DAMIT´S RUND LÄUFT

Ressourcenlogistik sorgt für effiziente Kreislaufwirtschaft – Planungs- und Optimierungsansätze für Umgang mit Rohstoffen gefragt

Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen, Dr.-Ing. Andreas Nikel

Der Rohstoffverbrauch der Weltwirtschaft steigt. Gleichzeitig klettern die Preise für Rohöl, Edelmetalle oder Eisenerz. Vor diesem Hintergrund gewinnt eine intelligente Ressourcenwirtschaft an Bedeutung, die verstärkt hochwertige Sekundärrohstoffe gewinnt und einsetzt.

Bei der Recyclingtechnologie ist Deutschland Weltmarktführer. Was jedoch bislang fehlt, sind systematische Planungs- und Optimierungsansätze, die den hochdynamischen Anforderungen der Ressourcenwirtschaft gerecht werden. Mit der »Ressourcenlogistik« will das Fraunhofer IML wissenschaftlich fundierte branchenspezifische Innovationen entwickeln. Deutschland ist als rohstoffarme Exportnation von der Einfuhr von Primärressourcen zur Erzeugung von Energie und Herstellung von Produkten abhängig. Allerdings gehen vom jährlichen Rohstoffverbrauch lediglich 15 Prozent in Produkte, die länger als ein halbes Jahr Bestand haben[1]. Die Menge an Rohstoffen, die damit nach nur sechs Monaten der Volkswirtschaft entzogen werden, ist immens.

Seit Beginn der 90er Jahre hat sich daher in Deutschland eine hochspezialisierte Branche entwickelt, die die in Abfällen und Reststoffen enthaltenen Rohstoffe in High-Tech-Prozessen zurückgewinnt und dem Markt als neue Rohstoffe oder als alternative Energieträger zur Verfügung stellt und damit einen Umsatz von schätzungsweise 50 Milliarden Euro pro Jahr erzielt[2]. Bislang kann allerdings nur ein Teil der Rohstoffe unter wirtschaftlichen Bedingungen als so genannte Sekundärressourcen zurückgewonnen werden. Mit dem Ansteigen der Marktpreise für Primärressourcen könnte sich das bald ändern.

Der Rohstoffhunger der Welt

Der weltweite jährliche Rohstoffverbrauch wird vom World Resources Institute mit rund 5.600 Millionen Tonnen beziffert. Dabei handelt es sich einerseits um Rohstoffe zur stofflichen Weiterverarbeitung wie Eisenerz oder Edelmetalle, andererseits um Energieträger wie Rohöl, Kohle oder Erdgas. Aufgrund seiner Energiedichte und Transportfähigkeit ist das Erdöl nach wie vor als der wichtigste Energieträger anzusehen und in den Industriegesellschaften der Welt derzeit durch keinen anderen Stoff adäquat zu ersetzten. Die Bundesanstalt für Geowissenschaften kam allerdings 2005 zu dem Schluss, dass »konventionelles Erdöl zukünftig nicht mehr unbegrenzt verfügbar« sei[3].

Die Deutsche Bank Research formulierte dies sogar noch drastischer: »Das Ölzeitalter nähert sich bald seinem Ende. Der aktuelle Preisanstieg von Erdöl und Ergas ist nur ein Vorgeschmack auf künftige Energiemarktentwicklungen«[4]. Zum Vergleich: 1996 lag der Ölpreis für ein Barrel der Sorte Brent Crude Oil bei 18 US$. Im Juni 2006 betrug der Spotmarktpreis 70 US$ pro Barrel, eine stattliche Steigerung von fast 400 Prozent in nur zehn Jahren[5]. Auch bei den stofflich genutzten Rohstoffen waren in den letzten Jahren durchweg deutliche Steigerungen im Preisniveau zu verzeichnen.

Vor allem die steigende Nachfrage der Schwellenländer Indien und China hat zur Verteuerung der Marktpreise von Metallerzen geführt, da die Primärrohstoffmärkte nicht in der Lage waren, auf die sich kurzfristig ändernde Nachfragesituation flexibel zu reagieren. Die Ausweitung der Produktionskapazitäten ist hier nur vor einem längeren Zeithorizont realisierbar, da der Aufbau neuer Kapazitäten durch die notwendige Exploration und Erschließung der Rohstoffvorkommen sehr langwierig ist. Darüber hinaus ist die Verfügbarkeit einiger Rohstoffvorräte ähnlich eingeschränkt wie bei den fossilen Brennstoffen. So warnt der Vorsitzende der Rohstoffkonzerne Lumina Copper und Pan American Silver, Ross Beaty, vor einer weltweit rückläufigen Förderung von Primärkupfer ab dem Jahr 2008[6]. Er führt dies darauf zurück, dass 21 der 28 größten Kupferminen der Welt nicht mehr in der Lage sein werden, ihre Produktionskapazitäten auszuweiten, und zudem zahlreiche Kupferminen in den Jahren 2010 bis 2015 vollständig erschöpft sein werden. In den letzten Jahrzehnten sind aber kaum noch neue Kupfervorkommen entdeckt worden. In Zukunft werden daher Sekundärressourcen eine immer stärkere Rolle zur Gewährleistung der Rohstoffsicherheit spielen müssen.

Kupfergewinnung aus Recyclingmaterial mit einer Reinheit von 99,99%
Bild:
Norddeutsche Affinerie AG

Konzept des Urban Mining

Mit dem Begriff des »Urban Mining« wird die Gewinnung von Sekundärressourcen aus Zivilisationsabfällen und Produktionsreststoffen beschrieben. Das Potenzial des Urban Mining ist dabei erstaunlich hoch: So weisen etwa gebrauchte Toner-Kartuschen einen höheren Prozentsatz an Gold auf als das Material, aus dem in Südafrika dieses Edelmetall gewonnen wird. Auch in Baurestabfällen findet man nicht selten höhere Prozentsätze an Kupfer als im Erz aus Kupferbergwerken[7]. Von weiteren »Goldgruben«, wie sie beispielsweise das Edelmetallgemisch im Elektronikschrott darstellt, einmal ganz abgesehen.

Etwa 65 Prozent des deutschen Abfallaufkommens werden heute recycelt oder als Ersatz für primäre Energieträger genutzt. Aber nicht alle Sekundärrohstoffe können zu Kosten zurück gewonnen werden, die im Vergleich zu den Marktpreisen von Primärrohstoffen konkurrenzfähig sind. Die Kostenschere zwischen Gewinnungskosten für Sekundärrohstoffe und Marktpreisen für Primärrohstoffe wird sich allerdings, wenn sich der derzeitige Trend verfestigen sollte, langfristig schließen. Denn während die Preise für Primärrohstoffe weiter steigen werden, führt der technische Fortschritt mittelfristig zu einer Senkung der Gewinnungskosten der Sekundärrohstoffe[8]. Den derzeit größten Effekt leisten Sekundärrohstoffe bei der Substitution von Metallerzen. Die Menge eingesparter Rohstoffe wie Eisenerz oder

[1]Quelle: Dosch, Klaus: Abfallwirtschaft als Rohstoffwirtschaft, Wetzlar 2005

[2]HIFEU Heidelberg 2005

[3]Quelle: Gerling, Peter: Erdöl – Reserven, Ressourcen und Reichweiten, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe 2005

[4]Quelle: Auer, Josef: Bioenergien für die Zeit nach dem Öl, Deutsche Bank Research 2005

[5]Entwicklung der Preise für Energierohstoffe (nominal) seit 1940. Quelle: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

[6]Quelle: Watson, Roland: Peak Copper, 2005

[7]Quelle: Rechberger, Helmut: Wetzlarer Abfalltag 2004

[8]Schließung der Kostenschere. Quelle: Hoffmeyer, Peter: Von der Abfallwirtschaft zur Ressourcenwirtschaft, Leipzig 2005

[9]Quelle: »Urban Mining« gegen die Rohstoffknappheit. BDE 3. Juli 2006

Bauxit haben einen Wert von gut 1,4 Milliarden Euro pro Jahr. Dies sind rund 20 Prozent der deutschen Importe an Erzen und Konzentraten[9].

Ebenso tragen die Sekundärbrennstoffe mit Einsparungen von jährlich rund 2,2 Milliarden Euro zur Entlastung der deutschen Volkswirtschaft bei. Weitere Erfolgsstories der deutschen Ressourcenwirtschaft sind Altglas und Altpapier, deren innerdeutsche Nachfrage von den Papiermühlen und Glashütten derart groß ist, dass diese »Abfälle« sogar aus dem benachbarten Ausland importiert werden.

Neben diesen etablierten und bekannten Sekundärressourcen gibt es eine Vielfalt an weiteren Produkten der Ressourcenwirtschaft, die bislang nur wenig bekannt sind oder für die sich erst jetzt wirtschaftlich attraktive Märkte entwickeln, wie Gipsderivate oder Destillate aus Altöl. Die Anzahl und die Menge dieser Sekundärressourcen werden mit dem Trend der Rohstoffverknappung weiter zunehmen. Die Steuerung und die Optimierung dieser Mengenströme ist Aufgabe der Ressourcenlogistik.

Herausforderungen der Ressourcenlogistik

Bei der Entwicklung und Optimierung von logistischen Systemen für die Ressourcenwirtschaft sind insbesondere zwei Herausforderungen zu bewältigen: Auf der einen Seite die gesetzliche Unterscheidung zwischen »Abfall« und »Produkt« und auf der anderen Seite die nicht konstante Verfügbarkeit des Ausgangsmaterials für die Sekundärressourcen.

So schwierig und schwammig die Unterscheidung zwischen »Abfall« und »Produkt« auch sein mag, so bedeutet sie für jeden Wirtschaftsakteur eine scharfe Trennlinie: Wer mit Abfällen zu tun hat, muss einerseits automatisch mit höheren Umweltauflagen rechnen, andererseits sind die Produzenten gesetzlichen Anforderungen unterworfen, wie sie an jedes andere industrielle Produkt auch gestellt werden.

In der Praxis bedeutet das konkret, dass beispielsweise bei der Produktion von Sekundärkupfer für die Sammlung, Lagerung und Aufbereitung der Kupferschrotte, die als Abfall gelten, diverse Auflagen des Abfallrechts und der Bundesimmissionsschutzverordnung bei der Bodenabdichtung und bei der Informationsvorhaltung einzuhalten sind. Sobald der Kupferschrott eingeschmolzen und veredelt worden ist, also ein Produkt entstanden ist, entfallen diese Auflagen weitgehend und werden dann durch Gesetze wie REACH, das eine genaue Produktdeklaration verlangt, oder die Produkthaftung ersetzt.

Die Verfügbarkeit der Ressourcen stellt die zweite große Herausforderung der Ressourcenlogistik dar: Abfälle als Ausgangsmaterial für Sekundärrohstoffe fallen nicht kontinuierlich im Massenstrom an, sondern in kleinen und kleinsten Einheiten mit starken Schwankungen sowohl in Menge als auch in der Zusammensetzung. Die verarbeitende Industrie benötigt jedoch die Sekundärrohstoffe kontinuierlich und mit gleich bleibender Qualität, wie sie es von den Primärrohstoffen her gewohnt ist. Daher sind also die Produzenten der Sekundärrohstoffe gefragt, einerseits mit einer geeigneten Verfahrenstechnik für konstante Qualitätsniveaus zu sorgen und andererseits durch eine optimierte Logistik das richtige Ausgangsmaterial zur richtigen Zeit zur Verfügung zu haben.

Der Schlüssel der Ressourcenlogistik heißt dabei »Beherrschung der Dynamik«: Um die Sicherheit der Produktionsversorgung bei sich sehr dynamisch verändernden Rahmenbedingungen zu gewährleisten, müssen ebenso dynamische Methoden für die Steuerung und Optimierung der Logistiknetzwerke der Ressourcenwirtschaft zum Einsatz kommen.
Aktuell wird am Fraunhofer IML ein Leitstand für die Ressourcenlogistik entwickelt und erprobt, mit dem die dynamischen Stoffströme eines Recyclingunternehmens in Echtzeit abgebildet und optimiert werden können. Dabei kommen so genannte »Meta-Heuristiken« oder auch »naturanaloge

Die deutschen Stahlrecyclingunternehmen beschäftigen 35.000 Mitarbeiter – Tendenz steigend.

Algorithmen« zum Einsatz, die innerhalb kürzester Zeit komplexe Stoffstromnetzwerke optimieren können und auf diese Weise die Dynamik beherrschbar machen. Benötigt werden solche Leitstände beispielsweise in der Energiewirtschaft bei der Versorgung von Kraftwerken mit Ersatzbrennstoffen. Hier besteht die Herausforderung darin, den Kraftwerken einen kontinuierlichen Massenstrom an Brennstoffen mit einem konstanten Brennwert zu garantieren. Dies geschieht, indem die Stoffströme aus verschiedenen Quellen mit jeweils unterschiedlichen Brennwerten im Lagerbunker des Kraftwerks in der richtigen Menge und zur richtigen Zeit miteinander vermischt werden. Eine Aufgabe, die mit einem hohen Steuerungsaufwand verbunden ist und die durch den Einsatz des Leitstandes zukünftig deutlich vereinfacht wird.

Ein weiteres aktuelles Forschungsprojekt ist die Untersuchung von Einsatzmöglichkeiten innovativer Informations- und Kommunikationstechnologien in der Ressourcenlogistik.

Dazu wurde im openID-Center eigens das »Laboratory for Waste Management and Communication Technologies – WICI« eingerichtet. WICI ist ein mobiles Versuchslabor für die Entwicklung und den Test von IT-Komponenten unter den speziellen Rahmenbedingungen der Ressourcenlogistik. Im WICI können sowohl unter Labor- als auch unter Praxisbedingungen verschiedenste IT-Technologien hinsichtlich ihrer Eigenschaften untersucht und miteinander verglichen werden. Hierzu gehören auch RFID-Komponenten, die in der Ressourcenwirtschaft zwar schon seit den 90er Jahren für das Behältermanagement verwendet werden, deren Potenziale aber noch lange nicht ausgeschöpft sind, zum Beispiel in Kombination mit GPS-Modulen[10].

Perspektive 2020

Was wird in den nächsten Jahren auf die deutsche Wirtschaft zukommen? Bereits 1999 hat das Bundesumweltministerium ein sehr ehrgeiziges Ziel formuliert: Bis zum Jahr 2020 sollen Siedlungsabfälle nicht mehr deponiert, sondern vollständig und umweltverträglich als Sekundärressourcen verwertet werden. Eine Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes hat dazu ergeben, dass das vorhandene Know-how eine 100-prozentige Verwertung aller deutschen Siedlungsabfälle innerhalb der nächsten 15 Jahre möglich machen wird. Die benötigten Verfahrenstechniken dazu seien im Prinzip bereits jetzt vorhanden, und fraglich sei lediglich, welche Verfahrenskombinationen sich letztendlich am Markt durchsetzen werden[11]. Mit der Veränderung der deutschen Verwertungslandschaft werden auch auf die Ressourcenlogistik weitere Herausforderungen zukommen: Die Stoffströme werden noch kleinteiliger, weil immer mehr Wertstofffraktionen wieder in den Wirtschaftskreislauf gelangen. Damit werden auch die zu steuernden Stoffstrom-Netzwerke komplexer, der Aufwand für die Beherrschung der dynamischen Rahmenbedingungen steigt. Doch parallel dazu werden auch die ökonomischen Anreize für die Rohstoff verarbeitende Industrie durch vermehrte Alternativen für teure Primärrohstoffe ansteigen.

Die Aufgabe der nächsten Jahre liegt also darin, auch das erhöhte Maß an Dynamik und Komplexität der Ressourcenwirtschaft zu beherrschen. Die Ressourcenlogistik, wie sie das Fraunhofer IML definiert und erforscht, bietet die Methoden und Werkzeuge dafür. Spätestens wenn sich die Kostenschere zwischen den Gewinnungskosten für Sekundärressourcen und den Marktpreisen für die Primärrohstoffe in wenigen Jahren geschlossen hat, werden insbesondere diejenigen Unternehmen davon profitieren, die frühzeitig die Chancen der Ressourcenwirtschaft für sich erkannt und auch erschlossen haben.

[10] Quelle: Clausen, U., Steinwender, F.: RFID-Einsatz in der Kreislaufwirtschaft, Prien 2006
[11] Quelle: Friedl, C.: Die TASi war der Anfang. In: ENTSORGA-Magazin 2/2006