

## Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft – Aktuelle Fördermaßnahmen des BMBF –

Helmut Löwe

1.	Forschungspolitische Ziele .....	120
2.	Umsetzung des BMBF-Forschungskonzeptes <i>Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft</i> .....	121
2.1.	Fördermaßnahme <i>Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft – Innovative Produktkreisläufe (ReziProK)</i> .....	122
2.2.	Fördermaßnahme <i>Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft – Bauen und Mineralische Stoffkreisläufe (ReMin)</i> .....	123
2.3.	Transnationale Kooperation im ERA-Net ERA-MIN 2 .....	124
3.	Weitere BMBF-Förderinstrumente im Bereich Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft .....	125
3.1.	Kleine und mittlere Unternehmen unterstützen: KMU-innovativ .....	125
3.2.	Industrielle Umsetzung beschleunigen: r+Impuls.....	126
3.3.	Kreislaufwirtschaft für Kunststoffe ausbauen: Pilotprojekt <i>KUBA</i> und <i>Plastik in der Umwelt</i> .....	127
3.4.	CO <sub>2</sub> als nachhaltige Kohlenstoffquelle für die Industrie erschließen: CO <sub>2</sub> -WIN .....	127
3.5.	Internationale Partnerschaften für nachhaltige Innovationen: CLIENT II .....	128
4.	Quellen .....	129

Das Forschungskonzept *Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft* des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) beschreibt Forschungsbedarfe zum Umbau unserer überwiegend linearen Wirtschaft zu einer echten Kreislaufwirtschaft. Es ist eingebettet in die Hightech-Strategie 2025 der Bundesregierung und das BMBF-Rahmenprogramm *Forschung für Nachhaltige Entwicklung – FONA*<sup>3</sup>. Die ersten Fördermaßnahmen sind in diesem Rahmen gestartet. In diesem Beitrag wird über den Stand der Umsetzung sowie über weitere BMBF-Maßnahmen im Bereich Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft berichtet.

## 1. Forschungspolitische Ziele

Mit der im Jahr 2018 neu aufgelegten Hightech-Strategie 2025 [2] setzt die Bundesregierung ambitionierte Ziele. Die Gesamtausgaben für Forschung und Entwicklung des Bundes, der Länder und der Wirtschaft sollen von derzeit 3 % auf 3,5 % des Bruttoinlandproduktes erhöht werden. Außerdem soll Wissen stärker zur Wirkung gebracht werden, das heißt aus Ideen sollen Innovationen werden. Dafür wird die Forschungs- und Innovationspolitik an drei großen Handlungsfeldern ausgerichtet (Bild 1):

- Forschung für die großen gesellschaftlichen Herausforderungen,
- Stärkung von Deutschlands Zukunftskompetenzen,
- Etablierung einer offenen Innovations- und Wagniskultur.



Bild 1: Handlungsfelder der Forschungs- und Innovationspolitik im Rahmen der Hightech-Strategie 2025 der Bundesregierung

Quelle: BMBF

Eine große gesellschaftliche Herausforderung ist der Bereich *Nachhaltigkeit, Klimaschutz und Energie*, zu dem das BMBF-Rahmenprogramm *Forschung für Nachhaltige Entwicklung – FONA*<sup>3</sup> maßgeblich beiträgt. Der Nutzen der Forschung für den Menschen soll im Vordergrund stehen. Dafür werden im Rahmen der Hightech-Strategie 2025 Missionen entwickelt, um konkrete Ziele zu setzen, auf die Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft gemeinsam hinarbeiten. Der Transfer von Forschungsergebnissen in die Wirtschaft und Gesellschaft steht im Vordergrund. Eine der Missionen befasst sich mit dem Thema *Nachhaltig Wirtschaften in Kreisläufen*. Zentraler Baustein dieser Mission sind die Förderaktivitäten des BMBF zum Forschungskonzept *Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft* im Rahmenprogramm FONA<sup>3</sup>.

Mit seinen Förderaktivitäten leistet das BMBF Beiträge zum Deutschen Ressourceneffizienzprogramm (ProgRes II, [4]), z.B. zur Sicherung der nachhaltigen Rohstoffversorgung, zum Ausbau von Recycling und Kreislaufwirtschaft und zur Steigerung der Ressourceneffizienz in der Produktion. Außerdem wird damit das Ziel der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie [5] zur kontinuierlichen Erhöhung der Gesamtrohstoffproduktivität um jährlich 1,5 % bis 2030 unterstützt. Forschungsseitig werden damit auch die Grundlagen bereitet für die Umsetzung des EU-Kreislaufwirtschaftspaketes in Deutschland.

## 2. Umsetzung des BMBF-Forschungskonzeptes *Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft*

Die grundlegende Transformation unserer traditionell linearen Wirtschaftsweise (produzieren – nutzen – entsorgen) zu einer echten Kreislaufwirtschaft ist eine langfristige Aufgabe. Erste konkrete Schritte sollen kurz- bis mittelfristig umgesetzt werden. Durch Forschung und Innovation werden neue Konzepte, Technologien und Geschäftsmodelle entwickelt und Umsetzungen in die Praxis angestoßen. Best-Practice-Beispiele sollen verbreitet und die notwendigen Rahmenbedingungen angepasst werden. Ein verändertes Verbraucherverhalten und Akzeptanz bei allen Beteiligten sind Voraussetzungen für das Gelingen der Transformation.

Zu diesem Zweck wurde das BMBF-Forschungskonzept *Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft* entwickelt [3]. Damit sollen durch Forschung und Entwicklung Impulse für den Übergang zu einer ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft gegeben werden. Das Konzept beschreibt den inhaltlichen Rahmen für die Forschungsförderung und wird durch mehrere Fördermaßnahmen umgesetzt, für die insgesamt Mittel des BMBF in Höhe von 150 Millionen EUR im Zeitraum von 2018 bis 2023 vorgesehen sind. Die Forschungsschwerpunkte sind:

- Design kreislauffähiger und ressourcenschonender Produkte,
- Digitale Technologien für die kreislauf- und ressourcenoptimierte Wirtschaft,
- Innovative Produktkreisläufe und Geschäftsmodelle,
- Optimierte Material- und Stoffkreisläufe (Kunststoffe, mineralische Stoffe, wirtschaftsstrategische Rohstoffe).

Die zentralen Forschungsthemen zielen auf die Verlängerung der Lebensdauer und Intensivierung der Nutzung von Produkten, Anlagen und Investitionsgütern. Das soll durch Innovationen im Bereich des Produktdesigns, durch Erschließung der Möglichkeiten digitaler Technologien sowie die Etablierung innovativer Geschäftsmodelle erreicht werden. Bei den neuen Geschäftsmodellen geht es z.B. nicht mehr primär um den Verkauf der Produkte, sondern um die Vermarktung der damit verbundenen Leistung – Nutzen statt Besitzen. Der Hersteller bleibt so im Besitz des Produktes und hat selbst ein erhebliches wirtschaftliches Interesse an der Verlängerung der Produktlebensdauer und an der Nutzenintensivierung. Durch die Lebensdauererlängerung können deutlich mehr Ressourcen eingespart werden als durch stoffliches Recycling am Lebensende, weil Energie, Rohstoffe und Kosten für die Herstellung neuer Produkte und Komponenten aus den Ausgangsstoffen eingespart werden. Erst wenn am Ende des Lebensweges keine weitere wirtschaftlich und ökologisch sinnvolle Kreislaufführung von Produkten oder Komponenten möglich ist, sollen Materialien und Rohstoffe durch Recycling gezielt zurückgewonnen und als Sekundärrohstoffe dem Wirtschaftskreislauf erneut zugeführt werden. Forschungsbedarf zur verbesserten Kreislaufführung von Material- und Stoffströmen besteht insbesondere für Kunststoffabfälle, mineralische Reststoffe aus der Bauwirtschaft und von Verbrennungsanlagen sowie wirtschaftsstrategische Rohstoffe, wie Gallium oder Indium, aus Elektroschrott und anderen Quellen, die für Schlüsseltechnologien unverzichtbar sind.

Die ersten BMBF-Fördermaßnahmen zur Umsetzung des Forschungskonzepts sind im vergangenen Jahr gestartet und werden im Folgenden kurz vorgestellt.

### 2.1. Fördermaßnahme *Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft – Innovative Produktkreisläufe (ReziProK)*

Die erste Fördermaßnahme im Rahmen des Forschungskonzepts wurde im Dezember 2017 unter dem Titel *Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft – Innovative Produktkreisläufe (ReziProK)* veröffentlicht. Sie fokussiert auf die verbesserte Kreislaufführung von Produkten und deren Komponenten. Dafür werden Verbundforschungsprojekte von Wissenschaft, Wirtschaft und Praxis in den folgenden Themenbereichen gefördert:

- Designkonzepte für die Kreislaufführung von Produkten
- Innovative Geschäftsmodelle für die Kreislaufwirtschaft
- Kreislaufschließung durch digitale Technologien

Die Förderbekanntmachung ist auf sehr hohe Resonanz gestoßen. Das BMBF hat 26 Verbundprojekte zur Förderung ausgewählt, die ab Frühjahr 2019 starten sollen. Dafür stellt das BMBF rund 30 Millionen EUR zur Verfügung, von den beteiligten Industriepartnern kommen eigene Mittel in Höhe von etwa 10 Millionen EUR dazu.

Das Themenspektrum der geplanten Projekte umfasst Beiträge zur Erhöhung des Einsatzes von Rezyklaten in neuen Produkten, zur Verlängerung und Intensivierung der Produktnutzung, zur Optimierung der Kreislauffähigkeit von z.B. Elektrofahrzeugen

sowie zur Weiterentwicklung des Remanufacturing gebrauchter Produkte. Der Einsatz innovativer digitaler Technologien spielt dabei in vielen Projekten eine wichtige Rolle. Da Unternehmen für die Umsetzung der ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft in die Praxis die maßgeblichen Treiber sind, kommt der Entwicklung und Erprobung neuer Geschäftsmodelle eine hohe Bedeutung zu.

## 2.2. Fördermaßnahme *Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft – Bauen und Mineralische Stoffkreisläufe (ReMin)*

Die zweite Fördermaßnahme im Rahmen des Forschungskonzepts nimmt die Optimierung mineralischer Stoffkreisläufe in den Blick. Im Dezember 2018 wurde die Förderbekanntmachung *Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft – Bauen und Mineralische Stoffkreisläufe* veröffentlicht. Thematisch werden das Bauen in der Kreislaufwirtschaft, einschließlich neuer Designkonzepte und innovativer Bauprodukte, sowie die Verwertung von mineralischen Stoffströmen aus Baurestmassen, bergbaulichen Rückständen, Aschen, Stäuben und Schlacken adressiert.

Aufgrund der großen Mengen stellt die Verwertung mineralischer Stoffströme eine der größten Herausforderungen für die Umsetzung einer ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft dar. So fallen bei Rückbau-, Sanierungs- und Instandsetzungsmaßnahmen jährlich durchschnittlich rund 205 Millionen Tonnen Baurestmassen an [1]. Neben Baurestmassen stellen Schlacken metallurgischer Anlagen, Stäube und Aschen aus Abfallverbrennungs- und Ersatzbrennstoff-Rostaschen sowie bergbauliche Rückstände weitere bedeutende mineralische Stoffströme dar. Eine hochwertige Nutzung dieser Stoffströme als Sekundärrohstoff kann einen erheblichen Beitrag zur Schonung natürlicher Ressourcen leisten und wertvolle Stoffkreisläufe schließen.

Neben der Kreislaufschließung mineralischer Stoffströme setzt die Fördermaßnahme einen Schwerpunkt auf die Entwicklung der ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft im Bauwesen. Hier sollen Projekte gefördert werden, die darauf abzielen, den Wert von Bauwerken und Bauteilen so lange wie möglich zu erhalten und möglichst wenig Abfall zu erzeugen, um den Ressourcenverbrauch im Bausektor signifikant zu senken. Lösungsansätze sollen mit Blick auf den gesamten Lebenszyklus von Bauwerken den größtmöglichen Nutzen für die Ressourceneffizienz entfalten. So werden z.B. bereits bei der Planung von Bauvorhaben und der Auswahl der Bauprodukte und -stoffe wichtige Entscheidungen getroffen, die Auswirkungen auf eine spätere Wiederverwendung von Bauteilen haben. Die Anpassungsfähigkeit von Gebäuden an wandelnde Nutzeransprüche ist z.B. ein Ansatz zur Verlängerung ihrer Nutzungsdauer. Neben technischen Lösungen spielen auch neue Geschäftsmodelle und die Digitalisierung der Planungs-, Bau- und Rückbauprozesse eine wichtige Rolle.

Projektskizzen für diese Fördermaßnahme können bis zum 30. April 2019 eingereicht werden. Die Projekte sollen nach Abschluss des zweistufigen Auswahlverfahrens Anfang des Jahres 2020 starten.

### 2.3. Transnationale Kooperation im ERA-Net ERA-MIN 2

Das BMBF fördert auch transnationale Projekte zur Ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft, die einen Mehrwert durch die Zusammenarbeit von deutschen mit internationalen Partnern bieten. Dafür beteiligt sich das BMBF mit seinem Projektträger am europäischen Netzwerk des ERA-Nets ERA-MIN 2 ([www.era-min.eu](http://www.era-min.eu)). Dieses ERA-Net ist eine gemeinsame Initiative von 21 Partnern aus 14 europäischen Ländern bzw. Regionen und vier außereuropäischen Ländern (Bild 2). Ziel des ERA-Nets ist die Förderung transnationaler Projekte zur Schließung von metallischen und mineralischen Rohstoffkreisläufen im dafür aufgelegten *Research & Innovation Programme on Raw Materials to foster Circular Economy*. Die adressierten Forschungsthemen umfassen die nachhaltige Versorgung mit Primärrohstoffen, das kreislaufwirtschaftsgerechte Produktdesign, die ressourceneffiziente Produktion, das Recycling von Produkten und Komponenten sowie Querschnittsaspekte der ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft. Um die Umsetzung der Ergebnisse in die Praxis zu unterstützen, sind an allen Forschungsverbänden Unternehmen beteiligt.

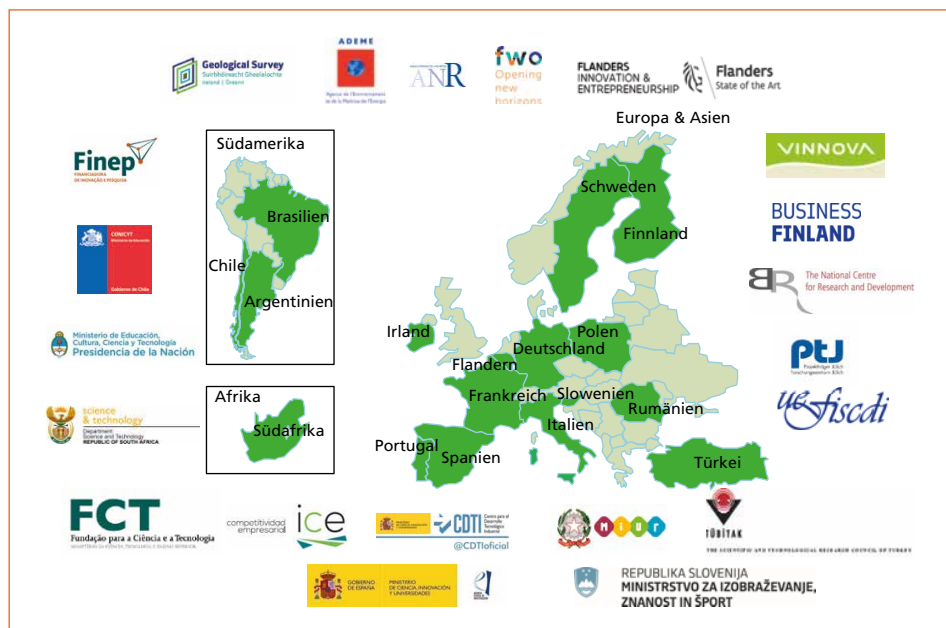


Bild 2: Internationale Kooperation zur Ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft mit den Partnern des ERA-Nets ERA-MIN 2

Quelle: ERA-MIN 2

Im Ergebnis der ersten gemeinsamen Bekanntmachung des ERA-MIN 2 zur Ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft starteten im Mai 2018 sechzehn Forschungsverbände mit einem Gesamtvolumen von etwa 16 Millionen EUR, an denen insgesamt 19 deutsche Partner aus Wirtschaft und Wissenschaft beteiligt sind. Das BMBF und die Europäische Kommission fördern die deutschen Partner mit etwa 4,2 Millionen EUR.

Es werden von den Projekten u.a. Beiträge zur Erkundung von Rohstoffvorkommen unter schwierigen Bedingungen, zur Verwertung von Aschen sowie zu innovativen Recyclingtechnologien erwartet.

Als Beispiel für die Schließung von Stoffkreisläufen sei hier das Projekt MaXycle genannt. In diesem Verbund arbeiten Unternehmen und Forschungseinrichtungen aus Slowenien, Deutschland, Schweden und Großbritannien an einer ressourcenschonenden Wiederaufarbeitung für Neodym-Magnete. Dabei wird mit der Entwicklung eines Kennzeichnungssystems für neu produzierte Magnete bereits bei der Produktion angesetzt [6].

Eine zweite transnationale Bekanntmachung *Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft – Optimierte Produkt- und Stoffkreisläufe* wurde am 31. Oktober 2018 veröffentlicht. Thematisch liegt der Schwerpunkt auf der Optimierung von Produkt- und Stoffkreisläufen in industriellen Produktionsprozessen und am Ende der Nutzungsdauer von Produkten. Das BMBF stellt für die Förderung deutscher Partner 2 Millionen EUR zur Verfügung. Insgesamt beteiligen sich Förderorganisationen aus 19 Ländern mit etwa 14 Millionen EUR Fördermitteln. Der Start der ausgewählten Projekte ist im November 2019 geplant.

### 3. Weitere BMBF-Förderinstrumente im Bereich Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft

Neben den bereits vorgestellten Fördermaßnahmen im Rahmen des Forschungskonzeptes *Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft* bietet BMBF weitere Förderinstrumente für spezifische Zielgruppen und Themen an, die ebenfalls die Bereiche Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft adressieren.

#### 3.1. Kleine und mittlere Unternehmen unterstützen: KMU-innovativ

In vielen Bereichen sind kleine und mittlere Unternehmen (KMU) Vorreiter des technologischen Fortschritts. Mit KMU-innovativ will das BMBF die Beantragung von Fördermitteln für KMU vereinfachen und den Zugang zu den Fachprogrammen des BMBF erleichtern. Ein zentraler Lotsendienst hilft bei Fragen zu den Fördermodalitäten und vermittelt die fachlichen Ansprechpartner bei den Projektträgern. Regelmäßige Einreichungstermine zum 15.4. und 15.10. sowie verbindliche Bearbeitungsfristen geben Planungssicherheit für die Antragsteller. KMU-innovativ umfasst mehrere zukunftsweisende Technologiefelder, dazu gehört *Ressourceneffizienz und Klimaschutz*. In diesem Technologiefeld werden u.a. innovative Projekte zur Steigerung der Rohstoffeffizienz gefördert, z.B. durch effiziente Produktionsverfahren, Kreislaufführung von Altprodukten, hochwertiges Recycling von Reststoffen oder ressourceneffizientes Produktdesign. BMBF stellt jährlich etwa 6 Millionen EUR für KMU-innovativ-Projekte im Schwerpunkt Rohstoffeffizienz zur Verfügung. Wichtig ist dabei, dass KMU wesentliche Treiber der Entwicklung und Hauptnutzer der Ergebnisse sind und der Großteil der Fördermittel KMU erreichen soll. Weitere Unternehmen oder Hochschulen und Forschungseinrichtungen können sich als Verbundpartner im begrenzten Umfang beteiligen.

Im abgeschlossenen KMU-innovativ-Verbundprojekt *RC-Zement* wurde beispielsweise ein Verfahren zur Wiederverwertung von Abbruchbeton in Form von Recycling-Zement entwickelt. Abbruchbeton wird bislang üblicherweise für geringwertige Straßenfundamente verwendet. Mit *RC-Zement* sind ein neues Verfahren und damit die Möglichkeit für höherwertige Recyclinganwendungen entstanden. Kern der Entwicklung ist eine neue Bindemitteltechnologie. Die Verbundpartner konnten zeigen, dass das neue Bindemittel in der hydraulischen Härtung und auch für hochwertige Zuschläge in der Mörtel- und Betontechnologie geeignet ist. Der RC-Zement zeichnet sich sowohl durch seine positiven Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanzen als auch durch seine mineralische Ressourcenschonung aus.

### 3.2. Industrielle Umsetzung beschleunigen: r+Impuls

Um die Ressourceneffizienzpotenziale tatsächlich zu heben, muss die Übertragung vielversprechender Forschungsergebnisse in die industrielle Praxis verbessert werden, sodass sie rasch in Innovationen umgesetzt werden können. An Bedeutung gewinnen daher die enge Verzahnung von Forschung und Entwicklung mit der späteren Anwendung sowie die Erprobung in Prototyp-, Pilot- und Demonstrationsanlagen als Voraussetzung für eine Markteinführung neuer Technologien. Eine Übertragung von Ergebnissen aus dem Labor- in den Industriemaßstab ist ohne begleitende Forschung und Entwicklung zur Maßstabsvergrößerung oftmals nicht möglich und darüber hinaus – obwohl mit Umweltvorteilen und gleichzeitigen Gewinnerwartungen verbunden – mit hohen finanziellen und technischen Risiken verbunden, die einzelne Unternehmen oft nicht allein tragen können.

Diesen entscheidenden und riskanten Schritt vom Labor auf den Markt unterstützt die Fördermaßnahme *r+ Impuls – Impulse für industrielle Ressourceneffizienz* des BMBF. Voraussetzung ist eine erfolgreich beendete Vorlauforschung, die mindestens zum technologischen Reifegrad 5 (Technology Readiness Level, kurz TRL), d.h. Versuchsaufbau in Einsatzumgebung, geführt hat. Die r+Impuls Vorhaben müssen auf industrielle Forschung und experimentelle Entwicklung innerhalb der TRL 6 bis 8 ausgerichtet sein, d. h. auf Prototypen bis hin zum qualifizierten System im Einsatzbereich. Somit sollen Forschungsergebnisse weiterentwickelt und möglichst nah an die Markteinführung gebracht werden. Es werden industriegetriebene Vorhaben gefördert, die auf eine Steigerung der Material- und Energieeffizienz in rohstoffintensiven Branchen; Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft, Kreislaufführung von Altprodukten und deren Komponenten sowie die Rückführung hochwertiger Wertstofffraktionen aus Abfallströmen; auf Recycling und Substitution strategischer Rohstoffe oder die stoffliche Nutzung von CO<sub>2</sub> abzielen.

Unter den derzeit zwanzig laufenden Forschungsverbänden sind einige Preisträger und Nominierte für namhafte Auszeichnungen zu finden:

- Die Firma Lanxess AG und Projektpartner wurden für die Entwicklung einer modularen Anlage zur Gewinnung von Nachgerbstoffen aus Lederresten mit dem Deutschen Innovationspreis für Klima und Umwelt 2017 ausgezeichnet (Projekt Reel).



- Die Firma Solvay Fluor GmbH und Projektpartner wurden für den Deutschen Innovationspreis für Klima und Umwelt 2017 nominiert für die Entwicklung eines Reinigungsgases, das den Treibhauswert bisher üblicher Gase in der Halbleiterbranche um das 17.000-fache senkt (Projekt ecoFluor).
- Das Deutsche Textilforschungszentrum Nord-West gGmbH wurde gemeinsam mit den beteiligten Unternehmen mit dem Effizienzpreis NRW 2017 für die Entwicklung eines neuartigen Adsorbertextils für die Rückgewinnung von Edelmetallen aus industriellen Abwässern ausgezeichnet (Projekt Edelmetalladsorber).

### 3.3. Kreislaufwirtschaft für Kunststoffe ausbauen: Pilotprojekt KUBA und Plastik in der Umwelt

Kunststoffe prägen wie nur wenige andere Materialien das heutige moderne Leben. Ihre vielfältigen Funktionen und Anwendungen werden durch die unterschiedlichsten chemischen Strukturen ermöglicht. Diese Diversität innerhalb der Kunststoffarten und der nachlässige Umgang mit den Kunststoffabfällen machen es gleichermaßen schwer, eine wirksame Kreislaufführung zu entwickeln. So landet der weit überwiegende Teil der Kunststoffe nach kurzer Nutzung in der Umwelt: in Form von Abfällen, Mikroplastik oder CO<sub>2</sub> (aus Verbrennungsanlagen).

Kunststoffe werden in Europa vor allem für Verpackungen (40 %), in Gebäuden (20 %) und im Elektro- und Automobilbereich (16 %) eingesetzt [7]. Ein Verbund aus universitären Partnern mit Unterstützung von Verbänden und Unternehmen haben sich im Pilotprojekt KUBA – *Nachhaltige Kunststoffwertschöpfungskette: Pilotfall Kunststoffe in Bauwirtschaft und Gebäuden* zusammengeschlossen, um das Gebäudesegment zu untersuchen. Die Partner wollen ein Konzept entwickeln für die wertschöpfungskettenübergreifende nachhaltige Nutzung von Kunststoffen aus der Bauwirtschaft und Gebäuden im Rahmen eines Circular Economy Ansatzes. Die besonderen Herausforderungen liegen in der erstmaligen Erfassung von Daten zu Kunststoffen im Baubestand, zu Bauabfall, zur Erfassung und Rückführlogistik sowie zu Technologien und Prozessen für die Aufbereitung zur rohstofflichen Verwertung gemischter Bauabfälle.

Die laufende BMBF-Fördermaßnahme *Plastik in der Umwelt* adressiert u.a. die Entwicklung neuer Recyclingtechnologien zur Verringerung von Kunststoff-Einträgen in die Umwelt. So arbeitet z.B. der Verbund ResolVe aktuell an der Entwicklung eines chemischen Recyclingverfahrens für Polystyrol.

Aufgrund der geschilderten Herausforderungen sind Kunststoffe im Forschungskonzept *Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft* ein prioritärer Stoffstrom für die Entwicklung von optimierten Material- und Stoffkreisläufen. Weitere Maßnahmen dazu sind geplant.

### 3.4. CO<sub>2</sub> als nachhaltige Kohlenstoffquelle für die Industrie erschließen: CO<sub>2</sub>-WIN

Kunststoffe, Kraftstoffe, Chemikalien, Düngemittel, Kosmetika oder Medikamente – sie alle basieren auf Kohlenstoff und werden zum überwiegenden Teil aus Erdöl hergestellt. In einer ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft müssen die kohlenstoffbasierten Stoffe

und Materialien, auf die eine moderne Industriegesellschaft auch in Zukunft nicht verzichten kann, weitestgehend ohne fossile Ressourcen produziert werden. Neben der Biomasse, deren Verfügbarkeit durch den Flächenbedarf und andere Umweltfaktoren limitiert ist, stellt CO<sub>2</sub> die alternative Kohlenstoffressource dar. Mit Hilfe regenerativer Energie, Wasser und CO<sub>2</sub> lassen sich im Prinzip alle benötigten Kohlenstoffprodukte auf nachhaltige Weise herstellen. Daher ist die Kreislaufführung von Kohlenstoff durch die stoffliche Nutzung von CO<sub>2</sub> ein zentraler Baustein einer erfolgreichen Energie- und Rohstoffwende.

Für den Erfolg wird eine Vielfalt an neuen Technologien notwendig sein. Deshalb fördert BMBF seit 2010 intensiv deren Entwicklung. In der laufenden Fördermaßnahme *CO<sub>2</sub>Plus – Stoffliche Nutzung von CO<sub>2</sub> zur Verbreiterung der Rohstoffbasis* (2016 bis 2019), werden insbesondere die CO<sub>2</sub>-Abtrennung, die elektro- und photokatalytische Reduktion sowie die Entwicklung von industriellen Prozessen mit CO<sub>2</sub> als Feedstock gefördert. Die aktuelle Fördermaßnahme *CO<sub>2</sub> als nachhaltige Kohlenstoffquelle – Wege zur industriellen Nutzung (CO<sub>2</sub>-WIN)* wird diese Themen weiter vorantreiben und widmet sich zudem erstmals der Carbonatisierung von CO<sub>2</sub> zur Herstellung mineralischer Rohstoffe. Diese können beispielsweise in der Bauindustrie Anwendung finden. Die zur Förderung ausgewählten Projekte werden im Herbst 2019 mit der Arbeit beginnen. Nach fast zehn Jahren Förderung haben erste Technologien, beispielsweise die Herstellung von Polyurethanschäumen mit CO<sub>2</sub> für z.B. Matratzen, den Weg in die wirtschaftliche Umsetzung geschafft. Für andere Technologien wie beispielsweise Power-to-X ist diese Umsetzung absehbar, beziehungsweise nur durch ungünstige Rahmenbedingungen behindert. In den nächsten Jahren wird es darauf ankommen, die vielfältigen Technologien weiterzuentwickeln, dabei auch heute noch anwendungsferne Lösungen wie die künstliche Photosynthese zur Erzeugung von Chemikalien und Kraftstoffen voranzutreiben und den erfolgversprechendsten Technologien konsequent zur industriellen Anwendung zu verhelfen.

### 3.5. Internationale Partnerschaften für nachhaltige Innovationen: CLIENT II

Die größten Herausforderungen im Bereich Umweltschutz und Nachhaltigkeit können oft nicht allein in Deutschland gelöst werden, sondern haben eine globale Dimension. Deshalb ist die internationale Kooperation eine wichtige Säule der Nachhaltigkeitsforschung im Rahmen von FONA<sup>3</sup>. Die Fördermaßnahme *CLIENT II – Internationale Partnerschaften für nachhaltige Innovationen* bündelt die wirtschaftsorientierten internationalen Forschungsaktivitäten unter dieser Dachmarke. Im Fokus von CLIENT II steht die Förderung nachfrageorientierter Forschungsk Kooperationen mit Partnern in ausgewählten Schwellen- und Entwicklungsländern. Das Ziel ist, für konkrete Herausforderungen im Partnerland innovative und nachhaltige Lösungsansätze zu entwickeln und zu implementieren. Gleichzeitig sollen damit neue Marktpotenziale für exportorientierte innovative deutsche Unternehmen – insbesondere kleine und mittlere Unternehmen (KMU) – erschlossen werden. Deutschland nimmt durch die Zusammenarbeit mit Schwellen- und Entwicklungsländern auch seine internationale Verantwortung bei der Bewältigung globaler Herausforderungen wahr.

Die CLIENT II Projekte sollen wirkungsvolle Impulse geben, um die Umweltbelastungen in den Partnerländern zu reduzieren, natürliche Ressourcen intelligent und schonend zu nutzen, alle Bevölkerungsschichten mit sicherer, sauberer und bezahlbarer Energie zu versorgen und einen Beitrag zum globalen Klimaschutz bzw. zur Anpassung an den Klimawandel und Naturrisiken zu leisten. Die zu untersuchenden Fragestellungen sollen so wichtig sein, dass Lösungsoptionen eine starke Hebelwirkung vor Ort erzielen und auf vergleichbare Gegebenheiten in anderen Regionen ausstrahlen. Deshalb sind neben den Forschungspartnern die Einbindung von Unternehmen und Praxispartnern für die Umsetzung und eine signifikante finanzielle Beteiligung aus dem Partnerland Voraussetzungen für die Förderung.

Im Themenbereich Rohstoffeffizienz und Kreislaufwirtschaft sind die Schwerpunktländer für die Kooperation in Südamerika (insbesondere Brasilien, Chile, Peru), Kasachstan, Mongolei, Vietnam und Indonesien. Im September 2019 ist die erste CLIENT II Konferenz in Berlin geplant, bei der sich alle bereits laufenden Projekte vorstellen werden. Der dritte und vorerst letzte Stichtag für die Einreichung weiterer Projektideen wird der 31. Mai 2019 sein.

## 4. Quellen

- [1] bbs – Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e. V. (Hrsg.). Mineralische Bauabfälle: Monitoring 2014. Berlin, 2017
- [2] Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF): Forschung und Innovation für die Menschen: Die Hightech-Strategie 2025. Berlin, 2018
- [3] Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF): Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft: Forschungskonzept für eine kreislaufoptimierte Wirtschaftsweise. Bonn, 2018
- [4] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm II: Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen. Berlin, 2016
- [5] Bundesregierung: Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie: Neuauflage 2016. Berlin, 2016
- [6] ERA-MIN 2: ERA-MIN Joint Call 2017, Catalogue of Projects. [https://www.era-min.eu/sites/default/files/docs/2018\\_09\\_20\\_eramin2\\_brochura\\_web.pdf](https://www.era-min.eu/sites/default/files/docs/2018_09_20_eramin2_brochura_web.pdf), 2018
- [7] PlasticsEurope: Plastics – the Facts 2017: An analysis of European plastics production, demand and waste data. Brussels, 2018

## Ansprechpartner



**RD Dr. rer. nat. Helmut Löwe**

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Stellvertretender Leiter des Referates 727

*Ressourcen, Kreislaufwirtschaft; Geoforschung*

Heinemannstraße 2

53175 Bonn, Deutschland

+49 228-9957-2110

Helmut.Loewe@bmbf.bund.de

# Kostenfreie Artikel



### WIE FINDE ICH DIE FÜR MICH INTERESSANTEN FACHARTIKEL?

www.vivis.de

#### Möglichkeit 1: Fachartikel-Suche nach Thema

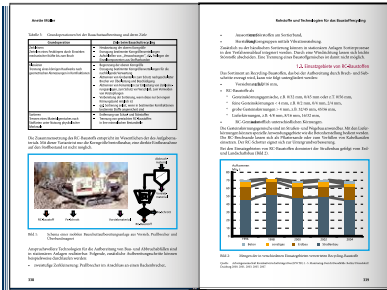
Auf der Startseite [www.vivis.de](http://www.vivis.de) befindet sich oben rechts der Button **Fachbeiträge**, den Sie bitte auswählen. Wenn Sie die Unterkategorie **Beiträge** anklicken, gelangen Sie zu der Themenliste. Hier sind die Oberbegriffe alphabetisch aufgelistet. Teilweise untergliedern sie sich noch in Unterthemen. Wenn Sie eines dieser Themen auswählen, finden Sie die dazu passenden, bei uns verfügbaren Beiträge mit den zugehörigen bibliographischen Angaben.

#### Möglichkeit 2: Fachartikel-Suche nach Tagung

Wenn Sie Artikel zu einer bestimmten Konferenz bzw. aus einem bestimmten Tagungsband suchen, gehen Sie in den Bereich **Fachbücher**. Dort sind die im TK Verlag erschienen Bücher – thematisch geordnet – zu finden. Die aktuellen Bücher finden Sie in der Kategorie **Neuerscheinungen**. Haben Sie das gesuchte Buch gefunden, folgen Sie dem Link **Inhaltsverzeichnis**.

Durch Klicken auf den Beitragstitel öffnet sich ein Fenster mit dem gesuchten Beitrag im PDF-Format. Dieser kann einfach und schnell heruntergeladen werden.

Sollten Sie Interesse an mehreren Beiträgen aus dem gleichen Buch haben, bietet es sich an, dieses direkt bei uns zu bestellen. Lieferbare Bücher sind in der Rubrik **Fachbücher** zu finden.



TK Verlag GmbH  
 Dorfstraße 51  
 D-16816 Nietzwerder-Neuruppin  
 Tel. +49.3391-45.45-0 • Fax +49.3391-45.45-10  
 E-Mail: [order@vivis.de](mailto:order@vivis.de)



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar

Stephanie Thiel • Olaf Holm • Elisabeth Thomé-Kozmiensky  
Daniel Goldmann • Bernd Friedrich (Hrsg.):  
**Recycling und Rohstoffe** – Band 12

ISBN 978-3-944310-46-6 Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

Copyright: Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc., Dr.-Ing. Stephanie Thiel, Dr.-Ing. Olaf Holm  
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH • Neuruppin 2019

Redaktion und Lektorat: Dr.-Ing. Stephanie Thiel, Dr.-Ing. Olaf Holm,  
Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc.

Erfassung und Layout: Elisabeth Thomé-Kozmiensky, Claudia Naumann-Deppe,  
Janin Burbott-Seidel, Ginette Teske, Sarah Pietsch, Roland Richter,  
Cordula Müller, Gabi Spiegel

Druck: Beltz Grafische Betriebe GmbH, Bad Langensalza

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funk-sendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.