Spuren im Schrott

Das Labor für anorganische Analytik der Empa erhielt vergangenes Jahr im Rahmen des ProSUM-Projekts den Status eines Referenzlabors. Dort landen feingekörnte Proben von Schredderabfällen aus abgewrackten Autos, rezyklierter Elektronik oder von Bergbau-Abraumhalden aus ganz Europa. Empa-Chemiker finden heraus, was drinsteckt, was sich herauszuholen lohnt – und welche Stoffe für Arbeiter in Recyclingbetrieben gefährlich wären.

Text: Rainer Klose / Bilder: Empa

S

chutzbrille aufsetzen – und Finger weg von allem, was hier steht», sagt   
Renato Figi zur Begrüssung. Wir betreten das Analytik-Labor und merken schnell: Der etwas spezielle Willkommensgruss ist durchaus berechtigt. Im Chemikalienabzug stehen Bechergläser mit grünen, gelben und orangeroten Lösungen. Den orangerot gefüllten Becher bedeckt ein Uhrglas, das Figi nun mit behandschuhten Händen abnimmt und dann sorgfältig mit destilliertem Wasser abspült: «In dem Becher ist Königswasser, ein Gemisch aus konzentrierter Salzsäure und Salpetersäure.» Ein Tropfen aufs Hemd, und es ist hinüber; ein Spritzer ins Auge, und man wäre ein Fall fürs Uni-Spital.

Doch nicht nur Laborbesucher müssen vor den ätzenden Lösungen geschützt werden, auch umgekehrt ist Kontakt unerwünscht. Denn hier geht es um Mengen, die in «parts per billion» (ppb) gemessen werden. Anders ausgedrückt: ein Milliardstelgramm des zu analysierenden Stoffes in einem Gramm Probesubstanz. Ein Körnchen Strassenstaub, eine herabfallende Haarschuppe, all das wäre für die angepeilte Genauigkeit bereits fatal.

Körner aus dem Schredder

Für das ProSUM-Projekt (siehe Seite 14) analysierten Figi und sein Team gekörnte Proben aus verschiedenen Abfallfraktionen: zermahlene elektrische und elektronische Geräte, Fahrzeugschrott, zerkleinerte Batterien verschiedenster Art sowie Abfälle aus dem Bergbau. Die Entschlüsselung einer Probe beginnt jeweils im Trockenen – mit einer Röntgenfluoreszenzanalyse (XRF). «Mit diesem Gerät finden wir jedes Element, das schwerer ist als Fluor, mit Atomgewicht 19, bis hin zu Uran mit dem Atomgewicht 238», erläutert Figi. Viele Analytik-Labore in der Industrie lassen es mit einer solchen XRF-Analyse bewenden, doch deren Genauigkeit endet im Bereich von Prozent-Anteilen.

Scharfe Säuren, heisses Plasma

Um Genaueres herauszufinden, braucht es die gute alte Nasschemie: Die Proben werden mit konzentrierter Salpetersäure, Wasserstoffperoxid, Königswasser oder gar Flusssäure in einen Teflonbehälter gefüllt und mit einem speziellen Mikrowellenofen auf bis zu 280 Grad Celsius erhitzt. Figi: «Da löst sich vieles, ausser ein paar Fluoridverbindungen mit seltenen Erden.» Die flüssigen Proben werden dann in einem 18 000 Grad heissen Plasma atomisiert und analysiert. Das besorgen zwei Spezialgeräte namens ICP-OES (Induktiv gekoppelte Plasma-optische Emissionsspektrometrie) und QQQ-ICP-MS (Induktiv gekoppelte Plasma-Massenspektrometrie). Die entstehenden Spektren – Zahlenreihen in einer Tabelle – werden von Figi und seiner Mitarbeiterin Claudia Schreiner gemeinsam ausgewertet, um ja nichts zu übersehen. Doch damit beginnt erst die richtige Detektivarbeit.

Spuren legen – Spuren lesen

Figi weiss: Viele Elemente, die nur in geringen Mengen in der Probe vorkommen, könnten sich hinter anderen, dominanteren Bestandteilen verstecken. So liegen Eisen und Nickel vom Atomgewicht her eng beieinander, sind also im Massenspektrometer nicht immer klar zu unterscheiden. Doch die Chemie-Detektive wissen sich zu helfen: «Wir können die störenden Elemente wegreagieren – also aus der Lösung entfernen», erläutert Figi. «Ich fälle das Eisen als Eisenoxid aus der Lösung aus, dann bleibt nur noch Nickel im Massenspektrum übrig – und ich kann die Menge, die in der Probe war, exakt bestimmen.» Manchmal geht der Chemiker sogar noch einen Schritt weiter und gibt eine geringe Menge eines Elements dazu, das er in der Probe vermutet, spektroskopiert erneut und vergleicht die Ergebnisse. «Spiking» nennt sich das.

«Am Ende wundern Sie sich, was man in einem ganz normalen Haarföhn so alles findet», sagt Figi. Nicht nur Neodym aus den Magneten für den Elektromotor des Föhns – das wäre ja zu erwarten. Das Empa-Team fand auch Spuren von   
Praseodym und Samarium in den Proben. «Bei der Spurensuche geht es nicht nur darum, die Abfälle möglichst gewinnbringend zu rezyklieren», so Figi. «Es geht auch darum, Mitarbeiter von Recyclingbetrieben vor Vergiftungen zu schützen.» Ein hoher Gehalt an Arsen in einer Probe könne bei Kontakt mit Säuren etwa zur Bildung von Arsenwasserstoff führen – ein berüchtigtes Giftgas aus dem Ersten Weltkrieg. «Das riecht dann ganz stark nach Knoblauch», sagt Figi. «Und dann gibts nur eins: nichts wie weg!» //

Renato Figi und Claudia Schreiner finden auch kleinste Spuren von wertvollen Rohstoffen im Schrott.

EU-Referenz-Labor

Renato Figis Labor für anorganische Analytik wurde 2017 im Rahmen des ProSUM-Projekts zum Referenzlabor bestimmt und hatte die Aufgabe, die Analyseergebnisse der anderen Länder zu validieren. Solche Referenzlabors entwickeln innerhalb der EU Standardmethoden, die in den nationalen Labors aller 28 EU-Staaten gleichermassen benutzt werden sollen, damit Analyseergebnisse untereinander vergleichbar sind.