



# Wohlstandsmüll als Rohstoffquelle

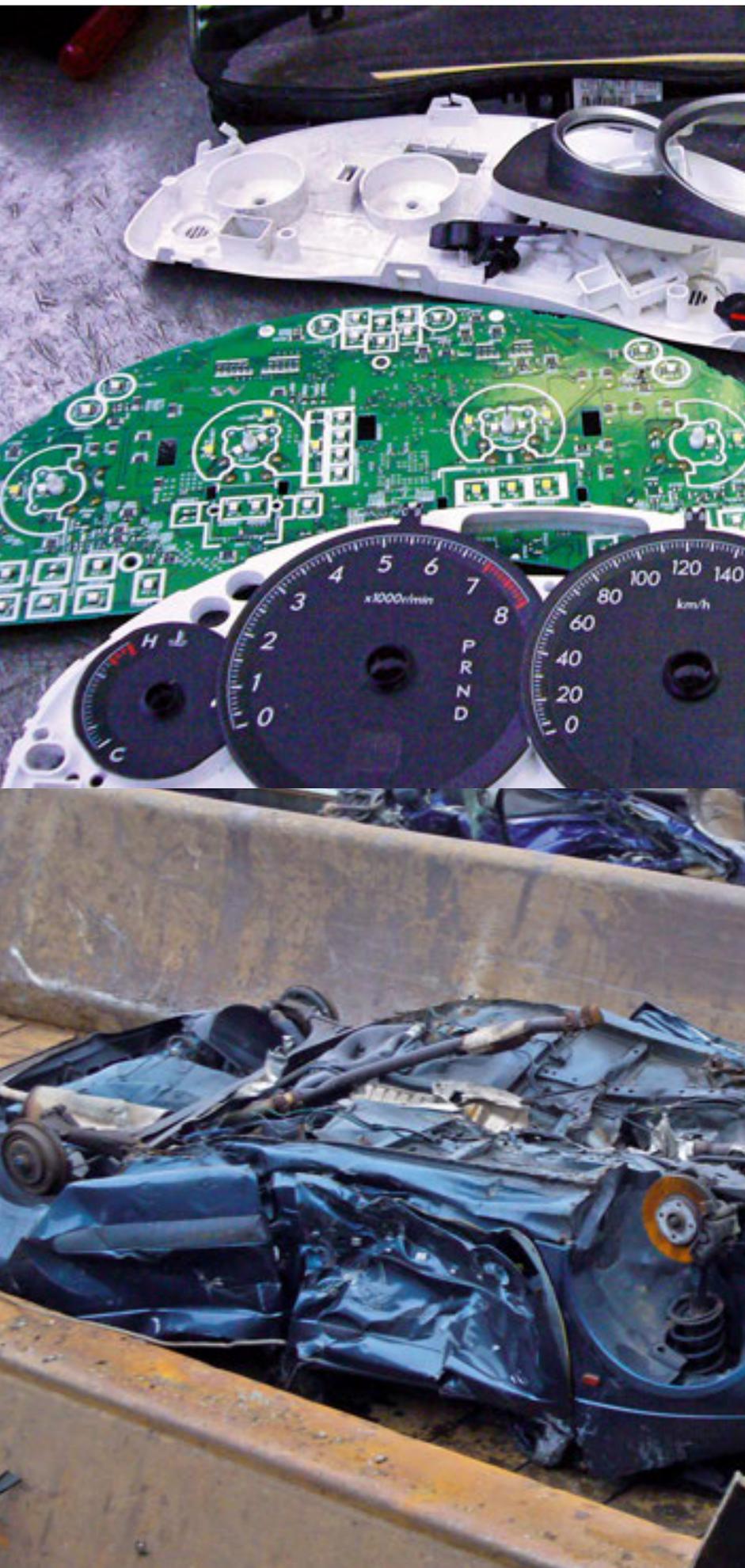
Ressourcenknappheit und sich ständig erweiternde Funktionalitäten verlangen nach einem neuen Umgang mit ausgedienten elektronischen Geräten. Die Empa-Abteilung «Technologie und Gesellschaft» bestimmt das wachsende Feld der sekundären Rohstoffgewinnung an vorderster Front mit. Eines ist klar: Recycling und Urban Mining sind Begriffe, die uns noch lange begleiten werden.

TEXT: Anna Ettlín / BILDER: Empa

**D**er Bedarf an Werkstoffen für hochspezialisierte Anwendungen steigt. Zum Beispiel in der Elektronik, die immer kleiner und leistungsfähiger wird: Ein gewöhnliches Handy enthält etwa 50 verschiedene Metalle, darunter seltene, wie Tantal, Indium, Platin und Palladium. Viele werden als kritisch eingestuft: Ihre langfristige Verfügbarkeit ist aus geologischen, politischen oder technischen Gründen unsicher und könnte in Zukunft stark eingeschränkt werden.

Bei der Beschaffung dieser kritischen Metalle treten «städtische Minen», also ausgediente Produkte, in denen die begehrten Stoffe verbaut sind, immer mehr in den Vordergrund. Elektrische und elektronische Geräte enthalten oft viel höhere Konzentrationen an wertvollen Metallen als selbst die ergiebigsten Minen. Einer gezielten Förderung dieser urbanen Minen stehen jedoch nicht selten die hohen Kosten und der technische Aufwand im Weg.

Die Empa forscht auf verschiedenen Gebieten des «Urban Mining». Zunächst geht es darum, welche Metalle sich in welchen Geräten und Komponenten befinden und in welchen Mengen. Dann: Welche Recyclingprozesse ermöglichen eine möglichst hohe Ausbeute? Und zahlt sich die Rückgewinnung ökologisch und wirtschaftlich aus? Drei aktuelle Projekte zeigen das Spektrum der Forschung. Empa-ForscherInnen untersuchen etwa, unter welchen Voraussetzungen sich die äusserst seltenen Metalle Indium und Neodym in der Schweiz recyceln lassen. Ein zweites Projekt widmet sich einer urbanen Mine, die bisher brachliegt: die Automobilelektronik. Und schliesslich sollen die Erkenntnisse aus der Forschung Entwicklungsländern zugute kommen, die mit wachsenden Bergen von mitunter gefährlichem Elektronikschrott zu kämpfen haben.



## Zu schade für die Presse

Dass Handys und Computer recycelt werden, ist in der Schweiz heute nahezu selbstverständlich. Doch Elektronik findet sich in modernen Haushalten nicht mehr nur im Büro oder Wohnzimmer, sondern auch in der Garage: im Auto. 100 000 Autos werden pro Jahr in der Schweiz verschrottet – noch einmal so viele gehen in den Export und landen schliesslich auf Schrottplätzen im Ausland. Und alle stecken voller Elektronik: GPS und Stereoanlage steigern den Komfort, zahlreiche Sensoren und Chips überwachen die Sicherheit und den Energieverbrauch. Bereits 2010 machte die Elektronik schätzungsweise ein Drittel des Materialwerts jedes Neuwagens aus. Dieser Anteil wird mit steigender «Elektrisierung» des Verkehrs weiter steigen.

Daher enthält ein modernes Auto etwa gleich viele Metalle wie ein Handy, darunter auch seltene Elemente wie Gallium und die Seltenerdmetalle Dysprosium und Lanthan. «Von den rund 50 verschiedenen Metallen liessen sich bis zu 20 wiedergewinnen», sagt Rolf Widmer von der Abteilung «Technologie und Gesellschaft». Heute beschränkt sich das Recycling im Wesentlichen auf drei: Eisen, Aluminium und Kupfer. Die anderen gehen beim Schreddern der ausgedienten Fahrzeuge verloren.

Gemeinsam mit dem Bundesamt für Umwelt (BAFU), der Stiftung Auto-Recycling Schweiz (SARS), der Vereinigung der offiziellen Autosammelstellenhalter (VASSO) sowie mit weiteren Industriepartnern sucht die Empa nach Lösungen. «Wir wollen zunächst die urbane Mine Automobil charakterisieren», erklärt Projektleiter Widmer. Daraus sollen Vorschläge zu einer verbesserten Bewirtschaftung dieser wertvollen Rohstoffquelle abgeleitet werden. Für die zweite grosse urbane Mine in der Schweiz, Consumer Electronics, ist laut Widmer die Recycling-Infrastruktur bereits vorhanden, beim Autorecycling sei dies noch nicht der Fall. Hier sieht der Empa-Forscher ein enormes Potenzial: «Könnten Auto-Recycler von den Elektronik-Recyclern lernen? Könnte die Autoelektronik vielleicht sogar dem Elektronik-Recycling zugeführt werden, etwa indem man sie ausbaut, bevor das Auto seinen Weg in den Schredder nimmt?»

Das Projekt, das solch konkrete Fragen beantworten soll, befindet sich in Vorbereitung, eine internationale Zusammenarbeit ist bereits geplant – auch andere Länder wollen das Recycling von Autoelektronik verbessern, da mit zunehmender «Smartness» des Verkehrs die rollende urbane Mine immer ergiebiger wird.

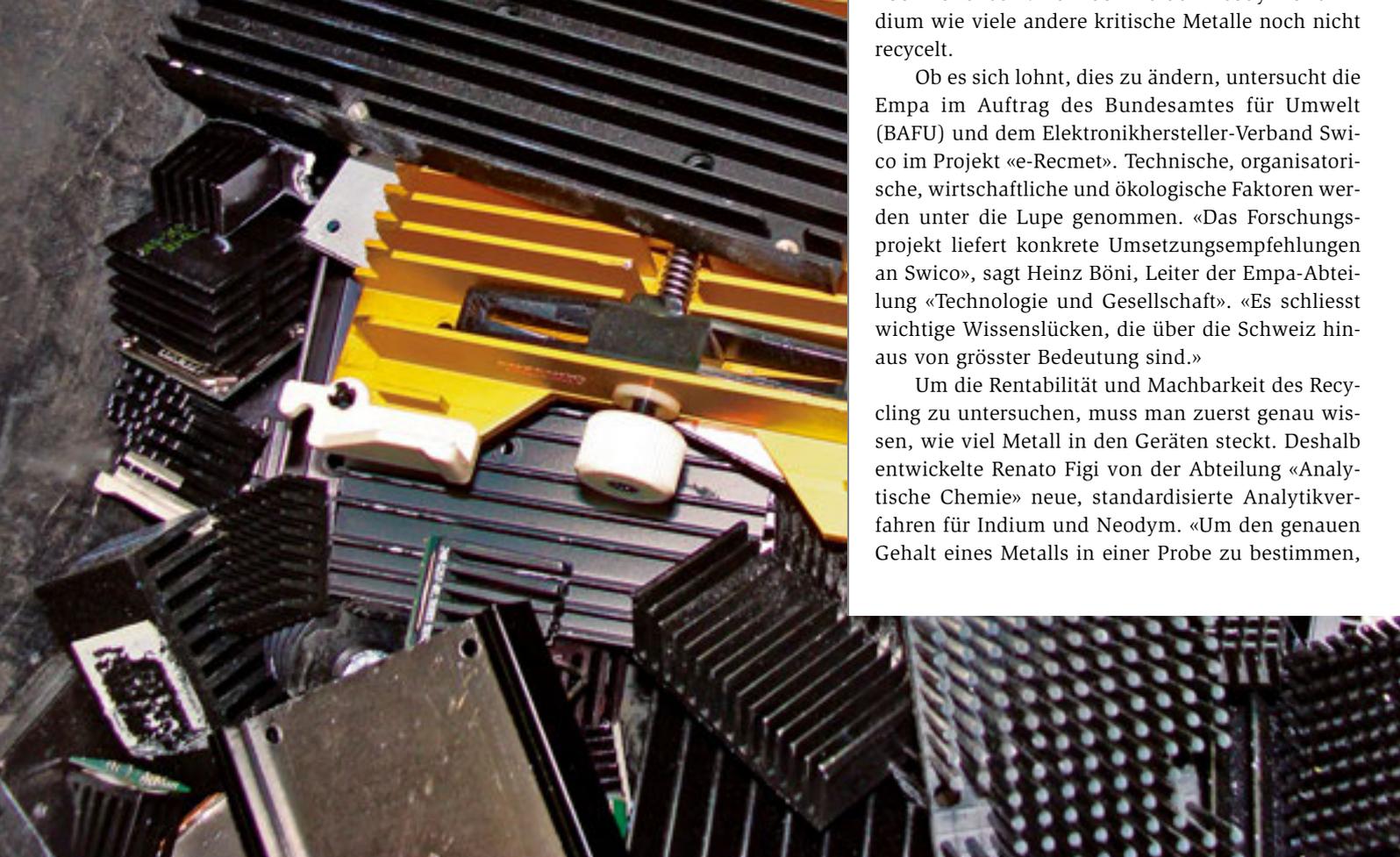


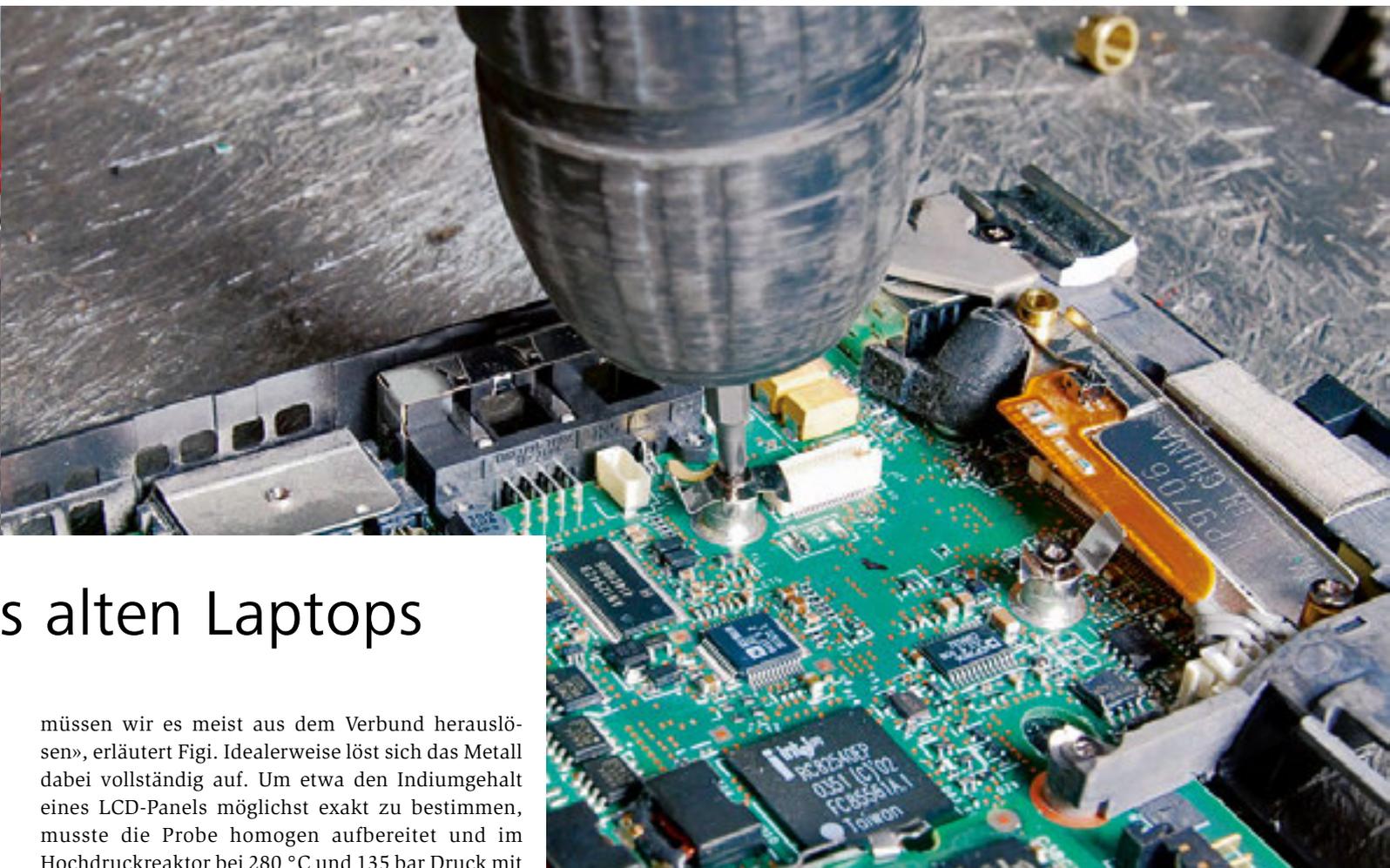
## Seltene Metalle au

Rund zwei Tonnen Indium und 84 Tonnen Neodym steckten im Jahr 2009 hierzulande in elektronischen Geräten. Indium ist etwa in LCD-Bildschirmen enthalten, Neodym in Magneten von Festplatten und Lautsprechern. Heute dürfte die Menge sogar noch höher sein. Dennoch werden Neodym und Indium wie viele andere kritische Metalle noch nicht recycelt.

Ob es sich lohnt, dies zu ändern, untersucht die Empa im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) und dem Elektronikhersteller-Verband Swico im Projekt «e-Recmet». Technische, organisatorische, wirtschaftliche und ökologische Faktoren werden unter die Lupe genommen. «Das Forschungsprojekt liefert konkrete Umsetzungsempfehlungen an Swico», sagt Heinz Böni, Leiter der Empa-Abteilung «Technologie und Gesellschaft». «Es schliesst wichtige Wissenslücken, die über die Schweiz hinaus von grösster Bedeutung sind.»

Um die Rentabilität und Machbarkeit des Recyclings zu untersuchen, muss man zuerst genau wissen, wie viel Metall in den Geräten steckt. Deshalb entwickelte Renato Figi von der Abteilung «Analytische Chemie» neue, standardisierte Analytikverfahren für Indium und Neodym. «Um den genauen Gehalt eines Metalls in einer Probe zu bestimmen,





## s alten Laptops

müssen wir es meist aus dem Verbund herauslösen», erläutert Figi. Idealerweise löst sich das Metall dabei vollständig auf. Um etwa den Indiumgehalt eines LCD-Panels möglichst exakt zu bestimmen, musste die Probe homogen aufbereitet und im Hochdruckreaktor bei 280 °C und 135 bar Druck mit Salpetersäure aufgeschlossen werden – ein Verfahren mit rund 20 veränderlichen Parametern, die alle einzeln getestet werden mussten. Doch der Aufwand habe sich gelohnt, so Figi: «Nun haben wir ein Verfahren, das reproduzierbar überall eingesetzt werden kann, wo die nötigen Laborgeräte zur Verfügung stehen.»

Das Projekt steht kurz vor Abschluss; Heinz Böni zieht eine erste Bilanz: «Es ist technisch möglich, Indium und Neodym zu recyceln. Und aus ökologischer Sicht ist es vorteilhaft gegenüber einer primären Förderung aus Minen.» So weit, so gut, aber: «Am Ende werden die Recyclingkosten mitentscheiden», weiss Böni. Diese liegen zurzeit über dem Marktpreis der Metalle – doch mit Hilfe der vorgezogenen Recyclinggebühr, die Schweizer Konsumenten mit jedem gekauften Gerät bezahlen, könnte man sie bereits heute decken. «Das wäre ein wahrhaft pionierhafter Schritt», so Böni. «In Europa und weltweit.»



Video  
Wertvoller Müll: Gewürzmetalle  
aus Edelschrott.

[http://youtu.be/53i8\\_BtD0g4](http://youtu.be/53i8_BtD0g4)

### Indium

Verwendung	Dünnschichten, Lote und Legierungen, Verbundstoffe, Halbleiter
Kilopreis	ca. 700 CHF
Abbaumenge pro Jahr	über 500 Tonnen
Geschätzte Reserven	11 000 Tonnen
Konzentration in Primärmine	1–100 Gramm pro Tonne
Konzentration in Komponenten (LCD-Panel)	140–220 Gramm pro Tonne
Lagerbestand 2009 in Flachbildschirmen in der Schweiz	2,1 Tonnen Indium

### Neodym

Verwendung	Festplatten, Motoren, Lautsprecher, MRI
Kilopreis	ca. 90 CHF
Abbaumenge pro Jahr	21 500 Tonnen
Geschätzte Reserven	110 Millionen Tonnen
Konzentration in Primärmine	1,2–17,6 kg pro Tonne
Konzentration in Komponenten (Neodymmagnete)	320–640 kg pro Tonne
Lagerbestand 2009 in Festplatten und Lautsprechern in der Schweiz	84 Tonnen

# Fairness im Recycling

Viele unserer Rohstoffe stammen aus Entwicklungsländern. Standards und zugehörige Labels sichern die Nachhaltigkeit ihrer Gewinnung. So gibt es etwa Max-Havelaar-Bananen und Fairtrade-zertifizierte Goldminen.

Doch Gold wird nicht nur aus Minen gefördert; ausgediente Handys enthalten das Edelmetall in rund 30-mal konzentrierterer Form. Gold wird, wie viele Sekundärrohstoffe, recycelt – auch in Entwicklungsländern. Für wiedergewonnenes Gold oder Kupfer gibt es jedoch keine Zertifizierungen. Die Rückgewinnung erfolgt unkontrolliert und mit Methoden, die eine Gefahr für Mensch und Umwelt darstellen.

Deshalb arbeiten die Empa und das Staatssekretariat für Wirtschaft (SECO) seit 2003 an einem nachhaltigeren Elektroschrott-Recycling. Das ursprüngliche «Swiss e-Waste Programme» konnte in Indien, Südafrika, Kolumbien und Peru erste Verbesserungen bewirken. Vor einem Jahr startete das Folgeprogramm «Sustainable Recycling Industries» (SRI), das in sieben Entwicklungsländern – dazu kommen nun Ghana, Ägypten und Brasilien – über vier Jahre den Aufbau eines nachhaltigen Systems zum Elektroschrott-Recycling unterstützen soll. In Indien, Südafrika, Ägypten und Brasilien werden zudem Zentren für Ökoinventar-Daten eingerichtet. In Indien liegt ein Fokus auf gefährlichen Zusatzstoffen, wie Flammhemmer in recycelten Kunststoffen, während in Südafrika die Entsorgung alter Kühlgeräte im Vordergrund steht.

Vor kurzem wurden die Verträge mit den wichtigsten Partnern unterzeichnet, nun beginnt die Umsetzung. KMUs im Recycling-Sektor sollen dank verschiedener Projekte den Anreiz und die Möglichkeit erhalten, nachhaltiger zu arbeiten. Als Projektleiter bringt die Empa ihre wissenschaftliche Expertise ein, zum Beispiel im Schadstoffmonitoring, bei der Lebenszyklusanalyse und beim Testen von Verfahren auf Effizienz und Umweltbelastung. «Es ist eine Herausforderung», sagt Rolf Widmer von der Abteilung «Technologie und Gesellschaft», «die Schadstoffüberwachung und -analyse trotz niedriger Kosten und mit einfachsten Mitteln zum Laufen zu bringen.»

Industrieländer wie die Schweiz sind auf Rohstoffe angewiesen – je länger, je mehr auf sekundäre. «Es ist daher wichtig, dass auch diese nachhaltig produziert werden», betont Empa-Forscher Heinz Böni. Die Erkenntnisse aus den einzelnen Ländern werden deshalb regelmässig am «Global Roundtable for Responsible Recycling» zusammengeführt. Auf dieser Grundlage soll dann ein Nachhaltigkeitsstandard für sekundäre Rohstoffe entstehen.



Video

Elektronikschrott in Indien:  
Recycling dank Empa-Know-how.

<http://youtu.be/RMuGAmwgX1o>



