

**Tagungsbeitrag zu:**

Sitzung der Kommission VII der DBG

**Titel der Tagung:**

Jahrestagung 2009: Böden – eine endliche Ressource,

**Veranstalter:** DBG, 5.-13.09.2009, Bonn**Berichte der DBG** (nicht begutachtete online Publikation)<http://www.dbges.de>**Geochemie und mikroskalige Elementverteilung in lateritischen Verwitterungsresiduen - Bohnerze**

Jochen Berger, Jörn Breuer, Karl Stahr &amp; Sabine Fiedler

**Zusammenfassung**

Bohnerze der oberjurassischen Kalkgebiete Süddeutschlands gelten aufgrund neuerer Studien als umgelagerte Residuen eines lateritischen Verwitterungsregimes während der Kreide und des Eozäns. Durch mineralogisch-chemische Analysen sowie der Erstellung von Elementbildern gelang eine näherungsweise Zuordnung von morphologisch unterscheidbaren Bohnerzformen zu den einzelnen Bereichen eines Lateritprofils.

Dabei entsprechen pisoidische Bohnerze lateritischen Konkretionen aus dem Degradationsbereich am Übergang einer Eisenkruste (eigentlicher Laterit / Ferricrete) zum Bereich der Oberflächenverwitterung. Bei den nodulären Bohnerze handelt es sich zum Einen um Goethit-impregnierete Bohnerztonaggregate und zum Anderen um Bruchstücke einer massiven Eisenkruste.

*Bohnerze; Laterit; Seltene Erden; Tertiär; tropische Verwitterung;*

Institut für Bodenkunde & Standortlehre,  
Universität Hohenheim  
Emil-Wolff-Str. 27, 70599 Stuttgart  
[jberger@uni-hohenheim.de](mailto:jberger@uni-hohenheim.de)

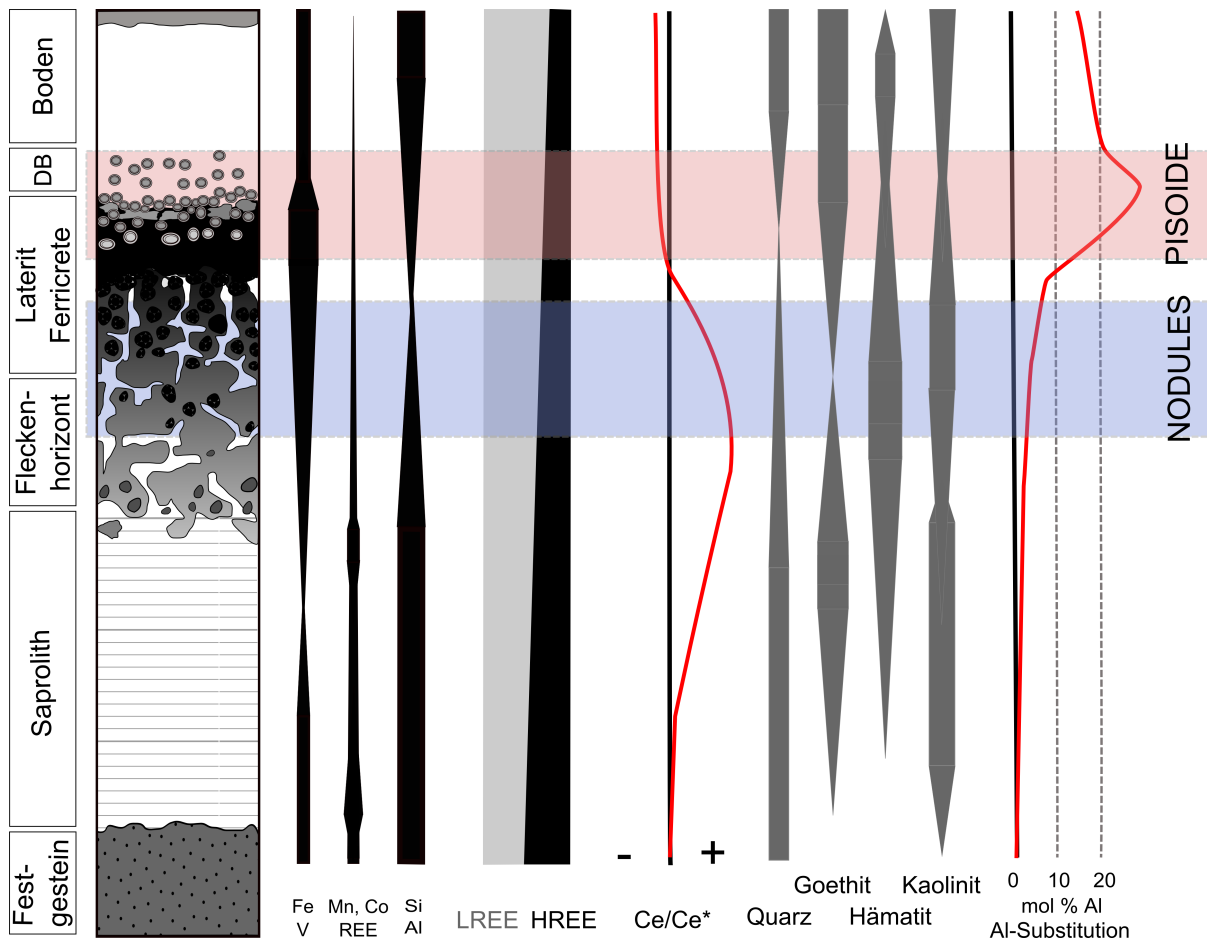
**Einleitung**

Der Begriff Bohnerz bezeichnet kugelige bis bohnenförmige Eisenerze der oberjurassischen Kalksteingebiete Süddeutschlands sowie der Schweiz. Durch eine indirekte Datierung mit Hilfe von Fossilien und stratigraphischer Lagerung gelang die Eingrenzung ihres möglichen Bildungszeitraums auf Untere Kreide bis ins Eozän. Da in Süddeutschland und den angrenzenden Gebieten Relikte dieses geologischen Zeitabschnittes äußerst selten sind, stellen Bohnerze wichtige erdgeschichtliche Zeugnisse dar. Die Erze lagern in Karsthohlformen und sind mit kaolinitischen Bohnerztonen und feinen Quarzsanden vergesellschaftet. Anhand des inneren Aufbaus können unterschiedliche Bohnerzformen differenziert werden (Abb. 1): zum Einen konzentrisch-schalig gebaute Erze, sog. PISOIDE, zum Anderen massige Erze mit homogenem Inneren. Diese Formen werden als NODULES bezeichnet. Auch finden sich aus PISOIDEN und NODULES verkittete Komplexe.



Abb.1: unterschiedliche Bohnerzformen im Anschliff (v.l.n.r.): Pisoid, Nodule, verkitteter Komplex

Bis heute ist die genaue Genese der Bohnerze unklar und umstritten. Neuere geochemische Untersuchungen deuten auf eine mögliche Entstehung innerhalb lateritischer Verwitterungsprofile hin (Sobanski, 1988; Borger & Widdowson, 2001). Auch wiesen Studien auf eine morphologische Ähnlichkeit zwischen den Bohnerzen und lateritischen Konkretionen hin (z.B. Borger, 1990). Allerdings unterblieb eine getrennte und ausführliche Betrachtung der einzelnen Bohnerzformen. Um die Theorie einer lateritischen Bohnerzgenese zu überprüfen und gegebenenfalls zu bekräftigen, wurde folgende Hypothese aufgestellt: Die morphologisch unterschiedlichen Bohnerzformen unterscheiden sich che-



**Abb. 2:** Hypothetische Entstehungsbereiche von pisoidischen und nodulären Bohnerzen innerhalb eines lateritischen Verwitterungsprofils und schematische Darstellung der charakteristischen Element- und Mineralverteilung. (DB = Degradationsbereich)

misch und mineralogisch voneinander und können hierdurch einzelnen Bereichen eines (idealen) Lateritprofils zu geordnet werden (Abb. 2).

### Material und Methoden

Für die Studie wurden 18 Standorten auf der Schwäbischen Alb beprobt. Die gesammelten Bohnerze wurden manuell nach ihrer Morphologie in PISOIDE sowie NODULES sortiert und getrennt analysiert. Komplexe Formen wurden nicht weiter berücksichtigt.

Die Elementgesamtgehalte wurden durch einen alkalischen Schmelzaufschluss bzw. HF-Aufschluss ermittelt. Die Gesamtmineralogie wurde mit Hilfe von Röntgenbeugungsanalyse (Pulverpräparate) bestimmt. Elementbilder wurden an einem Rasterelektronenmikroskop, CamScan CS 44, in Kombination mit ei-

nem energiedispersiven Röntgenspektroalanalysator erstellt.

### Ergebnisse

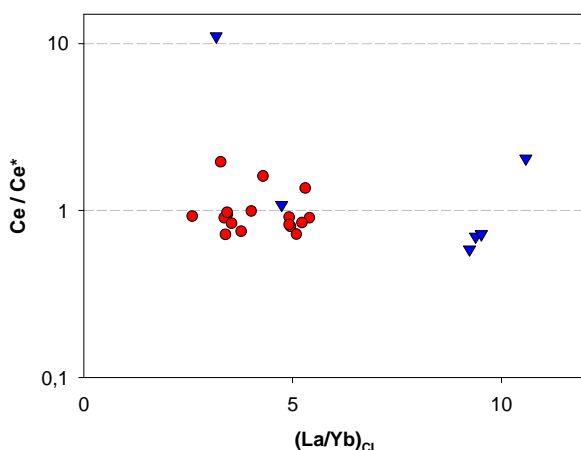
Die analysierten Proben entsprechen in den Elementgesamtgehalten Literaturangaben und es wurden keine besonderen Abweichungen festgestellt.

Bei der getrennten Betrachtung der Bohnerze zeigen die PISOIDE signifikant höhere Gehalte an Fe, V und Cr als die NODULES (Tab. 1). Letztere weisen dagegen höhere Gehalte von Al, Si, Nb, Rb und Sr auf. Eine stärkere Fraktionierung der Seltenen Erden (REE) in den Noduleproben deutet auf eine intensivere Verwitterung hin (Abb. 3). In den Werten der Ce-Anomalie unterscheiden sich die Bohnerzformen nicht. Nur eine einzelne Noduleprobe weist eine stark positive Ce-Anomalie auf, wie sie im Bereich des Fle-

ckenhorizontes mit wechselndem Grundwasserstand zu erwarten ist.

**Tabelle 1:** Gesamtelementgehalte und Mineralogie von Pisoiden (n= 17/12) und Nodules (n= 6/5).

	Pisoide	Nodules
Elementgehalte [g kg <sup>-1</sup> ]		
Fe	400,5	300,4
Al	65,8	83,0
Si	46,6	93,9
Cr	0,727	0,413
Nb	0,016	0,020
Rb	0,003	0,010
Sr	0,030	0,101
V	1,040	0,774
Mineralanteile [%]		
Goethit	55 – 93	41 – 82
Kaolinit	7 – 22	13 – 32
Quarz	5 – 21	15 – 33
Hämatit	11	5 – 11
Gibbsit	2 – 6	-



**Abb. 3:** Quotient  $(La/Yb)_{Cl}$  als Maß für die Fraktionierung der REE gegen die Ce-Anomalie aufgetragen.

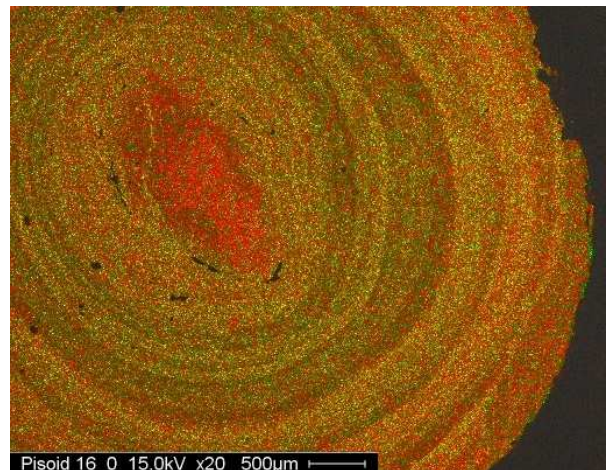
(rote Kreise - Pisoide; blaue Dreiecke - Nodules)

Eindeutige Unterschiede in der Mineralogie zwischen den Bohnerzformen konnten nicht gefunden werden. In beiden Probengruppen dominiert gleichermaßen Goethit (Tab. 1). Kaolinit und Quarz bilden die weiteren Hauptanteile. Hämatit wurde nur in wenigen Noduleproben eindeutig festgestellt. In drei Pisoidproben konnte zusätzlich Gibbsit als Produkt einer intensiven Verwitterung nachgewiesen werden.

Die Al-Substitution in Goethit war bei den Nodules im Mittel mit 15,6 mol-% Al hö-

her als bei den Pisoide mit 13,5 mol-% Al. Die Substitutionsraten beider Bohnerzformen liegen im Wertebereich für Ferricrete-Krusten (2-15 mol-% Al).

Da sich anhand der chemisch-mineralogischen Ergebnisse die Bohnerzformen nicht im erwarteten Ausmaß unterscheiden, jedoch deutlich sichtbare morphologische Unterschiede vorhanden sind, wurde zusätzlich die mikroskalige Elementverteilung untersucht. Bei den Pisoiden ist eine auffällig gleichmäßige Fe-Verteilung zu erkennen. Des Weiteren kann eine Zunahme von Al und Si innerhalb der einzelnen Cortex-Lage beobachtet werden. Ein bei mehreren Pisoiden vorkommender abrupter Wechsel in den Elementanteilen innerhalb der Cortex lässt eine mehrphasige Genese der Cortex vermuten. Die Nodules zeigen generell eine homogene Verteilung der Elemente Fe, Al und Si. Jedoch wurde an den Rändern mancher Nodules eine beginnende Cortex-Bildung festgestellt. Die Elementverteilung dieser Proto-Cortex ähnelt der Verteilung der Pisoid-Cortexes.



**Abb. 4:** Kombination von Elementbildern eines Pisoids. Gelb: Fe; rot: Aluminium; grün: Silizium.

### Fazit

Die pisodischen Bohnerze können anhand ihrer chemisch-mineralogischen Zusammensetzung dem Laterit-/Ferricrete- bzw. Degradationsbereich eines lateritischen Verwitterungsprofils zu geordnet werden. Die untersuchten Noduleproben sind in ihren Elementgehalten und Mineralbestandteilen sehr heterogen.

Bei einzelnen als Nodules bezeichneten Bohnerzen handelt es um vererzte Bohnerztonaggregate. Die Elementzusammensetzung der weiteren nodulären Bohnerze weist sie als Bruchstücke einer massiven Ferricretekruste aus. Den tieferen Bereichen eines Lateritprofils, insbesondere dem Fleckenhorizont, konnten keine Bohnerze zugeordnet werden.

Der Bildungsmechanismus der Cortex, insbesondere die Entstehung der einzelnen Cortex-Schicht, konnte nicht geklärt werden. Aufgrund nachgewiesener Unterschiede zwischen Paketen einzelner Cortex-Lagen desselben Pisoids liegt jedoch eine Bildung in mehreren Abschnitten, zeitlich und/oder räumlich getrennt, nahe.

### ***Literatur***

BORGER, H. (1990): Bohnerze und Quarzsande als Indikatoren paläogeographischer Verwitterungsprozesse und der Altreliefgenese östlich von Albstadt (Schwäbische Alb). Kölner geographische Arbeiten: Vol. 52.

BORGER, H.; WIDDOWSON, M. (2001): Indian laterites, and lateritic residues of southern Germany: A petrographic, mineralogical, and geochemical comparison. Zeitschrift für Geomorphologie, N. F., 45 (2), 177–200.

SOBANSKI, R. (1988): Geologie und Geochemie tertiärer Verwitterungsprodukte in NE-Bayern. Dissertation, Universität Hamburg.