

Förderung: BAB-Bremen - AUF0008A-PRoSpector

Angewandten Umweltforschung (AUF)

Laufzeit: 15.07.2020 – 31.07.2022

Kurzbeschreibung

Das Projekt verfolgt das Ziel eine kontakt- und zerstörungsfreie inhaltsstoffliche 3D Analyse von Prüfkörpern unbekannter (auch toxischer) stofflicher Zusammensetzung mit Hilfe der Röntgen Computertomographie (CT) und eines energiedispersen Detektors aus der röntgenspektroskopischen Anwendung (EDX) zu entwickeln. Das Verfahren erfordert keine chemische Vorbehandlung des Probenmaterials, keine Reinigung der Messapparatur und keinen Einsatz von Reinigungsmitteln. Die 3D-Elementenverteilung lässt sich auch an einer luftdicht verschlossenen Probe durchführen. Kontamination der Umwelt, sowie Risiko für Mensch und Natur sind ausgeschlossen!

Motivation

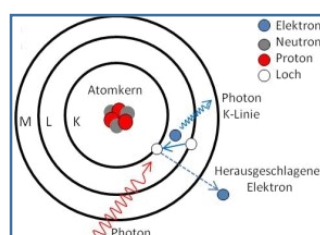
Die deutsche Volkswirtschaft verbraucht jährlich im Inland rund 1.3 Mrd. t an Materialien. Jedes produzierte Gut erhöht dabei die Menge natürlicher gebundener Rohstoffe. So sammeln sich enorme Materialbestände an und bilden eine potenzielle Quelle für Sekundärrohstoffe, deren Nutzung die natürlichen Ressourcen der Erde schont und die Importabhängigkeit reduziert. Hier setzt das Urban Mining ergänzend zur Abfallwirtschaft an. Es erstreckt sich vom Aufsuchen (Prospektion), der Erkundung (Exploration), der Erschließung und der Ausbeutung von Sekundärrohstoff-Lagerstätten bis zur Aufbereitung der gewonnenen Sekundärrohstoffe, insbesondere im Bereich der als versorgungskritisch eingestuften Edel- und Sondermetalle.

Eine wichtige Quelle für Edelmetalle aus Sekundärrohstoffen ist die WEEE-Aufbereitung, also das Recycling von Elektro- und Elektronik-Schrott. In einem mehrstufigen Zerkleinerungsprozess werden diese in immer kleinere Materialfraktionen aufgetrennt, wobei insbesondere Seltenerdmetalle als feine Partikel in das Stahlrecycling gelangen und somit für eine Wiedergewinnung verloren gehen. Die Analyse dieser Partikelstäube soll das Recyclingpotential nachweisen und zur Entwicklung neuer Methoden beitragen. Dafür eingesetzte gängige Verfahren, wie eine Elementuntersuchung mittels Rasterelektronenmikroskop und Energiedispersiver Röntgenspektroskopie (EDX), erfordern die Vorbehandlung des Probenmaterials (Einbettung, Feinschliff und Politur). Dabei werden toxische Materialien eingesetzt, deren Rückstände in den Klärschlamm gelangen und dort von Insekten aufgenommen werden. Zusätzlich müssen Proben mit nichtleitfähigen Oberflächen mit Edelmetallen, wie Gold, überzogen werden (sputtern). Andere Verfahren, wie die Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) oder Induktiv gekoppeltes Plasma (ICP), erfordern oft den Einsatz gefährlicher Säuren*.

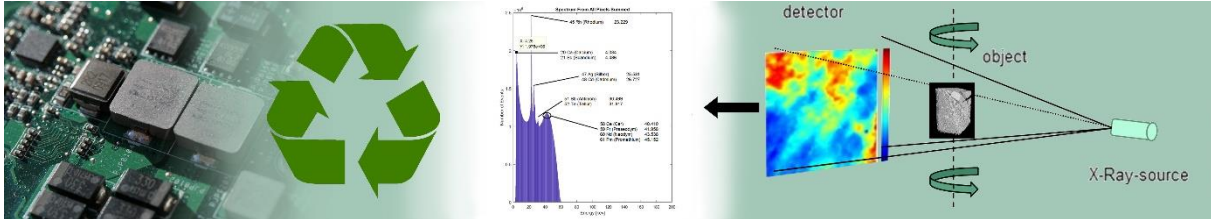
Bei der hier zu entwickelnden Prüfmethode ist keine Probenbehandlung notwendig. Daher erfolgt keine Kontamination der Umwelt, des Untersuchungsraums oder von Labormaterial. Es ist kein Einsatz von chemischen Reinigungsmitteln oder Reinigungstüchern notwendig, und hat somit keine negativen Auswirkungen auf die Umwelt.

Ansatz

Die aus einer Röntgenquelle emittierten Röntgenstrahlen durchdringen die Materie des Prüfkörpers, wobei die Strahlungsintensität je nach Stoffart unterschiedlich stark geschwächt wird. Die Schwächung erfolgt aufgrund von Absorption der Röntgenstrahlung auf atomarer Ebene, genauer gesagt durch Photoabsorption, Compton-Streuung und bei hohen Photonenenergien durch Paarbildung. Wesentlich bei der hier angewandten Prüftechnik ist erstere.



Dabei schlägt ein Photon ein Elektron aus der Elektronenhülle (K-Schale) des Atoms. Dafür ist je nach Elektronenschale eine spezifische Mindestenergie notwendig. Die „Lücke“ in der Elektronenhülle wird durch ein Elektron aus einer äußeren Schale (Valenzschale) wieder aufgefüllt. Bei diesem Prozess entsteht ein Photon mit einer für das Atom, bzw. die Schale, charakteristischen Energie. Im aufgezeichneten Spektrum wird dies durch eine sogenannten (K-)Absorptionskante dargestellt. Diese ist für jedes Atom verschieden, weshalb sich Elemente über die K-Absorptionskante identifizieren lassen. Das hier vorgestellte Verfahren ähnelt der energiedispersiven Röntgenanalyse im Rasterelektronenmikroskop, ist jedoch nicht auf die Oberfläche beschränkt.



Unter Einsatz eines hyperspektralen Röntgenspektroskopischen Detektors kann in jedem Pixel breitbandig das Energiespektrum der durch das Objekt transmittierten Photonen aufgezeichnet werden. Die Spektren sind charakteristisch für das durchstrahlte Element oder Elemente. Eine mathematische Rückprojektion verortet die Elemente im Prüfvolumen.

* Dr. Michael Baune, Wissenschaftlicher Mitarbeiter des UFT (UFT / Abt. Wertstoffrückgewinnung / FB 4)

Projektpartner

VEW Vereinigte Elektronikwerkstätten GmbH Edisonstraße 19 28357 Bremen

Detector

MAPEX: Materials and Processes, <https://www.uni-bremen.de/mapex/>

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Oliver Focke · Telefon: +49 (0)421 218 58421 · focke@faserinstitut.de

Dipl.-Ing. Sebastian Wagner · Telefon: +49 (0)421 271530 · wagner@vew-gmbh.de



Europäische Union
Investition in Bremens Zukunft
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung