



LEIBNIZ-INSTITUT
für interdisziplinäre Studien e.V.
(LIFIS)

20th LEIBNIZ-CONFERENCE
OF ADVANCED SCIENCE

RECYCLING

**Ressourcenmanagement als Beitrag
zur gesicherten Rohstoffversorgung**

Programm
Abstracts

19. - 20. Mai 2016

Lichtenwalde

- RECYCLING -

**Ressourcenmanagement als Beitrag
zur gesicherten Rohstoffversorgung**

19. - 20. Mai 2016



P R O G R A M M

Donnerstag, 19. Mai 2016

09:00 – 10:00	Anmeldung/Registrierung
10:00 – 10:05	Begrüßung Frieder Sieber Vorsitzender des LIFIS e. V.
10:05 – 10:15	Eröffnung Reiner Wedell
10:15 – 10:50	SYLVIA SCHADE – DANNEWITZ, JÜRGEN POERSCHKE, PETRA HAUSCHILD Hochschule Nordhausen, Nordhausen “Innovative Ansätze zur Wertstoffwende”
10:50 – 12:50	GESELLSCHAFTSPOLITISCHE STRATEGIEN CORNELIA DROSTE Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Berlin “Umsetzung und Weiterentwicklung des Deutschen Ressourceneffizienzprogramms” FLORIS AKKERMAN Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin “Recycling, Ressourceneffizienz und Abfallvermeidung als Produkteigenschaft? – Das Beispiel Ökodesignrichtlinie” TATJANA KIESOW Deutsche Materialeffizienzagentur (demea), Berlin “Unterstützung effizienter Ressourcennutzung”

ADELE CLAUSEN, KAROLINE RAULF, THOMAS
PRETZ
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule, Aachen
**“Der Einfluss ökonomischer Rahmenbedingungen auf
die Aufbereitungstiefe von Abfällen”**

12:50 – 13:05

P A U S E

13:05 – 13:35

RECYCLING FÜR DIE PHARMAZIE

JÜRGEN LEONHARDT
I.U.T. Medical GmbH, Berlin
**“Die Rückgewinnung des radioaktiven
Kohlenstoffisotops ^{14}C durch Isotopentrennung mittels
Thermodiffusion im Gemisch von $^{14}\text{CO}_2$ und $^{12}\text{CO}_2$ ”**

13:35 – 14:30

MITTAGESSEN

14:30 – 16:30

RECYCLINGVERFAHREN FÜR METALLE UND SELTENE ERDEN (I)

MARKUS REUTER
Helmholtz – Institut für Ressourcentechnologie, Freiberg
“Internet der metallurgischen Dinge”

ANGELIKA FEIERABEND
SECOPTA GmbH, Berlin
**“Präzisionsrecycling - Einsatz innovativer
Technologien zur Erzielung einer hohen Sortenreinheit
in der Metallsortierung”**

TOMAS JINDRA
pure bohemia s.r.o., Louny, Tschechien
**“Separation und Raffination von Metallen in der
Dünnschichtindustrie”**

DENIS DURING
ReCyTec AG, Mühlacker Enzberg
“Edelmetallrecycling aus der Dentaltechnik”

16:30 – 17:00

PAUSE

17:00 – 18:30

RECYCLINGVERFAHREN FÜR METALLE UND SELTENE ERDEN (II)

DIETER MUCKE

GEOMONTAN GmbH & Co. KG, Großschirma

“Seltene Erden aus Anfallstoffen der Apatit-Verarbeitung”

JULIA HOBOHM, KERSTIN KUCHTA

TU Hamburg-Harburg, Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft, Fachbereich Abfallressourcenwirtschaft

“Maßnahmen zur Erhöhung der Sammelmengen von Elektro- und Elektronikgeräten”

INGOLF VOIGT

Fraunhofer Institut für Keramische Technologien und Systeme

“Recycling von Seltenen Metallen aus Prozesswässern der Metall - Bergbauindustrie”

19:30

E M P F A N G

für die Teilnehmer im Hotelrestaurant

Freitag, 20. Mai 2016

09:00 – 10:30

PHOSPHORRECYCLING UND DÜNGEMITTEL

LUDWIG HERMANN, TANJA SCHAAF

Outotec Finnland

“Verfahren zur Düngemittelherstellung aus Klärschlammaschen”

¹ANDREAS KÜHN, ¹REINER WEDELL, ²MARKUS OSTERMANN, ²CHRISTIAN ADAM, ²HANNES HERZEL, ³DAVID MORY

¹Institut für angewandte Photonik e. V., Berlin

²BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin

³LTB Lasertechnik Berlin GmbH, Berlin

“Analytische Verfahren zur On-Line-Bestimmung von Elementkonzentrationen in Pulvern und Aschen”

CHRISTIAN KABBE, FABIAN KRAUS, CHRISTIAN REMY

Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH

“Phosphorus recycling from wastewater – a template for the paradigm shift towards circular economy”

10:30 – 11:00	P A U S E
11:00 – 12:30	<p>AUFBEREITUNGS – UND SORTIERTECHNIK</p> <p>HOLGER LIEBERWIRTH, THOMAS KRAMPITZ Technische Universität Bergakademie Freiberg “Neue Entwicklungen in der Aufbereitungstechnik”</p> <p>¹ANDREAS KAISER, ¹RENAT GUBZHOKOV, ²MARIUS SCHEINER ¹IfG Institute for Scientific Instruments GmbH, Berlin ²Institut für angewandte Photonik e. V., Berlin “Online-Röntgenanalytik im Routinebetrieb bei Aufbereitung und Sortierung mit hohem Materialumsatz und/ oder hoher Ortsauflösung”</p> <p>MAREEN ZÖLLNER REMONDIS Assets & Services GmbH & Co. KG, Lünen “Herausforderungen der Analytik rezyklierter Kohlenstofffasern”</p>
12:30 – 13:15	MITTAGESSEN
13:15 – 13:55	<p>STEFAN EISERT, JANINA BARTKOWSKI ImpulsTec GmbH Dresden “Effizientes Recycling von Verbundwerkstoffen mittels Schockwellentechnologie”</p>
13:55 – 14:25	<p>GLASAUFBEREITUNG</p> <p>HERMANN MARSCH Maicom Quarz GmbH, Posterstein “Modifizierung nanoskalierter SiO₂ – Prozessabfälle – Ausgangsstoffe für neuartige Hochleistungsgläser”</p>
14:25 – 14:55	P A U S E

14:55 – 16:55

KUNSTSTOFF- UND ALTPAPIERRECYCLING

JONAS STILLER, FRANK HELBIG

Technische Universität Chemnitz, Institut für
Strukturleichtbau

**“Textilbasierte eigenverstärkte Kunststoffverbunde für
geschlossene Stoffkreisläufe”**

ARNE VOLLAND

LLA Instruments GmbH, Berlin

**“Prozessanalytische Innovationen für das Kunststoff-
und Papierrecycling”**

JASMIN BAUER

KNOTEN WEIMAR Internationale Transferstelle
Umwelttechnologien GmbH, Weimar

**“Biobasierte Kunststoffe im Post – Consumer -
Recyclingstrom”**

STEFAN HOYER, LOTHAR KROLL

Technische Universität Chemnitz

**“Werkstoffliches Recycling von Elastomeren in Theorie
und Praxis – Stand und Perspektiven des
Gummirecyclings”**

16:55

SCHLUSSWORT

ABSTRACTS

VORTRÄGE

Innovative Ansätze zur Wertstoffwende

Sylvia Schade-Dannewitz, Jürgen Poerschke, Petra Hauschild
Hochschule Nordhausen, Nordhausen

Um eine nachhaltige Industriegesellschaft zu schaffen, muss ergänzend zur Energiewende die Wertstoffwende vorangetrieben werden. Eine erfolgreiche Energiewende ist abhängig von einer erfolgreichen Wertstoffwende, und umgekehrt! Der innovative Kern des Forschungsvorhabens beruht auf einem interdisziplinären Ansatz. Dieser wird im Rahmen des Förderprogramms „Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation“ durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert.

Da die Ressourcenrückführung als wesentlicher Schwachpunkt des zu schließenden Wertstoffkreislaufes erkannt wurde, ist demzufolge hierauf ein Schwerpunkt zu setzen. Eine Wertstoffwende wird in großem Maße von der Integration der Bürger abhängen. Am Anfang des Recyclings steht die Sammlung. Doch gerade hierbei besteht erheblicher Verbesserungsbedarf. Die Bandbreite der Probleme reicht dabei vom schlichten Fehlen von geeigneten Sammelsystemen über eine unzureichende Information der beabsichtigten Nutzer oder die ungünstige Positionierung der Sammelstellen. Bei vielen Bürgern fehlt oft das Wissen, was eine getrennte Sammlung bewirken könnte. So ist selbst in Deutschland mit einem eigentlich eher hohen und verbreiteten Umweltbewusstsein und idealen infrastrukturellen Bedingungen die Menge an fehlgesteuerten Abfällen immer noch immens. Neue Ansätze, die insbesondere darauf abzielen, besonders werthaltige Abfallkomponenten aus den großen gemischten Abfallströmen wie beispielsweise dem Hausmüll herauszuhalten, sind Gegenstand des aktuellen Forschungsprojektes „Recycling 2.0 – die Wertstoffwende - Forum“ an der Hochschule Nordhausen.

Im Rahmen von Feldstudien wird ein experimenteller Vergleich verschiedener Steuerungsmaßnahmen zur Optimierung der Ressourcenrückführung am Beispiel der Modellregion Nordhausen durchgeführt. Ziel ist es, neue Systeme zur Wertstoffsammlung bzw. -rückführung mit Unterstützung der Stadtwerke Nordhausen GmbH und den Nordthüringer Werkstätten gemeinnützige GmbH zu erproben. Das Projekt hat somit Modellcharakter für Städte bis 50.000 Einwohner. Ergänzend sollen Konzepte zur Sensibilisierung der Bürger hinsichtlich des Wertstoffgehaltes der Abfallströme sowie zur Anpassung des Konsumentenverhaltens im Hinblick auf Nachhaltigkeit entwickelt werden. Resultierende Zielstellung ist eine Strategie zur nachhaltigen Wertstoffrückführung. Ziel der Zusammenarbeit der Nordhäuser Umwelttechniker mit den Magdeburger Umweltpsychologen ist es, durch interdisziplinäre Herangehensweise gesellschaftliche Herausforderungen zu lösen. Durch diese Arbeiten wird insgesamt ein Lernprozess in Gang gesetzt. Die dabei gewonnenen Ergebnisse führen zu einem Erkenntnisgewinn, der uns wiederum bei der Strategieentwicklung hilft. Des Weiteren wird eine zielgruppenangepasste Marketingstrategie erstellt, sowie die Strukturen für die Öffentlichkeitsarbeit weiterentwickelt. Als Umsetzungspartner für zwei Feldstudien stehen die Stadtwerke Nordhausen GmbH sowie die Nordthüringer Werkstätten gemeinnützige GmbH zur Verfügung.

Umsetzung und Weiterentwicklung des Deutschen Ressourceneffizienzprogramms

Cornelia Droste

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Schon jetzt übersteigt die Nutzung von natürlichen Ressourcen die Regenerationsfähigkeit der Erde deutlich. Deshalb wird ein schonender und gleichzeitig effizienter Umgang mit natürlichen Ressourcen zu einer Schlüsselkompetenz zukunftsfähiger Gesellschaften. Die Bundesregierung hat aus diesem Grund im Februar 2012 das Deutsche Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess) verabschiedet, das kürzlich fortentwickelt wurde (ProgRess II). Zum Schutz der natürlichen Ressourcen hat sich somit Deutschland als eine der ersten Nationen in Europa auf einen Regierungsbeschluss zu Leitideen und Handlungsansätzen geeinigt, um die Ressourceneffizienz entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu verbessern. Mit der Zielsetzung, den Einsatz natürlicher Ressourcen stärker von der wirtschaftlichen Entwicklung zu entkoppeln, die Effizienz fortlaufend zu steigern und die Inanspruchnahme der natürlichen Ressourcen weiter zu reduzieren, soll Deutschland zu einer der effizientesten und umweltschonendsten Volkswirtschaften weltweit werden.

Das Programm setzt insbesondere auf Marktanreize, Information, Beratung, Bildung, Forschung und Innovation sowie auf die Stärkung freiwilliger Maßnahmen und Initiativen in Wirtschaft und Gesellschaft. Eine wesentliche Weiterentwicklung seit 2012 beinhaltet, dass mit ProgRess II verstärkt Material- und Energieströme gemeinsam betrachtet werden sollen, um Synergieeffekte nutzen und mögliche Zielkonflikte rechtzeitig erkennen und reduzieren zu können. Das Programm gibt auch einen Überblick über die zahlreichen bereits vorhandenen Aktivitäten der Bundesregierung, der Bundesländer, der Wirtschaft und Zivilgesellschaft zusammen. Es identifiziert auf dieser Grundlage den weiteren Handlungsbedarf und geeignete Handlungsansätze. So werden die Themen „Nachhaltiges Bauen und nachhaltige Stadtentwicklung“ sowie „Ressourceneffiziente Informations- und Kommunikationstechnik“ als eigenständige Handlungsfelder stärker in den Fokus gesetzt. Rund 100 weitere konkrete Maßnahmen und Prüfaufträge zur Steigerung der Ressourceneffizienz sind im Programm enthalten: der Ausbau der Beratung für kleine und mittlere Unternehmen, die Unterstützung von Umweltmanagementsystemen, die verstärkte Beschaffung ressourceneffizienter Produkte und Dienstleistungen durch die öffentliche Hand, verbesserte Verbraucherinformationen, der ressourceneffiziente Ausbau der Kreislaufwirtschaft, die Integration des Themas „natürliche Ressourcen“ in alle Bildungsbereiche sowie ein stärkerer Technologie- und Wissenstransfer in Entwicklungs- und Schwellenländer.

Recycling, Ressourceneffizienz und Abfallvermeidung als Produkteigenschaft? – Das Beispiel Ökodesignrichtlinie

Floris Akkermann

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung Berlin

Die Richtlinie 2009/125/EU kurz Ökodesignrichtlinie, erlaubt dem Gesetzgeber Eingriffe in die Produktgestaltung. Die Kriterien für einzelne Produktkategorien werden als direkt anwendbaren EU-Verordnungen festgelegt. Zur Vorbereitung lässt die EU-Kommission eine Art vereinfachter Lebenszyklusanalyse (LCA) durchführen, um relevante Umweltauswirkungen zu identifizieren und Vorschläge zur deren Verbesserung zu machen, zunächst vor allem zur Energieeffizienz.

Bekanntestes Beispiel ist das sog. Glühlampenverbot, eine Regelung zur Mindesteffizienz. In den letzten Jahren wächst das Interesse, das Potenzial der Richtlinie auch für andere Aspekte wie Ressourceneffizienz und der Umweltauswirkungen in der Produktion bzw. Entsorgung auszuschöpfen.

Der Vortrag stellt die Richtlinie und ihre Möglichkeiten für den Bereich Recyclingfähigkeit / Abfallvermeidung dar. Weiterhin wird die Frage der Marktüberwachung diskutiert.

Unterstützung effizienter Ressourcennutzung

Tatjana Kiesow

Deutsche Materialeffizienzagentur (demea), Berlin

Die sinnvolle Nutzung von Ressourcen ist notwendig, um einerseits die Basis unserer Wirtschaft auch in Zukunft zu sichern und andererseits die damit verbundenen Umweltschäden zu reduzieren. Die Substitution, die effiziente Ressourcennutzung, die Kaskadennutzung und die Kreislaufwirtschaft sind Ansätze, die Ressourcennutzung nachhaltig zu gestalten. Eine ganzheitliche Betrachtung der Wertschöpfungskette ist erforderlich, um die Nutzung der immer knapper werdenden Ressourcen ökonomisch und ökologisch auszurichten. Das Ziel ist es letztendlich von einer relativen zu einer absoluten Senkung der Ressourceninanspruchnahme zu gelangen.

Dies setzt das Wissen um die Rohstoffvorkommen und Abbaubedingungen ebenso voraus, wie die Entwicklung und Umsetzung neuer Wege und Technologien.

Der Bund, insbesondere das BMWi, unterstützt diese Ansätze entlang der Wertschöpfungskette mit vielfältigen Initiativen und Fördermaßnahmen.

Der Einfluss ökonomischer Rahmenbedingungen auf die Aufbereitungstiefe von Abfällen

Adele Clausen, Karoline Raulf, Thomas Pretz

Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule, Aachen

Abhängig von den standortspezifischen Rahmenbedingungen lässt sich der technische Aufwand einer Prozesskette definieren, der bei der Aufbereitung von Abfällen wirtschaftlich vertretbar ist. Dabei lässt sich der technische Aufwand etwa durch die Länge der Prozesskette und deren Einfluss auf erzeugte Produktqualitäten und -quantitäten beschreiben. Der wirtschaftliche Aufwand wird durch die bei Bau und Betrieb einer Abfallaufbereitungsanlage anfallenden Kosten definiert.

Der Beitrag geht auf den Einfluss ökonomischer Rahmenbedingungen auf die wirtschaftlich realisierbare Aufbereitungstiefe bei der Behandlung von Abfällen ein. Anhand eines Modells werden für ein konkretes Beispiel die Abhängigkeit der Aufbereitungstiefe von der Marktsituation für Produkte aufgezeigt und Sensitivitäten dargelegt.

Die Rückgewinnung des radioaktiven Kohlenstoffisotops ^{14}C durch Isotopentrennung mittels Thermodiffusion im Gemisch von $^{14}\text{CO}_2$ und $^{12}\text{CO}_2$

Jürgen Leonhardt

I.U.T. Medical GmbH Berlin

Das langlebige radioaktive ^{14}C wird für die Herstellung isotop markierter Moleküle in Medizin und Pharmazie eingesetzt. Infolge einer Halbwertszeit von 5370 Jahren stellt die Entsorgung der Syntheserückstände ein Problem dar. Diese Komponente ist oft stark verdünnt. Die Isotopentrennung ermöglicht die Wiederverwertung der angereicherten Fraktion für Synthesen und erleichtert die Entsorgung der abgereicherten Fraktion.

Die Massenspektrometrie ist das Messverfahren der Wahl. Isotopieeffekte des Kohlenstoffes und des Sauerstoffes müssen dabei berücksichtigt werden. Im Thermodiffusionstrennrohr kann die Konzentration des $^{14}\text{CO}_2$ durch die Messung der emittierten Betastrahlung mittels Ionisationskammer leicht bestimmt werden. Ein Thermodiffusionsrohr ist 4 m lang, der Innendurchmesser beträgt 8 mm. Der Mitteldraht wird auf ca. 750°C geheizt, die Außenwand auf 20°C gekühlt. Genutzt wurde eine Kaskade aus 5 Rohren, so dass eine Trennrohlänge von 20 Metern entstand, deren Volumen 1,25 Liter aufweist.

Im Gleichgewicht kann die Transportgleichung als Näherung geschrieben werden, aus der dann der Trennfaktor durch Integration bestimmt wird. Im Beitrag wird gezeigt, wie der Trennfaktor und die Konzentration in Abhängigkeit geometrischer Größen berechnet werden kann. Daraus geht hervor, dass nach etwa 1 Monat bei Einsatz von 5%igen Ausgangsmaterial eine Verdreifachung der Konzentration im schweren Rohr erfolgt ist. Die Ausbeute eines Monats beträgt 98 mCi, die eines Jahres 1176 mCi.

Das Zeitverhalten einer Trennanordnung ist durch die Zeit gegeben, die für das Erreichen des Gleichgewichtes erforderlich ist. Diese Einstellzeit wird durch die Rohrlänge L dominiert.

Die wichtigsten Rechengrundlagen zur Anlagendimensionierung sind gegeben. In praxi muss ein Kompromiss gefunden werden, der den Produktgewinn maximiert und die Entsorgungskosten für abgereicherte Fraktionen minimiert. Aus verfahrenstechnischen Gründen wird die Gesamtzahl der Trennrohre auf 20 festgelegt.

Internet der metallurgischen Dinge

Markus Reuter

Helmholtz – Institut Freiberg für Ressourcentechnologie, Freiberg

Metalle sind eine essenzielle und kritische Komponente unserer modernen Gesellschaft. Ein kurzes Nachdenken über ihre Allgegenwart in fast allen Prozessen der Energieversorgung und Materialherstellung genügt, um sich dies zu vergegenwärtigen. Über zahlreiche Hochtechnologie-Anwendungen spielen Metalle zugleich eine Schlüsselrolle auf dem Weg zu einer nachhaltigen Gesellschaft.

Kernthemen dieses Beitrages sind die Erhöhung der Ressourceneffizienz gemeinsam mit der weiteren Entwicklung einer Kreislaufwirtschaft. Dies ist nicht zuletzt durch das Recycling von End-of-Life (EoL) - Produkten möglich. Das notwendige Detail- und tiefgründige Wissen für ein wirkliches Verständnis von Ressourceneffizienz im Kontext einer Kreislaufwirtschaft wird besprochen und mit den Begrifflichkeiten „*Design für Recycling – DfR*“ vertieft. Dabei steht besonders das Verständnis um produktzentriertes Recycling im Vordergrund.

Die Buntmetalle Kupfer, Kobalt, Blei, Nickel, Zinn und Zink spielen eine wichtige Rolle in der heutigen Gesellschaft. Sie werden zunehmend für die Kreislaufwirtschaft von entscheidender Bedeutung. Durch eine vernetzte Trägermetallmetallurgie können dann wertvolle Technologiemetalle gewonnen werden. So bildet das Paradigma des

digitalisierten „System der Integrierten Metall-Produktion(SIMP)“ – mit anderen Worten, des metallurgischen „Internet der Dinge“ den Kern des Recycling 4.0.

Dieser Beitrag untersucht die spezielle und entscheidende Rolle von Buntmetallen als „Lösungsmittel und Spielmacher“ aller Recyclinganstrengungen, weil mit ihnen notwendige und kritische Spurenelemente verbunden sind. In erster Linie sind es die Buntmetalle und auch die Edelmetalle und die Platingruppenelemente, die darüber entscheiden, ob Recycling ebenso wie die metallurgische Infrastruktur genügend wirtschaftlich sind, um die komplex gebunden funktionale Elemente/Verbindungen und Verbundwerkstoffe in EoL-Produkte rückzugewinnen zu können. Damit ist nicht allein die Kritikalität der Elemente von Bedeutung, sondern ebenso die Kritikalität der metallurgischen Infrastruktur, die ein Recycling komplexer Produkte erst ermöglicht und somit Recycling 4.0 realisiert. Mit der Recycling 4.0 kann DfR an die SIMP gekoppelt werden. Energie- und Ressourceneffizienz können dann direkt bestimmt und verglichen werden.

Präzisionsrecycling - Einsatz innovativer Technologien zur Erzielung einer hohen Sortenreinheit in der Metallsortierung

Angelika Feierabend
SECOPTA GmbH, Berlin

Die inline arbeitenden Elementanalytoren der Serie MopaLIBS werden für den Einsatz im industriellen Umfeld zur Charakterisierung der chemischen Zusammensetzung von Materialströmen angeboten. Für Anwendungen im Bereich Recycling erfolgt deren Einsatz im Wesentlichen zur Analyse und Sortierung von Metallen. Die Anwendungsmöglichkeiten sind vielfältig und liegen hauptsächlich in den Bereichen Stück- und Volumenstromanalyse. Die Messsysteme werden stets über einem Transportband installiert. Zum Einsatz kommen robuste Messlaser, die mit Folgefrequenzen zwischen 20 - 100 kHz bei konstanter Laserleistung arbeiten. Aufgrund der daraus resultierenden kurzen Messzeiten können selbst kleine Objekte bei Bandgeschwindigkeiten bis zu 3 m/s berührungslos vermessen, analysiert und folgend sortiert werden.

Die Elementanalytoren MopaLIBS verfügen über Eigenschaften, die für den Einsatz in der industriellen Produktion von besonderem Vorteil bzw. notwendig sind.

Es werden Algorithmen zur Klassifizierung und Analyse anorganischer Materialströme wie Eisen (z. B. Trennung zwischen V2A / V4A, Analytik hoch bzw. niedrig legierte Stähle), Nichteisenmetalle (z. B. Titan- und Aluminiumanalytik) oder Mineralien im automatisierten Mess- und Sortierbetrieb angeboten. Der Vorteil beim Einsatz der Elementanalytoren MopaLIBS beruht auf der Möglichkeit, dass unterschiedliche und neuartige Sortierstrategien nutzbar sind. Anwendungen und Funktionsweise werden im Rahmen des Vortrages primär am Beispiel der Aluminiumsortierung vorgestellt.

Dabei erfolgt zunächst eine Elementanalyse für Aluminium und auf dieser Grundlage die Sortierung nach Legierungsgruppen, deren Wertebereiche in der DIN EN 573-3:2014 gelistet sind.

Der große ökonomische Vorteil bei der Herstellung von recyceltem Aluminium (Sekundäraluminium) besteht darin, dass dieser Prozess, verglichen mit der Primärerzeugung, weit weniger als ein Zehntel des erforderlichen Einsatzes an Energie benötigt. Wird Aluminium legierungsrein gesammelt bzw. recycelt, können die daraus resultierenden Materialströme nach Umschmelzung ohne Qualitätsverluste wiederverwendet werden.

Über alle auf einem Objekt gemessenen Spektren wird der Mittelwert gebildet. Das Mittelwertspektrum wird anschließend der Klassifikations-/ Analysemethode zugeführt. Damit kann eine gleichbleibende hohe Qualität der ausgetragenen Aluminium-Stoffströme garantiert werden. Wirtschaftlich und ökologisch ist dieses

Recyclingverfahren sinnvoll, da diese Materialien ohne Qualitätsverluste beliebig oft im Recyclingkreislauf verbringen können. LIBS-Analysetechnik wird hierbei auch in Zukunft einen wichtigen Beitrag leisten.

Separation und Raffination von Metallen in der Dünnschichtindustrie

Thomas Jindra

pure bohemia s.r.o., Louny, Tschechien

Beschichtungsprozesse werden in verschiedenen Industriebranchen genutzt, wie z.B. bei der Produktion von Automobilreflektoren, in der Fertigung von mikroelektronischen Bauelementen, bei der Herstellung von Spezialfolien, Solarmodulen, u. ä.

Im Produktionsprozess werden nicht nur die Produkte beschichtet, sondern als Störeffekt auch das Innere der Beschichtungsanlage und die speziellen Halterungen der Objekte. Nach einer bestimmten Zeit ist es nötig, die Anlage und die Halterungen zu reinigen oder durch neue Module zu ersetzen, damit man die Anlage wieder benutzen kann. Falls die Beschichtung wertvolle Metalle beinhaltet (z.B. Gold), ist es von Vorteil, in einem Recyclingprozess das Metall zu separieren und wiederzugewinnen. Unser Vortrag beschreibt unsere Erfahrungen auf diesem Gebiet.

Edelmetallrecycling aus der Dentaltechnik

Denis During

ReCyTec AG, Mühlacker Enzberg

Beim Recycling von Dentalmaterialien unterscheidet man als Ausgangsabfälle Feilung und Altgold sowie Gekrätz.

Feilung und Altgold entstehen aus Verarbeitungsabfällen, Schliff und fehlerhaften Gussobjekten in Dentallaboren sowie aus alten Kronen und Brücken. Diese werden dann in induktiven Schmelzanlagen weiterverarbeitet und dann zu Blöcken, Barren oder Granalien vergossen.

Gekrätz sind Bodenkehricht, Strahlsände, Einbettmassereste, Inhalte von Absauganlagen u. ä. Dies wird dann von Quecksilber befreit (Entqueckung), verascht und gemahlen.

Nach diesen Vorbehandlungen wird die Elementzusammensetzung der Proben mit verschiedenen physikalisch – optischen oder chemischen Methoden bestimmt. In Abhängigkeit von der Zusammensetzung erfolgt dann die Rückgewinnung der Edelmetalle durch hüttentechnische oder nasschemische Scheideverfahren. Einzelheiten werden im Vortrag genauer erläutert.

In einem zweiten Teil wird auf die Entwicklung für Edelmetalle genauer eingegangen. Es werden Einflussfaktoren aus gesellschaftspolitischer und technischer Sicht genauer beleuchtet.

Seltene Erden aus Anfallstoffen der Apatitverarbeitung

Dieter Mucke

GEOMONTAN GmbH & Co. KG, Großschirma

Es wird ein Überblick über wirtschaftlich nutzbare Lagerstätten von Seltenen Erden und die Entwicklung von Bergbauproduktion in der Welt gegeben. Die Produktion war von 80 kt/a (Seltenerdoxid-Inhalt) im Jahr 2000 auf 124 kt/a 2015 gestiegen.

Seit Beginn der industriellen Produktion von Thorium und Seltenen Erden mit der Erfindung des Gasglühlichts durch Carl Auer von Welsbach 1885 war Deutschland auf den Import der Rohstoffe, insbesondere von Monazitsand und später Bastnäsit angewiesen.

In der ehemaligen DDR wurden Monazitsand aus der KDVR (Nord-Korea) und Seltenerd-Konzentrate (Ceritchlorid) aus der VR China verarbeitet. In dem Bestreben, die Abhängigkeit von Importen aus dem nichtsozialistischen Ausland zu vermeiden, waren Monazit- Zirkon-Seifen in Strandsanden der Ostsee und tertiären Begleitschichten der Braunkohle untersucht worden. Durch Zusammenarbeit mit der SR Vietnam beim Aufschluss der Lagerstätte Dong Pao versuchte man die Rohstoffversorgung zu sichern. Bei der Suche nach Uranerzvorkommen durch die SDAG Wismut war in der Nähe von Storkwitz in Sachsen ein Bastnäsit-Vorkommen entdeckt und erkundet worden, das aber nach Einschätzung 1984 nicht abbauwürdig war.

In den letzten Jahren haben Seltene Erden zunehmend Bedeutung für Hochtechnologie-Produkte erlangt. Bedarf und Produktion sind rasant gestiegen. In diesem Zusammenhang stieg auch das Interesse an der Nutzung des Bastnäsit-Vorkommens in Storkwitz. Ein Bergbau- und Rohstoff-Unternehmen hatte vor einigen Jahren damit begonnen, die Lagerstätte zu erschließen und neue Probebohrungen veranlasst. 2012 wurde herausgestellt, dass die Gehalte an Seltenen Erden in Phosphorofenschlacke und Phosphorgips aus Kola-Apatit höher sind als in der bergmännisch aufzuschließenden Bastnäsit-Lagerstätte Storkwitz und die Rückgewinnung solcher gehalteten Anfallstoffe in Größenordnungen kostengünstiger wäre als der bergmännische Aufschluss einer Lagerstätte. Darauf war der Interessent am Aufschluss der Lagerstätte Storkwitz von GEOMONTAN hingewiesen worden. Für diese Aussage wurde auch auf Arbeiten zur Abtrennung von Seltenen Erden bei der Aufarbeitung von Kola-Apatit zu Düngemitteln und Phosphor in der ehemaligen DDR (Piesteritz, Bitterfeld u.a.) Bezug genommen. Die Bemühungen um den Aufschluss von Storkwitz waren dann zugunsten der Untersuchung von Anfallstoffen der Apatitverarbeitung aufgegeben worden.

Maßnahmen zur Erhöhung der Sammelmengen von Elektro- und Elektronikgeräten

Julia Hobohm, Kerstin Kuchta

TU Hamburg-Harburg, Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft, Fachbereich Abfallressourcenwirtschaft

Europa und damit Deutschland sind arm an Rohstoffen, insbesondere an metallischen Rohstoffen. Der Bedarf dieser Rohstoffe ist an den Konsum von Elektro- und Elektronikgeräten gekoppelt. Da der Gebrauch von Elektro- und Elektronikgeräten zukünftig steigen wird, wird auch der Bedarf an Metallen steigen. Aufgrund länderspezifischer Exporte und nicht existenter Alternativen besteht die Möglichkeit von Versorgungsunsicherheiten (European Commission 2010). Unter Beachtung des bereits vorhandenen Versorgungsrisikos und der wirtschaftlichen Bedeutung der Metalle müssen Alternativen zur Metallrückgewinnung für eine autarke Versorgung der Industrie in Europa gefunden werden.

Im Rahmen der Circular Economy sind die Elektro- und Elektronikaltgeräte (EAG) als eine urbane Ressource mit hohen Metallkonzentrationen identifiziert worden. Der Umgang von Elektro- und Elektronikgeräten sowie der Umgang mit Elektro- und Elektronikaltgeräten wird europaweit von der RICHTLINIE 2012/19/EU und in

Deutschland durch das Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten (Elektro- und Elektronikgerätegesetz – ElektroG2) geregelt. Basis für ein energie- und ressourceneffizientes Recycling im Hinblick auf die Konzentrierung von Metallen sind optimierte Sammel- und Sortiersysteme (Buchert et al. 2012). Im Bereich der Sammlung kommt es aber zu Verlusten durch unsachgemäße Entsorgung der EAG über die Restabfalltonne oder illegale Exporte (Sander und Schilling 2010). Diesen Verlusten kann durch strategisch ausgerichtete Sammelsysteme vorgebeugt werden. Hierbei können Holsysteme (Wertstofftonne, Sperrmüllsammlung), Bringsystem (Recyclinghof) oder Kombinationen (Depotcontainersysteme) intelligent im Hinblick auf eine hohe Qualität und Quantität installiert werden (Cord-Landwehr 2002). Diese ressourcenausgerichtete Sammlung wird im Rahmen des Vortrags erläutert und diskutiert werden

Recycling von Seltenen Metallen aus Prozesswässern der Metall-Bergbauindustrie

Ingolf Voigt

Fraunhofer Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS

Das Fraunhofer Institut IKTS entwickelt seit vielen Jahren keramische Membranen mit definierter Porengröße und Benetzbarkeit für die Flüssigfiltration und beschäftigt sich mit der elektrochemischen Abscheidung von Metallen. In dem neuen vom BMBF geförderten Projekt MExEM soll mit diesen Membranen ein messbarer Beitrag zur perspektivischen Verbesserung der Versorgungssicherheit vor allem für die strategischen Metalle Gallium (Ga) und Indium (In), sowie ggf. für Tellur (Te), Vanadium (V) und Antimon (Sb) geleistet werden. Hierzu wird ein neuartiges, kombiniertes Verfahren aus Membranextraktion und elektrochemischer Abscheidung für Prozesswässer der metallverarbeitenden Industrie (geringe Konzentration an seltenen Metallen), für Rückstände aus dem Bergbau sowie der weiterverarbeitenden Industrie entwickelt.

Verfahren zur Düngemittelherstellung aus Klärschlammaschen

Ludwig Hermann, Tanja Schaaf

Outotec, Finnland

Bekanntlich bieten sich mehrere Ansatzpunkte für die Rückgewinnung von Phosphat aus der Abwasserreinigung an: i) Phosphor in Lösung im Klärschlamm bzw. Schlammwasser nach Bio-P Phosphatelimination auf der Kläranlage; ii) Klärschlamm nach Säureaufschluss oder durch thermischen Aufschluss auf der Kläranlage oder auch auf zentralen Anlagen und iii) Aschen nach (Mono-)Verbrennung. Klärschlammaschen werden als Rohstoff für Phosphatrecycling von den meisten Abnehmern von Recyclingstoffen bevorzugt, weil sie frei von organischen Schadstoffen sind und die relative höchste Phosphatkonzentration mitbringen. In Deutschland fielen im Jahr 2011 294.000 t Klärschlammasche aus der Verbrennung von 947.000 t Klärschlamm in 23 Monoverbrennungsanlagen an, was einem durchschnittlichen Aschegehalt von 41% bezogen auf die Trockensubstanz entspricht.

Zur Wiedergewinnung bzw. zum Recycling von Phosphor aus Klärschlammaschen stehen zurzeit auch bereits mehrere Verfahren in den Startlöchern zur industriellen Umsetzung: i) Säureaufschluss der Aschen und Fällung von Dicalciumphosphat bzw. Herstellung von Phosphorsäure; ii) Thermischer Aufschluss mit Soda bzw. Natriumsulfat und Austreibung flüchtiger Schwermetalle und iii) Austreibung von Phosphor (P4) im

Schmelzreaktor und Hydrolysierung zu Phosphorsäure oder Kondensation zu weißem Phosphor. Auf diese drei Optionen wird im Vortrag näher eingegangen. Alle Verfahren basieren auf industriellen Prozessen, mit denen die jeweiligen Produkte aus Rohphosphat hergestellt werden.

Im Projekt P-REX (Joint EU Research Project P-REX 2012-2015, 2016) hat sich gezeigt, dass unter vergleichbaren Bedingungen das ASH DEC Verfahren und das – nicht primär auf die Behandlung von Aschen ausgerichtete Mephrec Verfahren den geringsten Umweltfußabdruck haben, obwohl – oder vielleicht gerade weil – sie thermische Verfahren sind. Abhängig vom Bezugsrahmen liegt der Zusatznutzen der Verfahren zumindest im Vermeiden vom Primärabfall Klärschlammasche, der Schließung der Phosphatkreisläufe und der Reduzierung der Entropie – alle Verfahren verfügen über Prozessschritte zur Ausschleusung von Schwermetallen, sofern sie im Anwendungsfall auch tatsächlich eingebaut werden. Die Entscheidung darüber liegt beim Gesetzgeber – Grenzwerte werden darüber entscheiden, ob von den technischen Möglichkeiten auch Gebrauch gemacht wird. Bei der Betrachtung des Bezugsrahmens P-Recycling – von der Asche bis zum Produkt – sind die Verfahren zurzeit nicht wettbewerbsfähig mit der Produktion von Phosphatdünger aus Rohphosphat. Wird der Bezugsrahmen jedoch auf die gesamte Prozesskette der Abwasserreinigung ausgedehnt, so können sich durchaus Einsparungen erzielen lassen. Eine energetisch hocheffiziente Prozesskette zur Schlammbehandlung wie sie 2015 in Zürich in Betrieb genommen wurde, wird - gegenüber technischen Systemen, die vor der Jahrtausendwende errichtet wurden - auch dann noch kostengünstiger für den Bürger sein, wenn P-Recycling in die Prozesskette integriert wird.

Analytische Verfahren zur On-Line-Bestimmung von Elementkonzentrationen in Pulvern und Aschen

¹Andreas Kühn, ¹Reiner Wedell, ¹Markus Ostermann, ²Christian Adam, ²Hannes Herzel, ³David Mory

¹Institut für angewandte Photonik e. V., Berlin

²BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin

³LTB Lasertechnik Berlin GmbH, Berlin

Die Aufbereitung kommunaler Abwässer leistet einen wichtigen Beitrag zum Schutz der Umwelt und der Reinhaltung der Gewässer. Im Zuge der Abwasserreinigung entstehen deutschlandweit jährlich ca. 2,4 Millionen Tonnen Klärschlamm. Diese Massen stellen für die Anlagenbetreiber oft eine Herausforderung bei der Entsorgung dar. Es sind jedoch neben zahllosen Schadstoffen auch anorganische Wert- und Nährstoffe enthalten deren Nutzung zunehmend attraktiv wird.

Ein essenzieller und in Lagerstätten begrenzt vorhandener Nährstoff ist Phosphor. Dieser ist in Klärschlämmen enthalten und erreicht in Klärschlammaschen Konzentrationen von bis zu 10 %. Eine Verwertung als Düngemittel in der Landwirtschaft ist jedoch nur für schadstoffarme Materialien mit guter Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe zulässig. Für die Aufbereitung von Klärschlämmen und Schadstoffentfrachtung von Klärschlammaschen existieren verschiedene technologische Ansätze. Für jeden Prozess ist eine analytische Überwachung der Nährstoffwerte sowie der Schadstoffgrenzwerte erforderlich.

Im Vortrag werden die Ergebnisse eines Projektes zur on-line Analytik thermisch aufbereiteter Klärschlammaschen vorgestellt. Es werden die Methoden der Röntgenfluoreszenz (RFA) und der Laserplasmaspektroskopie (LIBS) parallel angewendet und verglichen.

Phosphorus recycling from wastewater – a template for the paradigm shift towards circular economy

Christian Kabbe, Fabian Kraus, Christian Remy
Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH, Berlin

Circular economy for nutrients! How to turn buzz words into solid results? To sustain good harvests, each year millions of tons of fossil phosphorus have to be mined and processed, while the potential to recover and recycle this essential resource remain untapped or is just inefficiently used as in the case of sewage sludge, manure and food waste. To provide alternatives to argued traditional nutrient recycling routes and to allow more flexibility and more precise application, various technical solutions have been developed in recent years. They allow to recover phosphorus providing renewable mineral compounds suitable as raw material for industries like fertilizer production or even as ready-to-use “renewable” fertilizer. These alternative solutions can be categorized into two principle routes, the recovery from solid and from liquid phases of waste. Combinations including phase transfer between the both are considered as well. This contribution provides an overview of promising technologies for phosphorus recovery from waste streams, but also reveals recently developed and implemented synergies with nitrogen recovery. It discusses aspects regarding their wide-spread application but also limitations with special regards to environmental but also economic impacts. Not only the technologies themselves, also the obtained renewable materials and their valorization options are addressed. A powerful tool to quantify these impacts is represented by sound Life Cycle Assessment (LCA). Of course, to avoid misleading interpretation, data quality and correct system boundaries are crucial elements for soundness of the results and drawn conclusions relevant for policy and decision making. Under the light of already existing and feasible technologies, future focus should be laid upon bringing them to the market and not just to increase the spectrum of technologies. The current legal framework and the low prices for raw materials have to be considered as market barriers.

The ongoing revision of the European fertilizer regulation within the European Commission’s circular economy package provides a concrete example or even template, what issues have to be coped with and what measures have to be taken to create a level playing field for both, primary and secondary based materials destined for fertilizer use. Still, the so-called technical nutrient recovery is lacking a demand-side driven market pull for recovered (secondary) nutrients and the biggest challenge will be the bridging of the gap between supply (recovery) and demand (recycling). Whereas in the past, the focus of nutrient recovery technologies was laid upon high recovery rates for single nutrients, now energy efficiency, synergies and cost become more and more important. Resource efficiency can never be tackled for just one nutrient alone. Hence, sustainable phosphorus management can only be achieved by sustainable nutrient and energy management. And here the link to the other macro-nutrient nitrogen is most prominent. There is a lot of know-how already waiting to be shared with huge potential to be creatively transformed into innovation. Our future will be shaped by the ones who dare, not by the ones who fear! Think forward, act circular!

Neue Entwicklungen in der Aufbereitungstechnik

Holger Lieberwirth, Thomas Krampitz
Technische Universität Bergakademie Freiberg

Mit dem Streben nach weltweitem Wirtschaftswachstum und der Etablierung von Konsumgesellschaften nimmt gleichzeitig der Verbrauch an Rohstoffen rapide zu. Insofern steigen sowohl die Anforderungen an die Bereitstellung von Primär- und

Sekundärrohstoffen als auch an den effektiven Einsatz derselben. So ergibt sich eine Reihe von Zielkonflikten, die am Beispiel des Leichtbaus in der Elektromobilität erläutert werden sollen. Daraus lassen sich Entwicklungstendenzen für die Aufbereitungstechnik ableiten.

Das Institut für Aufbereitungsmaschinen der TU Bergakademie Freiberg (IAM) beschäftigt sich seit mehr als zwei Jahren im Rahmen des FOREL-Projektes (Forschungs- und Demonstrationszentrum für Ressourceneffiziente Leichtbaustrukturen der Elektromobilität) mit Fragen des Recyclings von Leichtbaustrukturen im Fahrzeugbau. Der ressourceneffiziente Leichtbau ist nicht nur ein Schlüssel zur Einführung der Elektromobilität als Voraussetzung für die angestrebte Erhöhung der Reichweiten, Zuladung und Fahrdynamik, sondern auch im Bereich von Fahrzeugen mit konventioneller Antriebstechnik ein Mittel zur Reduktion des CO₂-Flottenverbrauchs zur Einhaltung immer strengerer gesetzliche Vorgaben.

Vor dem Hintergrund der seit 2015 geltenden höheren Quoten zur stofflichen Verwertung bei Altfahrzeugen ergeben sich damit wachsende Anforderungen an Recyclingtechnologien und Produktqualitäten. Es sind dies unter anderem:

- Stoffliche Verwertung der Shredderleichtfraktion mit entsprechend notwendiger Trennung der Kunststoffarten und Arten der Faserverstärkung
- Sortierung metallischer Fraktionen nicht nur nach Hauptbestandteilen wie z.B. Stahl, Aluminium, Kupfer, sondern Sortierung innerhalb dieser Hauptgruppen nach Legierungsbestandteilen
- Berücksichtigung neuer Gefährdungsarten durch neuartige Bestandteile wie z.B. Kohlefasern
- Verändertes Stoffverhalten vermeintlich bekannter Materialien in den Aufbereitungsanlagen (z.B. erhöhter Verschleiß bei Vergütungsstählen, sprödes Verhalten magnesiumlegierter Aluminiumwerkstoffe)
- Immer haltbarere Fügeverbindungen für die z.T. hochkomplexen Werkstoffverbunde
- Anstieg der Komplexität und Werkstoffvielfalt sowie Kleinteiligkeit der Stücke für Sortierprozessen

Angesichts der aktuell extrem schwierigen Marktsituation im Primärrohstoffsektor und des daraus resultierenden Margendrucks auch im Bereich der Rezyklate ergeben sich große Herausforderungen an die Qualität und Kosten der aus immer stärker verdünnten Rohstoffströme zu gewinnenden Produkte.

Dabei kommt insbesondere dem Recycling von CFK-Strukturen mit Rückgewinnung der Kohlenstofffasern besondere Bedeutung zu. Beim Recycling kohlefaserverstärkter Verbundwerkstoffe (CFK) steht neben der Erkennung und Gewinnung faserverstärkter Strukturen aus Stoffgemischen die Sortierung nach unterschiedlichen Matrixwerkstoffen, zunächst thermoplastischen und duroplastischen, am Beginn der Wiederverwertung. Thermoplastische Matrixwerkstoffe kommen bisher nur in geringem Umfang zum Einsatz. Voraussetzung für ein hochwertiges Recyclinggranulat ist eine gute Sortierung nach unterschiedlichen Matrixmaterialien, die auch die verschiedenen Füllstoffe berücksichtigt. Aus duroplastischen Matrixwerkstoffen müssen die Kohlenstofffasern für die Wiederverwendung gewonnen werden.

Die aktuell größte Herausforderung für die massenhafte stoffliche Verwertung von Kohlenstofffasern ist jedoch die einfache und schnelle Bestimmung ihrer Qualität.

In der präzisen Erkennung unterschiedlicher Matrixwerkstoffe sowie der Bestimmung der Qualität der aus den Verbunden herausgelösten Fasern bestehen derzeit die größten Herausforderungen zum Schließen der Stoffkreisläufe bei Kohlenstofffaserverbundwerkstoffen. Die hierfür erforderliche Aufbereitungs- und Analysetechnik steht bisher bestenfalls im Labormaßstab zur Verfügung. So hängen Entwicklung und massenhafter Einsatz neuer Werkstoffe und Strukturen in nicht unerheblichem Maße von der Entwicklung entsprechender Aufbereitungs- und Analysetechnik ab, durch die es erst möglich wird, entsprechende Stoffkreisläufe zu schließen.

Online-Röntgenanalytik im Routinebetrieb bei Aufbereitung und Sortierung mit hohem Materialumsatz und/ oder hoher Ortsauflösung

¹Andreas.Kaiser, ¹Renat Gubzhokov, ²Marius Scheiner

¹IfG Institute for Scientific Instruments GmbH, Berlin

²Institut für angewandte Photonik e. V., Berlin

Vorgestellt wird die Entwicklung innovativer Analytiksysteme auf Röntgenbasis zur flexiblen Stofferkennung in Sortierprozessen bei Recycling und Rohstoffaufbereitung. Damit soll ein neuer technologischer Standard der Sortierverfahren erreicht und ein Beitrag zum ressourcenschonenden Wirtschaften ermöglicht werden.

Auf Anwenderseite besteht ein großes Interesse an Analysesystemen mit hoher Ortsauflösung zur Verarbeitung kleiner Partikel auf Förderbändern. Die Realisierung erfordert neben kleineren Spurbreiten eine hohe Geschwindigkeit der Signalverarbeitung, damit der geforderte Materialdurchsatz erreicht wird.

Die Systeme auf Basis der Röntgenfluoreszenz erlauben die Sortierung mit Spurbreiten von 5...20 mm und einer Messzeit von 10 ms.

Herausforderungen der Analytik rezyklierter Kohlenstofffasern

Mareen Zöllner

REMONDIS Assets & Services GmbH & Co. KG, Lünen

Kohlenstofffasern zählen aktuell zu den technischen Fasern mit hohem Wachstumspotenzial auf dem weltweiten Markt. Vor allem im Transportwesen gewinnen die Fasern als Faser-Matrix-Verbund stetig an Bedeutung. Mit dem steigenden Einsatz dieses Materials, welches zunehmend konventionelle Konstruktionswerkstoffe wie Stahl substituiert, ist in absehbarer Zeit mit steigenden Rücklaufmengen von Altteilen zu rechnen. Insbesondere der Einsatz von kohlefaserverstärktem Kunststoff (CFK) in Fahrzeugen erfordert im Hinblick auf das Einhalten der Altfahrzeugverordnung das Entwickeln einer ganzheitlichen Recyclingstrategie für diesen Werkstoff.

Remondis Assets & Services GmbH & Co KG beschäftigt sich in Zusammenarbeit mit dem Institut für Aufbereitungsmaschinen der TU Bergakademie Freiberg sowie weiteren Projektpartnern im Rahmen des ReLei-Projektes mit dem Recycling von CFK-Komponenten aus Elektrofahrzeugen.

Zum Verwerten der CFK-Bauteile stehen verschiedene Aufbereitungsprozesse zur Verfügung, welche zum Teil eine Freilegung der Fasern von der Matrix erfordern. Aufgrund des extrem hohen Primärenergiebedarfes zur Herstellung der Kohlenstofffasern sollten beim Aufschluss aus der Matrix möglichst wiedereinsatzfähige Fasern gewonnen werden. Hierfür ist es erforderlich, im Rahmen einer Faseranalytik die freigelegten Kohlenstofffasern zu charakterisieren, um deren Wiederverwertbarkeit zu prüfen.

Zu den relevanten Fasermerkmalen zählen unter anderem die Faserabmessungen. Der Durchmesser der Kohlenstofffaser liegt bei ca. 7µm und ist relativ konstant. Die Faserlänge im Rezyklat hingegen variiert in Abhängigkeit von der Faserlänge im Ausgangsstück und den Prozessparametern des Aufbereitungsprozesses. Sie ist ein entscheidendes Qualitätsmerkmal der Faser, welches es entsprechend zu analysieren gilt. Herkömmliche Methoden, wie die Siebanalyse oder bekannte Bildanalysemethoden, sind aufgrund der unregelmäßigen, unsymmetrischen Form der Fasern allerdings ungeeignet. Zudem stellen überkreuzliegende sowie gekrümmte Fasern eine Herausforderung für Bild-Analyse-Softwarepakete dar.

Neben der Faserlänge spielen weitere Fasereigenschaften, wie der Verunreinigungsgrad der Fasern (Anteil an Rest-Matrixanhaftungen) oder die Oberflächenschädigung eine entscheidende Rolle für den Wiedereinsatz. Die Möglichkeiten und Herausforderungen der Analysemethoden werden im Vortrag näher erläutert.

Effizientes Recycling von Verbundwerkstoffen mittels Schockwellentechnologie

Stefan Eisert, Janina Bartkowski
ImpulsTec GmbH, Dresden

Mithilfe der innovativen Schockwellenzerkleinerung der ImpulsTec GmbH können komplexe Industriematerialien maschinell in ihre Einzelbestandteile zerlegt werden, um darin enthaltene Wertstoffe gezielt freizulegen und anzureichern. Daraus ergeben sich vielfältige Anwendungsmöglichkeiten für die Technologie, um bestehende Aufbereitungsverfahren effizienter zu gestalten oder neue Verwertungsansätze zu etablieren: Neben der Aufbereitung von hochwertigem Elektroschrott eignet sich die selektiv wirkende Schockwellenzerkleinerung auch für das effiziente Recycling von Solarmodulen, indem das wertvolle Frontglas rückgewonnen und das Halbleitermaterial freigelegt werden kann. Weiterhin ermöglicht die Schockwellentechnologie erstmals die sichere Zerlegung von Li-Ionen Zellen und bietet neben der stofflichen Verwertung der Bestandteile einen funktionellen Wiedereinsatz des Aktivmaterials.

Modifizierung nanoskalierter SiO₂– Prozessabfälle – Ausgangsstoffe für neuartige Hochleistungsgläser

Hermann Marsch
Maicom Quarz GmbH, Posterstein

Bei der industriellen Quarzglasproduktion fallen in großen Mengen hochreine Siliziumdioxid-Nanopulver (Sootmaterial) an. Diese müssen aufwendig und kostenintensiv entsorgt werden, da eine direkte Verarbeitung aufgrund der Materialstruktur nicht möglich ist. Um diesen wertvollen Rohstoff dennoch weiterzuverarbeiten, werden im Rahmen von Verbundprojekten mit Partnern aus Forschung und Industrie von der Maicom Quarz GmbH verschiedene Aufbereitungsverfahren entwickelt. Die SiO₂-Nanopartikel können beispielsweise in eine Suspension überführt werden, was eine zusätzliche Modifikation durch Dotierung ermöglicht. Die Suspension wird in ein induktiv-gekoppeltes Hochfrequenz-Plasma eingebracht. In diesem Sphäroidisierungs-Prozess wird das poröse, nanoskalige Rohmaterial kompaktiert und zu homogenen Kugeln (Durchmesser von 5...150 µm) verglast. Die Sphären eignen sich beispielsweise als Rohstoff für Glasfaser-Preformen, da durch die Dotierung auch die optischen Eigenschaften optimiert werden können.

Textilbasierte eigenverstärkte Kunststoffverbunde für geschlossene Stoffkreisläufe

Jonas Stiller, Frank Helbig
Technische Universität Chemnitz, Institut für Strukturleichtbau

Mittels Textiltechnologie lassen sich eigenverstärkte Composites material- und prozesseffizient mit größtmöglicher Wiederverwertbarkeit innerhalb geschlossener Stoffkreisläufe herstellen. Es wird aufgezeigt, wie mit textilen Fertigungsstrategien

serientauglich und reproduzierbar Halbzeuge für eigenverstärkte thermoplastische Composites entstehen. Durch Einsatz der im Allgemeinen hierfür verwendeten Webtechnik werden mit Hilfe gezielter Komponenten- und Strukturkombinationen unidirektional verstärkte Verbundhalbzeuge gefertigt. Zielrichtung ist dabei unter Einhaltung der stofflichen Wiederverwertung und für Recycling geltenden Kompatibilitätskriterien Materialien bereitzustellen, die sich insbesondere durch erhöhte Flexibilität in belastungsgerechter Auslegung und Dimensionierung anisotroper Verbundwerkstoffe auszeichnen. Am Beispiel eigenverstärkter PA (Polyamide) Composites werden Herstellungs- und Verarbeitungsweise sowie die Strategien ihrer stofflichen Wiederverwertung bei Rückführung in äquivalente Produktionsprozesse dargelegt.

Die speziellen Gewebestrukturen werden vom Stiftungsunternehmen Spengler & Fürst nach gezielten Vorgaben angefertigt.

Prozessanalytische Innovationen für das Kunststoff- und Papierrecycling

Arne Volland

LLA Instruments GmbH, Berlin

In den letzten Jahren haben sich in der Kunststoffsortierung Nah-Infrarot- (NIR-) Hyperspektralkameras etabliert, die eine Vielzahl von Ortsspuren gleichzeitig spektral aufgelöst erfassen und dabei Bildraten von bis zu 800 Hz erreichen. Von entscheidender Bedeutung für die Leistungsfähigkeit der Kameras ist insbesondere die Auswahl geeigneter Halbleitersensoren, die auf den Wellenlängenbereich zwischen 1,7 µm und 1,8 µm angepasst sein sollten. Der Beitrag stellt die aktuell verfügbare Technik vor und zeigt die daraus resultierenden Neuerungen in der Sensor-gestützten Sortierung. Insbesondere bei den hohen Anforderungen im Papierrecycling profitiert man sowohl von den neuen, rauscharmen Sensoren wie auch von den verzerrungsfrei abbildenden Hyperspektralkameras

Biobasierte Kunststoffe im Post – Consumer - Recyclingstrom

Jasmin Bauer

KNOTEN WEIMAR Internationale Transferstelle Umwelttechnologien GmbH, Weimar

Kunststoffe begleiten uns im täglichen Leben in vielfältiger Art und Weise. Der Rohstoff vieler Kunststoffe, das Erdöl, ist jedoch eine endliche Ressource, weshalb die Wissenschaft Alternativen erforscht. Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen oder auch deren Abfallprodukte sind eine solche Alternative, die auch in der Bioökonomie-Strategie der Bundesregierung einen hohen Stellenwert einnehmen, da der Einsatz nachwachsender Rohstoffe die Abhängigkeit von fossilen Ressourcen vermindert. Sinnvolle Recycling- und Wiederverwertungsoptionen sollen dieses Potential erhöhen. Produkte aus biobasierten, chemisch neuartigen Kunststoffen, wie PLA (Polylactide) /PLA-Blends und Stärkeblends, sind mittlerweile im Handel verfügbar. Nach Gebrauch gelangen diese als Post-Consumer-Abfälle in die etablierten Entsorgungsströme. Einer dieser Entsorgungsströme ist die Erfassung und Entsorgung von Leichtverpackungen (LVP, Verpackungsabfälle) über die gelbe Tonne bzw. den gelben Sack. Doch wie verhalten sich diese Materialien in den bestehenden Recyclingprozessen? Dieser Fragestellung hat sich die KNOTEN WEIMAR GmbH angenommen. Mittels orientierender Sortieranalysen wurde zunächst untersucht, wie hoch der derzeit vorhandene Anteil an Produkten aus PLA/PLA-Blend- sowie Stärkeblend-Material im LVP-Entsorgungsstrom ist. Im aktuellen Forschungsverbund „Nachhaltige Verwertungsstrategien für Produkte und Abfälle aus biobasierten Kunststoffen, gefördert

durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger, werden weitergehende und umfangreichere Untersuchungen in insgesamt fünf Teilvorhaben durchgeführt. Der Forschungsverbund wird von der KNOTEN WEIMAR GmbH koordiniert und im Teilvorhaben 1 „Biobasierte Kunststoffe im Post-Consumer-Recyclingstrom“ fachlich bearbeitet. Hauptaugenmerk hierbei liegt auf der Sortierbarkeit von PLA-Abfällen aus dem Leichtverpackungsstrom auf einer Praxisanlage (LVP-Sortierung)

Werkstoffliches Recycling von Elastomeren in Theorie und Praxis – Stand und Perspektiven des Gummirecyclings

Stefan Hoyer, Lothar Kroll

Technische Universität Chemnitz

Elastomere gelten aufgrund ihrer irreversiblen Vernetzung weithin als nicht recyclingfähig. Diese wertvollen Werkstoffe werden bisher mit einem entsprechenden Aufwand und zusätzlichen Kosten als Sondermüll entsorgt. Dass dieses Paradigma nun mehr eingeschränkt gültig ist, zeigen die Ergebnisse der Forschungen am Institut für Strukturleichtbau der Technischen Universität Chemnitz. Im Rahmen des Vortrages sollen der Stand, das Potential und die Perspektiven des werkstofflichen Recyclings von Elastomeren vorgestellt werden. Bei den aktuellen Schätzungen für das Jahr 2015 wird von einem Wachstum des globalen Gummiverbrauchs um 4,3 % auf nunmehr 30 Millionen Tonnen ausgegangen. Demgegenüber stehen Verschärfungen gesetzlicher Bestimmungen zur Abfallentsorgung, steigender Wettbewerbsdruck sowie auch zunehmend Engpässe bei der Rohstoffversorgung in der elastomerverarbeitenden Industrie. Die Substitution von Primärrohstoffen durch Rezyklate in Form von Gummimehl kann hier einen wesentlichen Beitrag zur Reduzierung der Rohstoff- und Entsorgungskosten, Erhöhung der Nachhaltigkeit und somit zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit leisten. Durch ein innerbetriebliches Recycling sortenreiner Elastomerreststoffe können grundsätzlich bis zu 20 % der Rohstoffe substituiert und gleichzeitig Entsorgungskosten eingespart werden. Recycling von Elastomeren ist in der Praxis jedoch mit einer Reihe technologischer und ökonomischer Hürden verbunden. Ein sortenreines Recycling ist hier die unbedingte Voraussetzung für die Verwendung der Rezyklate in Primärprodukten. Bei den in großen Mengen anfallenden End-of-life Produkten (z. B. Altreifen) ist dies jedoch kaum umsetzbar, was deren Verwertung auf Sekundäranwendungen beschränkt. Innerbetriebliche Produktionsreststoffe können dagegen sortenrein gesammelt und in einer geeigneten Form wieder in die Ausgangsmischung zurückgeführt werden. Diese fallen jedoch meist nicht in ausreichender Menge an, um mit den etablierten Recyclinganlagen wirtschaftlich verarbeitet werden zu können. Anhand verschiedener Beispiele wird gezeigt, dass Recycling unter Nutzung neuer Technologien, die am Institut für Strukturleichtbau der Technischen Universität Chemnitz entwickelt werden, heute in vielen Bereichen mit guten Ergebnissen angewendet werden kann. Im Bereich der höher belasteten bzw. hoch gefüllten Rezyklatmischungen ist jedoch Bedarf weiterführender Forschungsarbeiten im Hinblick auf die Beeinflussung des Material- bzw. Versagensverhaltens durch die Beimischung von Rezyklaten festzustellen. Abschließend werden Stand und Perspektiven der Verwertung von Elastomerreststoffen im Bereich hochwertiger Sekundäranwendungen aufgezeigt. Der Schwerpunkt liegt hier vor allem bei den Altreifen, auf die der Großteil des weltweiten Gummibedarfs (über zwei Drittel im Jahr 2010) entfällt. Hier stehen vor allem die Thermoplast-Elastomer-Compounds als kostengünstige Substitute von klassischen TPE-Werkstoffen im Vordergrund.

* * *