

# Innovationsplattform für die Kreislaufwirtschaft der Zukunft

## Das Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie feiert 10-jähriges Bestehen und hat noch viel vor

Anne-Kristin Jentsch

Die Entwicklung, die das Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF) seit seiner Gründung genommen hat, ist eine Erfolgsgeschichte. Denn wer hätte vor 10 Jahren gedacht, dass die Idee, ein Institut für Ressourcentechnologie zu gründen, so schnell Früchte tragen würde! Eine wesentliche Rolle spielt dabei, dass es ein Helmholtz-Institut geworden ist, denn Institute dieses Namens geben strategischen Partnerschaften zwischen Zentren der Helmholtz-Gemeinschaft und Universitäten eine besondere Intensität. In unserem Fall ist es die dauerhaft enge Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Ressourcentechnologie zwischen dem Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR) und der TU Bergakademie Freiberg. Der Namensgeber der Gemeinschaft, Hermann von Helmholtz, vertrat eine Naturwissenschaft, die Brücken zwischen Medizin, Physik und



Luftaufnahme des Campus in der Chemnitzer Straße 40 (Stand: Juli 2021). ©HZDR/HIF

Chemie schlägt. Seine bahnbrechenden Forschungen und Entwicklungen verknüpften Theorie, Experiment und praktische Anwendung miteinander. Diesen bewährten Ansatz möchte das HIF mit dem Ausbau eines Campus für Ressourcentechnologie und Nachhaltigkeit am Standort Chemnitzer Straße 40 in Freiberg fortschreiben und auch damit ein national sowie international ausgerichtetes Kompetenzzentrum zur Erforschung, Entwicklung und Bewertung innovativer Ressourcentechnologien im Kontext einer dem Nachhaltigkeitsprinzip verpflichteten Kreislaufwirtschaft sein. Mit dem Forschungscampus wird es möglich, Innovationen für den nachhaltigen Umgang mit komplex zusammengesetzten Rohstoffen bzw. Stoffströmen voranzutreiben und die Aufbereitung und Rückgewinnung dieser Rohstoffe auf hohem wissenschaftlich-technischen Niveau vom Labor- in den Pilotmaßstab zu überführen. Ziel ist es dabei, die entsprechenden Technologieentwicklungen zeitnah in die industrielle Praxis zu bringen. Damit steigt die Attraktivität des Standorts Freiberg nicht nur als Forschungspartner der TU Bergakademie Freiberg, sondern auch hinsichtlich der Zusammenarbeit mit sächsischen, nationalen und internationalen Partnern aus Wissenschaft und Wirtschaft.

### Wegbereiter einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft

Im Fokus der Forschung des HIF steht die Abbildung der gesamten Wertschöpfungskette mineralischer Rohstoffe und Metalle im Kontext einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft (häufig auch Circular Economy genannt). Denn die für eine Circular Economy (CE) benötigten Rohstoffe werden auch in Zukunft sowohl aus primären (geogenen) als auch aus sekundären (anthropogenen) Quellen stammen. Das HIF verfolgt dabei den Ansatz, beide Quellen als komplementär und gleichrangig zu betrachten sowie die Themen Rohstoffe und Energie immer „zusammenzudenken“.

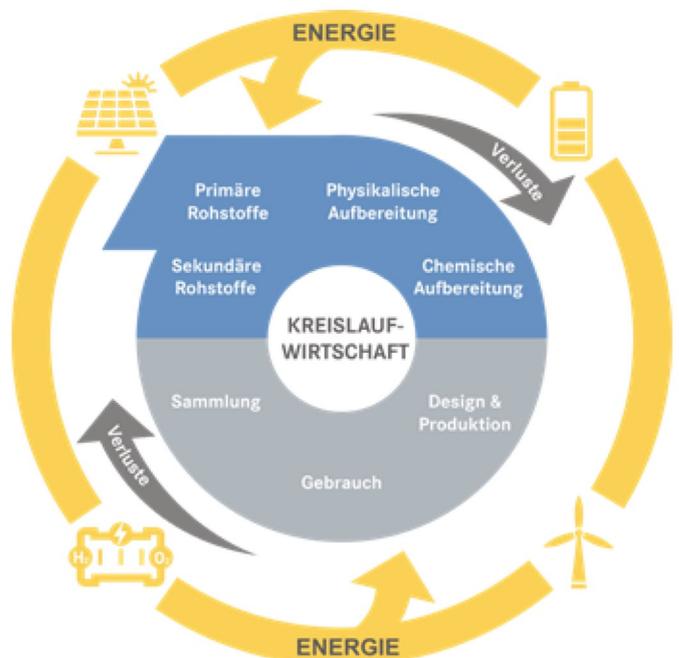


Illustration des Forschungsportfolios des HIF (dunkelblau) im Kontext der Kreislaufwirtschaft mineralischer und metallischer Rohstoffe. Ein besonderes Augenmerk liegt auf dem Zusammenspiel zwischen dem sich wandelnden Energiesystem und den Materialströmen der Kreislaufwirtschaft. ©HZDR/HIF

Der Aufbau einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft ist eine Antwort auf eine der drängendsten Fragen unserer modernen Gesellschaft: auf die des nachhaltigen, verantwortungsbewussten Umgangs mit unseren natürlichen Rohstoffquellen. Den Ressourceneinsatz, die Emissionen und den Energieverbrauch gilt es zu minimieren, indem man versucht, Stoffkreisläufe intelligent und auf Nachhaltigkeit bedacht zu schließen. Dieses eigentlich so einfach klingende Prinzip der Kreislaufwirtschaft ist hochkomplex und erfordert insbesondere zur Rückgewinnung von Hochtechnologiemetallen wie beispielsweise den Sel-

### Kontakt

a.jentsch@hzdr.de, Tel.: 0351 260 4429

tenen Erden, die meist nur in sehr niedrigen Konzentrationen in Produkten zu finden sind, neue und innovative Rückgewinnungsverfahren. Durch Forschung und Innovation auf höchstem Niveau im Bereich der Erkundung, der Charakterisierung, der Aufbereitung beziehungsweise des Recyclings hat sich das HIF zu einem Wegbereiter für den Auf- und Ausbau einer nachhaltigen CE etabliert. Der Aufbau einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft ist zugleich integraler Bestandteil des Europäischen „Green Deal“. Darin wird die Versorgung mit mineralischen und metallischen Rohstoffen als strategisches Element der wirtschaftlichen Entwicklung der EU anerkannt. Diese aktuellen politischen Entwicklungen und die globale geopolitische Situation mit sich stetig verstärkendem Rohstoffverbrauch und rohstoffpolitischen Konflikten, dem Klimawandel und der Energiewende verdeutlichen die hohe gesellschaftliche Relevanz der Forschung am HIF – gemeinsam mit der TU Bergakademie Freiberg, die in den nächsten zehn Jahren weiter an Bedeutung gewinnen wird.

### Technologische Entwicklungen am HIF für die Circular Economy

Die Computerchips schrumpfen, die Hightech-Schrottberge wachsen: Die fortschreitende Digitalisierung macht ein effizienteres Recycling umso notwendiger. Eine konsequente Digitalisierung ist dabei auch hier der Schlüssel für ein besseres Verständnis von Recycling und Kreislaufwirtschaft. Gemeinsam mit seinen Partnern forscht das HIF an der Weiterentwicklung von etablierten Recyclingverfahren und beschäftigt sich mit der Simulation, Bewertung und Optimierung der Prozesse, zum Beispiel für das Recycling von Kühlschränken oder Smartphones, oder für die gesamte Wertschöpfungskette von Seltenen Erden. Die Erkenntnisse aus diesen Aktivitäten lassen sich in sogenannte Design-for-Recycling-Konzepte übersetzen. Denn um die Komplexität der Materialströme im Recyclingprozess zu minimieren, muss bereits beim Produktdesign angesetzt werden. Die Zusammenführung der Ressourceneffizienzanalyse mit dem technologieorientierten Design-for-Recycling-Modell soll künftig die Vorhersage eines für eine vollständige Kreislaufführung geeigneten Produktdesigns erlauben.



Der Highspeed-Images-Demonstrator dient der Erfassung, Identifizierung und Sortierung komplex zusammengesetzter Recyclingstoffströme. ©HZDR/Detlev Müller

Die zunehmende Komplexität der global anfallenden Recycling-Stoffströme – mittlerweile findet man nahezu alle Elemente des Periodensystems im Elektronikschrott – macht eine rasche Weiterentwicklung der Inline-Rohstoffcharakterisierung unabdingbar. Dafür werden Technologien in Kombination mit digita-

len Plattformen entwickelt. So können etwa moderne Multisensorsysteme mittels künstlicher Intelligenz Vorhersagen treffen, die eine deutlich bessere, schärfere Trennung und eine dadurch effizientere Rückgewinnung einzelner Stoffkomponenten – beispielsweise aus Elektro- und Elektronik-Altgeräten – ermöglichen. Um die durch die Messungen anfallenden Datenmengen zu strukturieren, zu analysieren und auszuwerten, profitieren die Ansätze des HIF von der Anwendung Künstlicher Intelligenz und des Maschinellen Lernens. Am HIF wurde bereits ein erster Prototyp, der diese Technologien in sich vereint, entwickelt und aufgebaut. Der Demonstrator „Highspeed-Images“ ermöglicht nun eine deutlich bessere und schnellere Identifizierung und Sortierung komplex zusammengesetzter Recycling-Stoffströme.

Zu einer funktionierenden CE gehört auch, alte Bergbahalden als Rohstofflagerstätten zu begreifen. Mit dem Rückbau von Halden wird nicht nur die Umwelt entfrachtet und somit eine Renaturierung ermöglicht; die Sanierung bedeutet eben auch, aus den Abraumhalden Rohstoffe rückzugewinnen und damit gleichzeitig deren Sanierung zu finanzieren. Am HIF wurde dafür das rECOMine-Bündnis gegründet, das in der Region ansässige Partner aus Wissenschaft und Wirtschaft zusammenbringt – mit dem gemeinsamen Ziel, die Bergbaualtlasten zu minimieren. rECOMine hat die Vision, regional in Sachsen gewachsene Kompetenzen im Bereich der Umwelttechnologien weiterzuentwickeln – bis hin zur Erschließung auch disperser Rohstoffquellen. Typische Altlasten, wie sie an den verschiedenen Erprobungs- und Demonstrationsstandorten im Erzgebirge vorzufinden sind, gelten als Vorzeigebispiele für Altlasten weltweit.

### Vom Labor- in den Pilotmaßstab

Das HIF richtet seine Forschung an gesellschaftlich relevanten Fragestellungen aus und wird zukünftig auf Basis seiner exzellenten Grundlagenforschung noch fokussierter an anwendungsorientierten Lösungen für KMU und Rohstoffindustrie arbeiten. Um dieses Ziel zu erreichen, ist es wichtig, innovative Ressourcentechnologien zu digitalisieren und vor allem vom Labor- in den Pilotmaßstab zu überführen. Nur so können neue Technologien gezielt entwickelt, getestet und zum Transfer in die Industrie vorbereitet werden. Dazu sind geeignet dimensionierte Forschungsinfrastrukturen nötig, die den Kern des Forschungscampus für Ressourcentechnologie und Nachhaltigkeit bilden.



Das Technikum besteht aus einer 12 Meter hohen Versuchshalle und einem 15 Meter hohen Kopfbau mit diversen Funktionsräumen. In der Versuchshalle werden auf 950 Quadratmetern Anlagen und Geräte für die gesamte Bandbreite metallurgischer Forschung aufgebaut – von der Pyrometallurgie (wärmegeführte Prozesse) bis zur Hydrometallurgie (wassergebundene Prozesse). Weitere 110 Quadratmeter sind als Lagerfläche vorgesehen. Die Forscher\*innen können mit Materialströmen zwischen einem und 500 Kilogramm experimentieren – das entspricht etwa der Lücke zwischen Labor- und Industriemaßstab. ©HZDR/Detlev Müller

Ein wichtiger Meilenstein auf dem Weg hin zum Campus für Ressourcentechnologie und Nachhaltigkeit ist mit der Inbetriebnahme des Metallurgie-Technikums im Jahr 2021 bereits erreicht. In der neuen Versuchshalle werden Forschungsergebnisse zur pyro- bzw. hydrometallurgischen Rückgewinnung wirtschaftsstrategischer Metalle für den (Wieder-)Einsatz in den Pilotmaßstab überführt. Das Technikum bietet exzellente Voraussetzungen dafür, neue Technologien und Prozesse zu erproben, zu optimieren und zu automatisieren. Simulationsmodelle, die zur quantitativen Bewertung des Materialeinsatzes zum Energieverbrauch in bestimmten Prozessen entwickelt wurden, können praxisnah überprüft werden. Dadurch lassen sich die industrielle Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit innovativer Technologiekonzepte bereits in frühen Entwicklungsphasen abschätzen.



Der Blick in die zukünftige Versuchshalle FlexiPlant zeigt die verschiedenen Ebenen, auf denen alle Arten von Recyclingstoffströmen in der jeweils besten Weise energieeffizient, ressourcenschonend und werterhaltend aufbereitet werden können. ©Baubüro Freiberg

Das Herz des Campus wird in einer weiteren Versuchshalle schlagen: im Technikum FlexiPlant. Der sanierungswürdige Bau und Vorläufer dieser geplanten weltweit einzigartigen Infrastruktur wurde bereits Mitte der 1950er Jahre errichtet; er gehörte zum ehemaligen Forschungsinstitut für Aufbereitung (zum FIA der Akademie der Wissenschaften der DDR) und wird heute durch eine Privatfirma (UVR-FIA GmbH) betrieben. Die Halle wurde damals schon als dreischiffige, schwere Stahlkonstruktion mit Bekranung des Mittelschiffs errichtet, die für variable Versuchsaufbauten und -durchführungen geeignet ist. Nach der Sanierung und Modernisierung soll diese einzigartige Forschungsinfrastruktur auf ca. 1.700 m<sup>2</sup> Grundfläche ein Demonstrator im Pilotmaßstab für agile Rohstoffaufbereitungssysteme der nächsten Generation sein, der das Konzept Industrie 4.0 an die Bedürfnisse der rohstoffverarbeitenden Industrie anpasst. Die geplante Forschungsinfrastruktur FlexiPlant wird die höchstselektive und effiziente Aufbereitung komplexer Rohstoffströme im Pilotmaßstab erlauben. Das wird insbesondere durch intelligente Kopplung neuartiger flexibler, adaptiver, automatisierter sowie digitalisierter Aufbereitungsprozesse geschehen.

Drei grundlegende Ziele definieren die Bedeutung von FlexiPlant: a) Schließung der Stoffkreisläufe komplexer Rohstoffe, b) Maximierung der Energie- und Ressourceneffizienz, c) Digitale Transformation der gesamten Rohstoffindustrie und damit eine drastische Reduzierung des derzeit noch viel zu starken CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks.

Die Infrastruktur wird eine einzigartige Kollaborationsplattform zum Nutzen regionaler (beispielsweise die TUBAF), nationaler und internationaler Partner im Bereich der Kreislaufwirtschaft bilden, da sie das ideale Testfeld für innovative Technologien, neuartige Maschinen und Sensorsysteme sowie für die Entwicklung von geeigneten Steuerungsalgorithmen und systemischen Modellierungen bietet.



Um zukünftigen Herausforderungen gerecht zu werden, bedarf es eines gezielten Ausbaus des Gesamtstandorts zum Forschungscampus für Ressourcentechnologie und Nachhaltigkeit. ©Baubüro Freiberg

### Nachhaltigkeit

Die wissenschaftliche Exzellenz des HIF, vor allem das Thema Nachhaltigkeit betreffend, soll auch in der (landschafts-)architektonischen Umsetzung auf dem Campusgelände sichtbar werden. Damit steht das Institut für Umweltbewusstsein, Modernität, Offenheit und Transdisziplinarität. Als ein Forschungsinstitut, das sich der Nachhaltigkeit verschrieben hat und einen beträchtlichen Teil seiner Drittmittel aus dem BMBF-Programm „Forschung für Nachhaltigkeit“ erhält, muss auch das Arbeitsumfeld möglichst nachhaltig gestaltet sein. Die Grundprinzipien der Nachhaltigkeit werden sich nicht nur in den Forschungsthemen widerspiegeln, sondern explizit auch das äußere Erscheinungsbild beim Bau und Betrieb der geplanten Forschungsinfrastrukturen des Campus bestimmen. Das HIF folgt damit dem Grundsatz „Wiedernutzung vor Verwertung und Beseitigung“. Aber auch in punkto Mobilität wird auf Nachhaltigkeit geachtet. So soll für den Campus ein Gleisanschluss für den An- und Abtransport von Rohstoffen aller Art reaktiviert werden. Für die Mitarbeitenden wird es Dienstfahrräder und Ladestationen für E-Autos und E-Bikes geben. Auch die gemeinsame Nutzung von Laboren und Anlagen mit der TU BAF am Standort unterstreicht den Nachhaltigkeitsaspekt. Und schließlich sollen die Forschungsergebnisse in die Anwendung gebracht werden. Damit der Technologietransfer gelingt, ist die Integration eines Inkubators zur effizienten Einbindung von Start-Ups und innovativen Industriepartnern am Standort auch räumlich geplant. Damit entsteht in Freiberg ein attraktiver Forschungsstandort für national und international führende Experten und Nachwuchswissenschaftler. Die Mission Circular Economy wird am HIF gelebt, um den effizienten Umgang mit Ressourcen und Energie tatsächlich Realität werden zu lassen.