

## Kurzbericht

### **Untersuchungen zu Bindungsformen von Molybdän in Stahlwerksschlacken und zum Sorptionsverhalten von Böden gegenüber Molybdän**

*Über die AiF gefördertes Forschungsvorhaben mit dem Förderkennzeichen 15831 N*

*Bearbeitungszeitraum: 01.12.2008 – 31.05.2011*

*Projektleiterin: Dr.-Ing. Ruth Bialucha*

*Sachbearbeiterin: Dr. rer. nat. Anna Sokol*

Die Verwendbarkeit von Stahlwerksschlacken (SWS) hängt wesentlich von ihrer guten Umweltverträglichkeit ab, worunter in erster Linie der Einfluss auf Boden und Wasser verstanden wird. Bisher wurde in Deutschland die Umweltverträglichkeit von industriellen Nebenprodukten mit Hilfe eines einstufigen Schüttelverfahrens (S4-Verfahren) untersucht, das mit einem Wasser/Feststoff-Verhältnis von 10:1 l/kg arbeitet, weshalb die gewonnenen Eluate stark verdünnt sind. Für SWS waren - neben pH-Wert und Leitfähigkeit - bisher die Parameter Chrom, Fluorid und teilweise Vanadium zu untersuchen. Nach neueren Erkenntnissen wird nun angenommen, dass unter praxisnahen Einbaubedingungen im Straßen- und Wegebau auch dem Molybdän Aufmerksamkeit geschenkt werden sollte. Dieser Parameter war bisher in den Eluaten des S4-Verfahrens meist unauffällig, weshalb über sein Vorkommen und Verhalten in Bezug auf Stahlwerksschlacken nahezu nichts bekannt ist.

Ziel des Forschungsvorhabens war es daher, näheres über das Verhalten von Molybdän in Stahlwerksschlacken zu erfahren um abschätzen zu können, ob Auswirkungen auf Boden, Grund- und Oberflächenwasser bei Verwendung als Straßenbaustoff zu erwarten sind. Vor diesem Hintergrund wurden 6 Böden und 6 Stahlwerksschlacken ausgewählt. Da teilweise gezielt nach Schlacken mit hoher Molybdänauslaugung gesucht wurde, sind sie nicht als "typisch" anzusehen. An den SWS wurden sowohl das kurzzeitige als auch das langfristige Auslaugverhalten geprüft und Abhängigkeiten von Art und Dauer der Auslaugung, dem Feststoffgehalt, dem pH-Wert sowie der Korngröße untersucht. Mit zwei ausgewählten Schlacken (LD- und Elektroofenschlacke) und den Böden "kalkhaltiger Löß" und "Sand, unverwittert" wurden Langzeituntersuchungen im Labor (Sprühlysimeter) und im halbtchnischen Maßstab (Fässer) durchgeführt (Bild 1). In Zusammenarbeit mit dem Geographischen Institut der Universität zu Köln wurden Sorptionsversuche und Modellierungen zum Molybdäntransport durchgeführt. Auch die ökotoxikologische Verträglichkeit ausgewählter Stahlwerksschlacken in Bezug auf verschiedene Organismen wurde untersucht und ergab keinerlei Hinweise auf negative Effekte.

Die Ergebnisse zeigen, dass das Auslaugverhalten von Molybdän ein komplexes Zusammenspiel von vielen Faktoren ist. So beeinflussen sowohl die chemische Zusammensetzung der Schlacke als auch Sorptionsreaktionen und Ausfällungen von sekundären Phasen die Molybdänkonzentration in der Lösung. Die stärkste Auslaugung erfolgt bei pH-Werten von 6 bis 8, während bei pH = 4 die Konzentrationen in der Lösung gegen null gehen, was wahrscheinlich entweder auf eine starke Sorption an Eisenhydroxide oder auf eine Ausfällung von  $\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3$  zurückzuführen ist.

Die Sorptionsversuche ergaben, dass der pH-Wert die wichtigste Steuergröße ist. Die stärkste Rückhaltung von Molybdän fand bei den sauren Böden, mit pH-Werten im Bereich von 4, statt. Weitere die Sorption beeinflussende Parameter sind Gehalte an dithionit- und oxalatlöslichem Eisen, Karbonatgehalt sowie der Gehalt an organischem Kohlenstoff. Auch die Konzentration an konkurrierenden Anionen muss beachtet werden, wobei für Molybdän Phosphat im Vergleich zu Sulfat und Chlorid den stärksten Konkurrenten darstellt.



Bild 1: Fotos der Sprühsäulenanlage mit Beregnungsautomatik (links) sowie von Lysimetern im halbertechnischen Maßstab (rechts)

Generell wurde festgestellt, dass unter Laborbedingungen durchgeführte Untersuchungen nicht gut auf die Realität übertragbar sind. Während bei den Sprühsäulenversuchen (sowohl bei der EOS als auch der LDS) sowie bei den Sorptionsversuchen der "kalkhaltige Löß" eine geringe Molybdänsorption zeigte, war sein Rückhaltevermögen bei den Versuchen im halbertechnischen Maßstab recht hoch. Demnach spiegeln mit Zeiträffereffekt arbeitende Laborverfahren die Gegebenheiten unter praxisnahen Bedingungen offenbar nicht gut wider.

Die Erweiterung des Kenntnisstands über das Umweltverhalten von Stahlwerksschlacken hinsichtlich der Molybdänauslaugung trägt zur Sicherung der mit der Herstellung, Aufbereitung und Vertrieb von SWS befassten KMU bei.

Dieses IGF-Vorhaben (15831) der Forschungsvereinigung VDEh-Gesellschaft zur Förderung der Eisenforschung mbH wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und – entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.