



Edle Metalle aus Elektronikschrott – Ressourcen aus der Schweiz

Karin Weinmann

Empa (Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt)

Indium, Neodym und Gold befinden sich in vielen elektronischen Geräten. Was geschieht mit den wertvollen Stoffen, wenn die Geräte nicht mehr gebraucht werden? Und wie viel edles Metall steckt in Mobiltelefonen, Computern und Bildschirmen, die derzeit noch in Gebrauch sind? Längst schlummern die wertvollsten Rohstoffe nicht mehr unter der Erde, sondern in unseren Städten. Wie können wir sie erfolgreich nutzen? Diesen Fragen sind Empa-Forscher nachgegangen.

Wir könnten Indium, Neodym und Gold aus Elektronikschrott gewinnen, wir könnten Altbauten mit Memory-Steel zu neuen Nutzungen ertüchtigen. Wir könnten Dämmstoffe für Holzhäuser aus Altpapier und Knorpel-Implantate aus Zellulose herstellen. Wir könnten Sommerwärme einlagern und an kalten Wintertagen nutzen.

Die drei Rohstoffe Gold, Neodym und Indium gehören zu den rarsten Elementen auf der Erde: Jedes der drei Metalle macht weniger als 0,00001% der Erdkruste aus. Sie finden sich in einer Vielzahl von elektronischen Geräten – zwar in geringen Mengen, dafür aber in Schlüsselfunktionen:

Indium ist als Indiumzinnoxid elektrisch leitend und gleichzeitig durchsichtig. Wegen dieser Eigenschaften wird das Material etwa in LCD-Bildschirmen eingesetzt.

Neodym wird in Verbindung mit Eisen und Bor verwendet, um starke Magneten herzustellen. Sie finden sich etwa in Festplatten, Lautsprechern, Kopfhörern und Mobiltelefonen.

Gold ist ein sehr guter Leiter, der nicht korrodieren kann. Das Metall wird deshalb in Elektronikbauteilen wie



LCD-Bildschirme enthalten kleine Mengen an Indium. Ökologisch gesehen lohnt es sich, das Material zu extrahieren – doch nur dann, wenn die Geräte manuell auseinandergenommen werden

Schaltkontakten oder Leiterplatten verwendet.

Das Problem: Insbesondere Neodym und Indium gelten als kritische Metalle. Das heißt, es besteht zum einen ein Risiko des Versorgungsunterbruchs, da die beiden seltenen Elemente fast ausschließlich in China abgebaut werden. Zum anderen wird ihre Bedeutung für Schlüsseltechnologien als hoch und die Auswirkungen möglicher Unterbrüche als besonders gravierend eingestuft. Doch genau genommen besitzt auch die Schweiz Minen für diese drei Rohstoffe. Und zwar unter anderem in elektronischen Geräten, die in Gebrauch stehen oder schon ausgedient haben.

Die Empa-Doktorandin Esther Thiébaud von der Abteilung „Technologie und Gesellschaft“ hat nun erstmals untersucht, wo sich die drei seltenen Metalle in der Schweiz finden lassen – und wie viel davon für einen weiteren Gebrauch bereits verloren ist.

Thiébauds Analyse zeigte, dass sich bei allen drei Stoffen der größte Anteil in Geräten befindet, die zurzeit im Gebrauch sind. Dann trennen sich die Wege der Elemente: Der zweitgrößte Anteil an Indium befindet sich in der Schlacke aus Müllverbrennungsanlagen – und ist damit für eine Rückgewinnung verloren. Dasselbe gilt für den zweitgrößten Anteil an Neodym; er findet sich in Schlacke aus Metallhütten, die für den

Baubereich verwendet wird. Gold hingegen wird bereits heute aus ökonomischen Gründen zu 70% wiedergewonnen, wenn Geräte ihren Lebenszyklus beendet haben.

Während also bei Gold die Recyclingquote schon sehr gut ist, wird Neodym und Indium in der Schweiz noch überhaupt nicht zurückgewonnen. Gold aus elektronischen Kontakten wird heute größtenteils wiedergewonnen – Indium und Neodym hingegen gehen verloren.

Recycling wäre ökologisch sinnvoll

Bereits 2015 untersuchte das Empa-Team unter der Leitung von Heinz Böni im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU) und des schweizerischen Verbandes der Anbieter von Informations- und Kommunikationstechnologien (Swico), ob die Rückgewinnung von Indium und Neodym ökologisch sinnvoll und wirtschaftlich tragbar ist.

Technisch lässt sich Indium bereits heute zurückgewinnen, wenn auch mit relativ großem Aufwand. Und wirtschaftlich gesehen fallen für die Rückgewinnung von Indium aus Bildschirmen nur moderate Zusatzkosten an. Sie ließen sich durch eine Erhöhung des vorgezogenen Recyclingbeitrags von 50 Rappen pro Bildschirm decken.

Ökologisch jedoch ist die Sache klar: Ein Berg ausgedienter Bildschirme hat einen höheren Indiumanteil als eine Mine mit dem gleichen Volumen, aus der das Indium als Primärrohstoff gewonnen wird.

Auch sind die Umweltwirkungen beim Recycling laut Studie gleich hoch, wenn nicht sogar besser als bei der Primärproduktion aus Mineralien. Dies gilt aber nur, wenn die ausgedienten Geräte im ersten Verarbeitungsschritt manuell zerlegt und nicht mechanisch zerkleinert werden.

Bei Neodym ist die Bilanz aus ökologischer Sicht sogar noch eindeutiger: Stammt das Material aus dem Recyclingprozess, dann belastet dies die Umwelt um einen Drittel weniger, als wenn es aus einer Mine gewonnen wird.

Die Menge macht's

Ähnlich wie Gold befinden sich auch Indium und Neodym klar lokalisiert in separierbaren Komponenten eines elektronischen Gerätes. Auch wäre die Wiedergewinnung der Rohstoffe machbar, wenn auch mit einigem Aufwand. Warum also werden diese Metalle bisher nicht zurückgewonnen?

Dazu lohnt es sich, die Mengen zu betrachten. Indium wird erst seit der Jahrtausendwende in nennenswerten Mengen genutzt. Im Jahr 2014, für das die aktuellsten Zahlen vorliegen, waren in der Schweiz 1,7 Tonnen des Metalls in Geräten vorhanden, die noch in Gebrauch waren. Die Geräte, die im gleichen Jahr entsorgt wurden, enthielten insgesamt aber nur 135 kg Indium. Rund ein Drittel davon erreichten den Recyclingprozess gar nicht – etwa, weil die Geräte in den normalen Kehricht geworfen oder ins Ausland ausgeführt wurden. Von den 90 kg Indium, die den Recyclingprozess durchliefen, endeten laut Studie 90% in Kehrichtverbrennungsanlagen, 5% gehen im Schmelzprozess verloren – und nur 5% wurden für eine allfällige zukünftige Wiederaufbereitung aufbewahrt.

Neodym ist schon seit Anfang der 80er-Jahre in größeren Mengen in verkauften Elektronikgeräten vorhanden. 2014 befanden sich 39 Tonnen Neodym in noch genutzten Geräten, die im gleichen Jahr entsorgten Geräte enthielten 3,9 Tonnen. Davon erreichten immerhin 2,8 Tonnen den Recyclingprozess, wo das Element indes in der Schlacke des Schmelzprozesses endete.

Beim Gold liegen die Zahlen dazwischen: 4,8 Tonnen waren in Geräten, 440 Kilo wurden in goldhaltigen Komponenten separiert, und 330 Kilo davon erreichten den Recyclingprozess. Ab da sind die Verluste gering: Das Gold, welches die Phase der manuellen Zerlegung erreicht, kann zu 95% wiedergewonnen werden.

An den Mengen allein kann es also nicht liegen, dass nur beim Gold der zusätzliche Aufwand für die Rückgewinnung betrieben wird.

Interessant wird es, wenn man den Wert der Metalle betrachtet: Die 90 kg Indium, die im Entsorgungsprozess landen, sind zurzeit 36.000 US-\$ wert; 2.800 Kilo Neodym 200.000 US-\$ und 330 Kilo Gold 13.600.000 US-\$. Bei Gold lohnt sich also der Aufwand wirtschaftlich betrachtet trotz der geringen Mengen – bei Neodym und Indium ist die finanzielle Motivation für die Recyclingunternehmen hingegen (noch) gering.

„Der weitaus größte Anteil an Neodym und Indium ist immer noch in den aktuell genutzten Geräten“, erklärt Esther Thiébaud. „Eine geringfügige Erhöhung des vorgezogenen Recyclingbeitrags würde bereits genügen, um das Recycling wirtschaftlich attraktiv zu machen.“

Bis dahin wäre es zumindest sinnvoll, Bauteile mit einem relativ hohen Anteil an Indium und Neodym zwischenzulagern – damit die Rohstoffe nicht für immer verloren sind.