinden neuer Informationen. Die Studie stellt außerdem die erste derartige umfangreiche Untersuchung dar, die sich dem Thema der Erdbeben in Niederösterreich widmete.

Die Abbildung zeigt, wie deutlich die Information über Erdbeben verbessert wurde (Abb. 1). Praktisch in jedem Jahrhundert - mit Ausnahme des 20. Jahrhunderts, in dem allein die Datenpunkte erhoben wurden - konnten neue Erdbebeninformationen erhoben werden. Davon deuteten viele auf tatsächliche Erdbeben hin, und eine große Anzahl konnte sogar „parametrisiert“ werden. Davor mussten sie transkribiert - wenn notwendig übersetzt - werden, wonach sie erst im historischen Kontext interpretiert werden konnten.

Im 19. Jhd. konnten sogar mehr Beben parametrisiert werden, als Quellen vorhanden waren, da vermehrt einzelne Quellen auch Hinweise auf weitere Nachbeben beinhalteten.

Insgesamt wurden 10370 Hinweise auf Erdbeben analy-

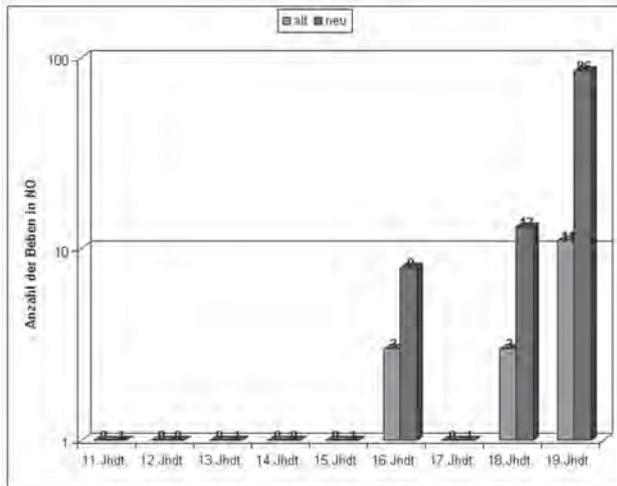


Abb. 1: Balkendiagramm neu gefundener Hinweise auf Erdbeben in Niederösterreich (jeweils links = bislang bekannte Anzahl von Erdbeben pro Jahrhundert, mittig = neue Hinweise auf Erdbeben, rechts = davon verwertbare Hinweise, die eine Parametrisierung des Erdbebens erlauben).

siert, die sich auf 332 Ereignisse bezogen, wovon 204 auf den Zeitraum vor 1900 entfielen.

In 106 Fällen ist eine Ergänzung - d.h. dezidierte Angaben über das Epizentrum oder die Epizentralintensität - für den Erdbebenkatalog wünschenswert, jedoch aufgrund der Datenlage derzeit nicht möglich. Hierbei handelt es sich um allgemeine Angaben, wie z. B. „in Niederösterreich war ein Erdbeben“. Diese Fälle entziehen sich damit bis auf weiteres statistischen Untersuchungen.

Auch „fakes“, also fälschlich als Erdbeben interpretierte Einträge im Erdbebenkatalog, als auch in den Originalquellen, wurden dokumentiert, um zukünftigen Untersuchungen diesen Arbeitsschritt zu ersparen. Es handelte sich dabei um 21 „fakes“, die alle vor 1900 auftraten. Das prominenteste dieser Ereignisse war das scheinbare Erdbeben von 1668 in Wiener Neustadt mit einer ursprünglich angenommenen Epizentralintensität vom Grad 7, gleichbedeutend mit mittelstarken Gebäudeschäden.

Das berühmte Erdbeben von 1590 - bekannt als „Neulengbacher Erdbeben“ - wurde im Rahmen der Studie ebenfalls in Detail untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass das Epizentrum entgegen der bisherigen Annahme nicht in Neulengbach gelegen haben dürfte, sondern westlich des Riederbergs - bei Reichersberg. Damit können sowohl die umfangreichen Schäden in Wien und die geringen Auswirkungen um St. Pölten erklärt werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass aus den letzten 100 Jahren ca. 100mal so viel Information vorhanden ist, wie aus dem Zeitraum 1000-1899. Das bedeutet jedoch nicht, dass die Seismizität in diesem Zeitraum zugenommen hat, sondern dass die Datenfülle historischer Ereignisse zunimmt, je mehr man sich der Gegenwart nähert. Mit Hilfe der Studie sind jetzt nicht nur verbesserte Einschätzungen der Erdbebengefährdung möglich, sondern es kann auch die „seismische Geschichte“ für die einzelnen Ortschaften in Niederösterreich angegeben werden.

## Geothermie Tiefenkraftwerk

HÄMMERLE, H.<sup>1</sup>, MUSER, C.<sup>1</sup>, EGGL, K.H.<sup>1</sup>,  
SPENDLINGWIMMER, R.<sup>2</sup>, JUNG, M.<sup>2</sup>,  
NIEDERBRUCKER, R.<sup>2</sup> & LEOPOLD, P.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ARGE Energie hoch 10, 1070 Wien, Austria;

<sup>2</sup> AIT, Austrian Institute of Technology,  
2444 Seibersdorf, Austria

**Tiefe Geothermie:** Die Nutzung von tiefen geothermischen Reservoiren kann unter anderem nach der Art des Wärmetauschverfahrens klassifiziert werden, wobei zwischen offenen und geschlossenen Systemen differenziert wird (SCHULZ 2008). In den letzten dreißig Jahren hat sich die Forschung hauptsächlich auf offene Systeme, die die Hochenthalpie-Lagerstätten natürlichen Ursprungs vom Funktionsprinzip nachzubilden versuchen, konzentriert. Ansätze zur Nutzung der Wärme aus größeren Tiefen mit Techniken, wie sie in der oberflächennahen Geothermie erfolgreich eingesetzt werden sind zwar schon Verwirklicht worden, z. B. die Geothermiebohrung RWTH-1 für das SuperC-Gebäude der Rheinisch-Westfälische Technischen Hochschule Aachen oder befinden sich noch im Entwicklungsstadium wie das „Closed Loop Geothermal System - CLGS“, (LEGARTH & WOLFF 2000, SCHMID 2005, SCHULZ 2008), beide Verfahrensansätze scheinen aber nicht das Potential für eine großtechnische Umsetzbarkeit zu besitzen. Das Projekt „Geothermie Tiefenkraftwerk“ setzt mit einem neuen Verfahrensansatz dabei neue Maßstäbe hinsichtlich Skalierung, Planungssicherheit und Steuerbarkeit. Die zugrundeliegende Überlegung ist, die Technik der oberflächennahen Geothermie mittels einer ultratiefen Bergwerksinfrastruktur in den Hochtemperaturbereich zu transformieren. Dabei sind neben logistischen Herausforderungen vor allem geotechnische, bohrtechnische und geo-thermodynamische Fragestellungen zu erforschen, entsprechende Technologien zu adaptieren und fortzuentwickeln. Im Hinblick auf die Art der Veranstaltung behandelt dieser Beitrag vor allem Fragen betreffend die Geologie.

**Geologie:** Die grundsätzliche Idee eines bergmännisch errichteten Geothermiefiefenkraftwerks bis in große Teufen ist sowohl aus geotechnisch-bergmännischer Sicht als auch hinsichtlich der hydrogeologischen Bedingungen und der Wasserhaltung noch Neuland; zur Lösung diverser Fragestellungen hierzu besteht mangels vorhandener Beispiele noch großer Forschungs- und Entwicklungsbedarf.

- Welche Tiefen werden benötigt?

Ausgehend vom erwartbaren, durchschnittlich Tiefengradienten von ca. 30 °C pro km ist bei einem angestrebten Temperaturniveau von >180 °C ein Teufenbereich um 6.000 m erforderlich (HIRSCHMANN 1996, ZHARIKOV et al. 2003).

- Was sind die geologisch-geotechnische Anforderungen an einen möglichen Standort?

Aus geologischen, geo- und tunnelbautechnischen und hydrogeologischen Gründen ist ein möglichst homogenes, kluftwasserarmes und nicht allzu sprödes Gebirge anzustreben. Derartige Gesteine sind sowohl in der Böhmisches Masse (Granitplutone) als auch in den metamorphen Kristallinkomplexen des Ostalpins zu erwarten.