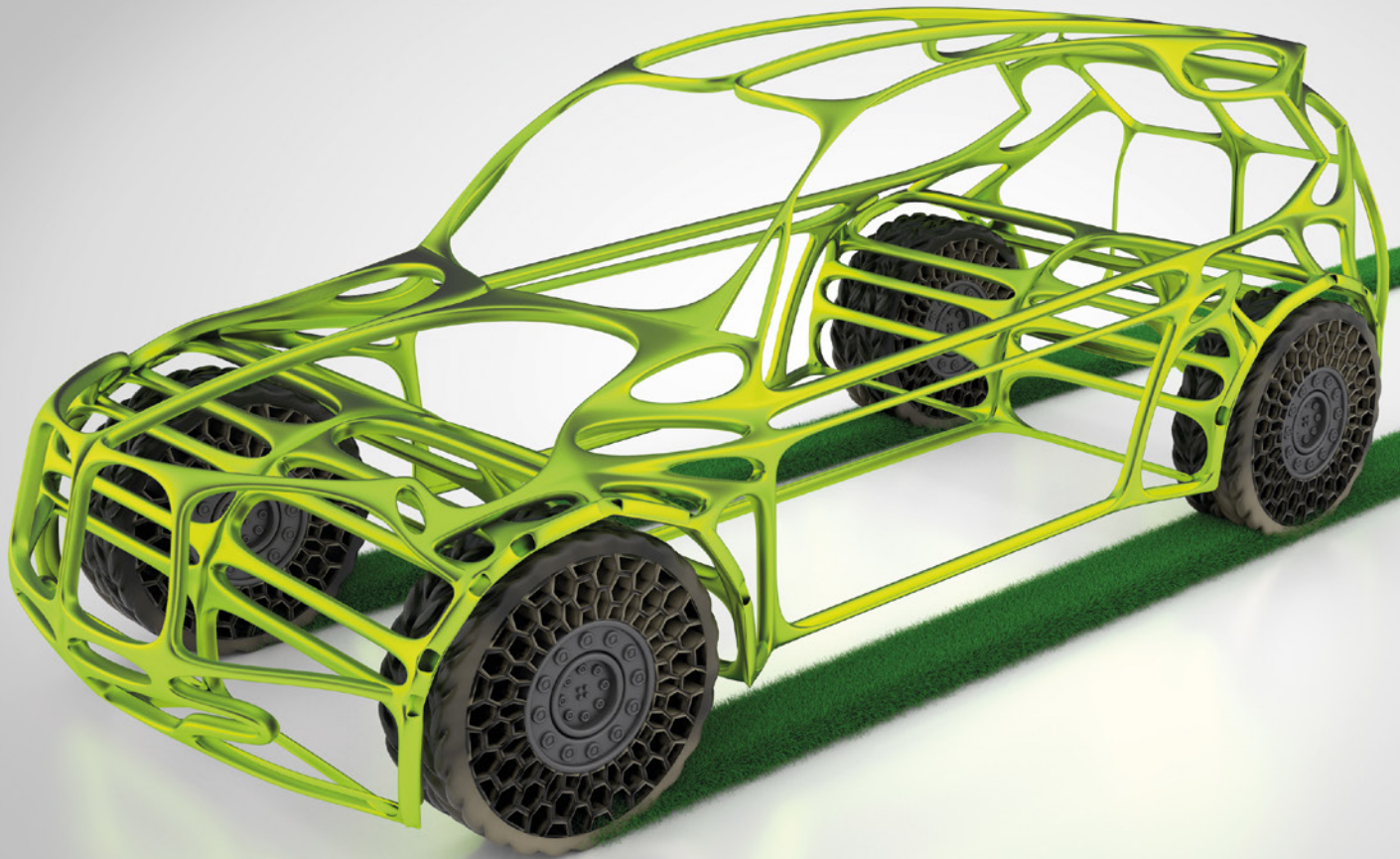


**ATZ** extra



NACHHALTIGKEIT

# Anspruchsvolle Fahrzeugbauteile aus nachhaltigem Polyamid

 **BASF**  
We create chemistry



## Ersatz fossiler Rohstoffe – Anspruchsvolle Fahrzeugbauteile aus nachhaltigem Polyamid

Die Aspekte nachhaltige Kreislaufwirtschaft und Engpässe in den Lieferketten führen dazu, dass die Chemie- und Automobilindustrie zunehmend Strategien für den Einsatz von Sekundärrohstoffen entwickeln und umsetzen. Vor diesem Hintergrund haben Mercedes-Benz, BASF, WITTE Automotive und Pyrum einen Außentürgriff aus einem nachhaltigeren, massenbilanzierten Polyamid realisiert. Dabei werden dem zertifizierten Kunststoffprodukt anstelle von fossilen Rohstoffen Pyrolyseöl aus Altreifen sowie Biomethan aus Abfällen der Agrar- und Lebensmittelindustrie zugeordnet.



© BASF | Mercedes-Benz

## VERFASST VON



**Oliver Geiger**

ist Nachhaltigkeitsexperte für Kunststoffanwendungen in der Automobilindustrie bei der BASF SE in Ludwigshafen.



**Daniel Braun**

ist Projektmanager für Future Materials bei der Mercedes-Benz AG in Böblingen.



**Eleni Kougioumtzi**

ist Fachexpertin für ressourcenschonende Materialien bei der Mercedes-Benz AG in Stuttgart-Untertürkheim.

Mit dem Green Deal strebt die Europäische Kommission bis zum Jahr 2050 die Klimaneutralität der EU und damit die Senkung der Treibhausgas(THG)-Emissionen auf netto null an. Die Übersetzung in Regulatorik erfolgt für die einzelnen Wirtschaftssektoren dabei über den Erlass von branchenspezifischen Direktiven, die sowohl die Herstellung als auch die Nutzungsphase und schließlich die Kreislaufführung am Nutzungsende von Produkten umfassen.

Mit Blick auf die Kreislaufführung von Komponenten und Werkstoffen aus Alt-

fahrzeugen hat die EU-Kommission 2021 eine Bewertung der bestehenden EU-Altautoverordnung (End-of-Life Vehicle Directive, Richtlinie 2000/53/EG) [1] abgeschlossen und eine Überarbeitung dieser Richtlinie angekündigt. Mit dieser Revision wird eine verschärfte Definition von materialbezogenen Rezyklateinsatzquoten sowie die Regulierung von Maßnahmen zu geschlossenen Materialkreisläufen erwartet. Ein Entwurf der überarbeiteten Richtlinie wird voraussichtlich im Lauf des Jahres 2023 vorgelegt, bis spätestens

2025 verabschiedet und in national gültiges Recht übersetzt werden. Im Ergebnis sollen Ressourcen geschont und somit auch die Emission von Treibhausgasen bei der Herstellung von Fahrzeugen reduziert werden.

Dies stellt unter anderen auch die kunststoffverarbeitende Industrie vor große Herausforderungen. Branchenexpertinnen und -experten erwarten, dass der Einsatz von mechanisch rezyklierten Kunststoffen zur Erfüllung der Vorgaben nicht ausreichen wird. Insbesondere für sicherheitsrelevante Kunststoffbauteile



mit hohen mechanischen Anforderungen oder für Anwendungen im Fahrzeuginnenraum mit entsprechend geringen Emissionsgrenzwerten, hohen Anforderungen hinsichtlich des Geruchs, Abwesenheit von Schadstoffen und Fogging werden qualitativ hochwertige Kunststoffzyklate (voraussichtlich) nicht in den erforderlichen Mengen verfügbar sein. Dies trifft dann zu, wenn die recyklierten Kunststoffe nicht auf Basis von Produktionsabfällen (Post-Industrie oder Pre-Consumer) hergestellt werden, sondern von sogenannten Post-Consumer-Abfällen stammen sollen.

Herausforderungen entstehen auch bei der geschlossenen Kreislaufführung von Kunststoffen aus Altfahrzeugen. Diese betreffen vorwiegend die Demontage und Sortierung, aber auch die Aufbereitung der Kunststoffbauteile zu wiedereinsatzfähigen Produkten. Mit den heute üblichen Zerkleinerungs- und Aufbereitungstechniken lassen sich nur begrenzte Mengen an hochwertigen Kunststoffzyklaten erzielen. Forschungsprojekte beschäftigen sich zwar mit der Weiterentwicklung der Technologien, eine kosteneffiziente Kreislaufführung insbesondere von technischen Kunststoffen wird sich aber nicht auf mechanische Aufbereitungsverfahren beschränken können. Hinzu kommt die Tatsache, dass der aus Altfahrzeugen gewinnbare

Kunststoff durchschnittlich 17 bis 18 Jahre in Nutzung war und damit deutlich mehr gealtert ist, als das bei Verpackungsprodukten mit kurzer Nutzungsphase der Fall ist [2].

Deshalb werden ergänzend chemische Recyclingtechnologien diskutiert und deren Entwicklung und Kommerzialisierung durch zahlreiche Unternehmen bereits vorangetrieben, **BILD 1**. Experten von VCI, Dechema und PED plädieren deshalb dafür, mechanisches und chemisches Kunststoffrecycling als komplementäre Verwertungswege zu betrachten. Je nach Kunststoffqualität und -zusammensetzung können dabei unterschiedliche Technologien vorteilhaft sein. Um die besten Verwertungswege zu identifizieren, müssen Abfallwirtschaft und chemische Industrie eng zusammenarbeiten [3].

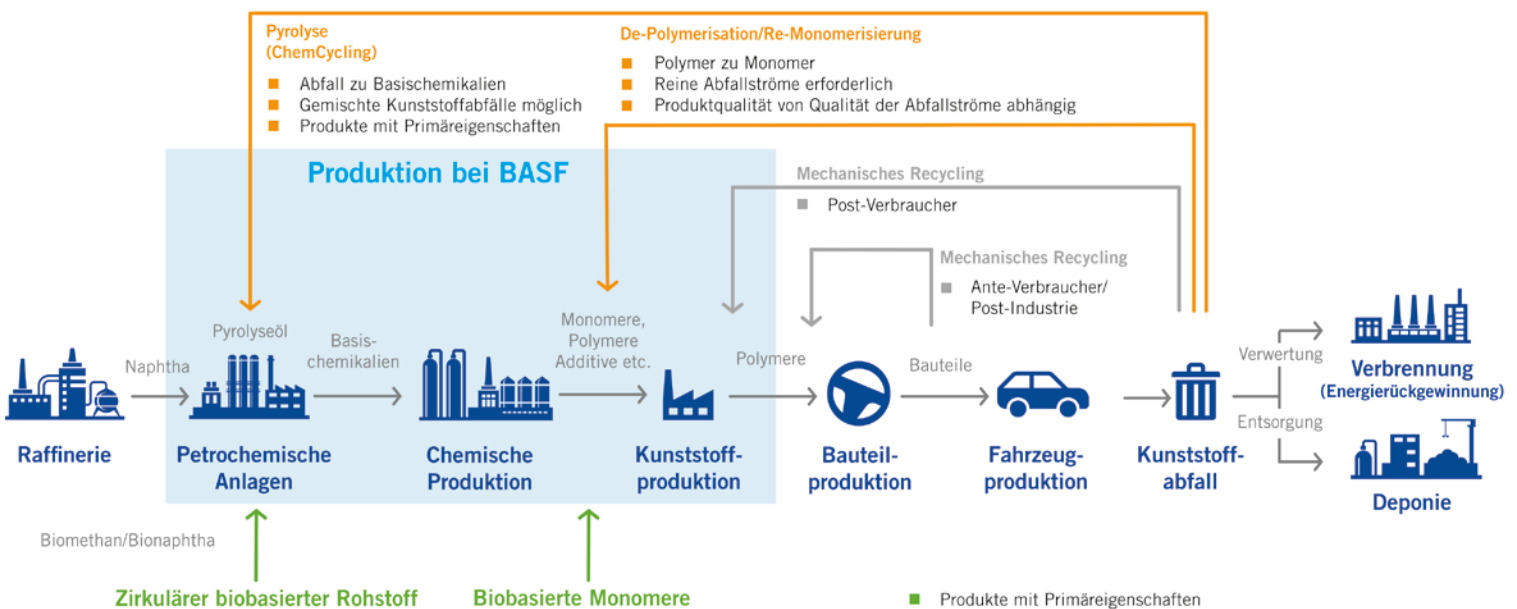
**CHEMCYCLING®, PYROLYSEÖL UND MASSENBILANZ**

Beim chemischen Recycling von Kunststoffen durch Pyrolyse erfolgt bei hohen Temperaturen (300 bis 700 °C) und unter Ausschluss von Sauerstoff eine Aufspaltung der Kunststoffmoleküle. Die so entstehenden Pyrolysegas werden durch kontrollierte Abkühlung zu Pyrolyseöl kondensiert. Das spezifikationsgerechte Pyrolyseöl kann dann im sogenannten

ChemCycling® wieder in den chemischen Produktionsverbund, zum Beispiel zur Kunststoffproduktion, eingebracht werden und anteilig fossile Rohstoffe ersetzen.

BASF hat zusammen mit verschiedenen Kooperationspartnern, unter anderem den Unternehmen Pyrum und Quantafuel, die Pyrolyse von Altfreifen und Kunststoffabfällen vorangetrieben, die sich aus technologischen, wirtschaftlichen oder ökologischen Gründen nicht für das mechanische Recycling eignen. Die dabei gewonnenen Pyrolyseöle sind bereits heute im kommerziellen Einsatz und werden am Verbundstandort Ludwigshafen in chemische Produkte, unter anderem technische Kunststoffe, umgewandelt.

Die bei BASF aktuell bereits eingesetzten Pyrolyseölmengen durchlaufen zusammen mit den fossilen Rohstoffen exakt die gleichen Produktionslinien und werden nach dem Massenbilanzansatz, **BILD 2**, rein virtuell den chemischen Verkaufsprodukten zugeordnet. Dieses sogenannte Attributionsprinzip ähnelt der Logik von Grünstromverträgen: Einige Kunden beziehen vertragsgemäß ausschließlich Grünstrom, während andere einen beliebigen Strommix erhalten. Diese Unterscheidung hat keinen Einfluss auf die Stromerzeugung und -verteilung über die Stromnetze. Es erfolgt



**BILD 1** Von der linearen zur zirkulären Wertschöpfungskette bei BASF: Einordnung der Recyclingtechnologien (© BASF)

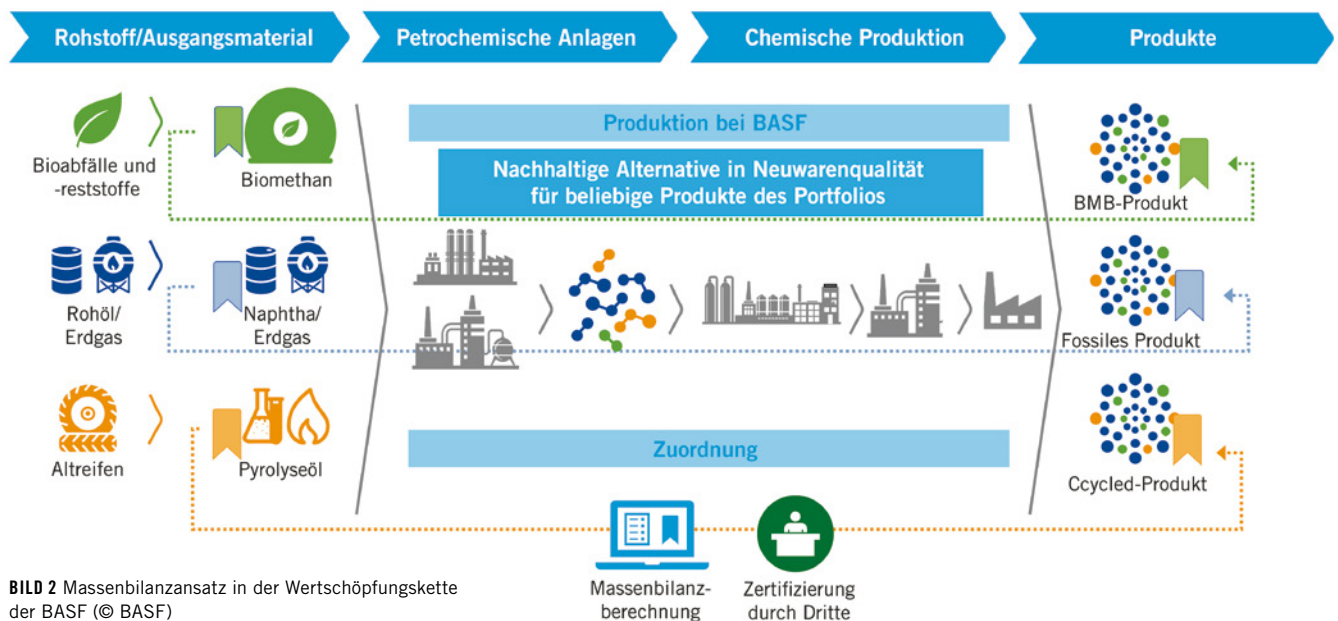


BILD 2 Massenbilanzansatz in der Wertschöpfungskette der BASF (© BASF)

ausschließlich eine bilanzielle Zuordnung und Abrechnung im definierten Bilanzraum. Dabei muss nachweislich sichergestellt sein, dass ausreichend viel Grünstrom in den Bilanzraum eingebracht wird, um die vorhandenen Grünstromkunden entsprechend bedarfsgerecht beliefern zu können.

Vergleichbar wird beim ChemCycling® der Massenbilanzansatz angewendet, um massenbilanzierte Produkte durch Einsatz von Sekundärrohstoffen parallel zu konventionellen Produkten herzustellen, ohne dafür gänzlich neue Produktionsanlagen zu installieren. An den bestehenden Anlagen sind vielmehr nur geringe Anpassungen für den Einsatz des Pyrolyseöls erforderlich. Die Zuordnung der Rohstoffe zu den Verkaufsprodukten sowie die Einhaltung der Massenbilanz bei den ChemCycling®-Produkten wird durch anerkannte Zertifizierungsschemata wie RedCert<sup>2</sup> oder ISCC+ auditiert und überwacht.

Massenbilanzierte Kunststoffe haben die gleichen Eigenschaften wie konventionell hergestellte Produkte, können auf die gleiche Weise weiterverarbeitet und in anspruchsvollen Anwendungen eingesetzt werden. Dieser Ansatz trifft für ChemCycling®-Produkte auf Basis von Pyrolyseöl aus der Kunststoffpyrolyse gleichermaßen zu wie auch auf die im Folgenden beschriebenen Biomassen-

Bilanz(BMB)-Produkte mit massenbilanziell attribuiertem Biomethan als Rohstoffquelle. Die Verfügbarkeit von Pyrolyseöl ist derzeit noch begrenzt. Neben BASF investieren zahlreiche Unternehmen der Chemie- und Mineralölbranche in den Auf- und Ausbau der Kapazitäten [4, 5], um der steigenden Nachfrage zu begegnen.

### NACHWACHSENDE ROHSTOFFE ALS ERSATZ FÜR FOSSILE ROHSTOFFE

Neben Pyrolyseölen werden auch zunehmend nachwachsende Rohstoffe als Sekundärrohstoffe in der chemischen Produktion eingesetzt. Voraussetzung hierfür ist jedoch deren nachhaltige Erzeugung, insbesondere hinsichtlich des Flächen- und Wasserverbrauchs und dem Schutz von Gebieten mit hoher Biodiversität. Grundsätzlich muss der Ressourcenwettbewerb der Chemieindustrie mit der Nahrungsmittelproduktion minimiert werden. Es kommen daher bevorzugt nachwachsende Rohstoffe zum Einsatz, die aus organischen Abfällen der Agrar- oder Nahrungsmittelproduktion resultieren.

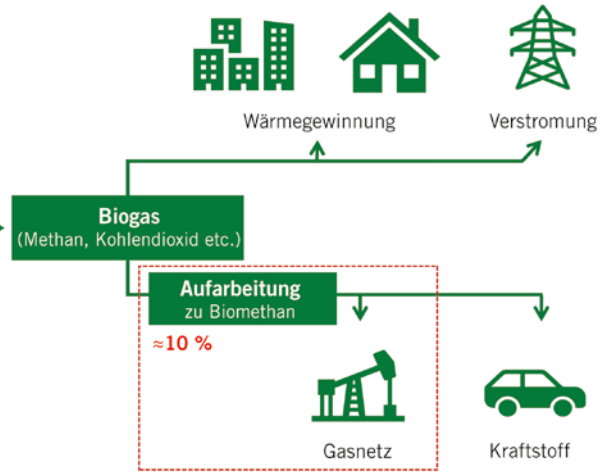
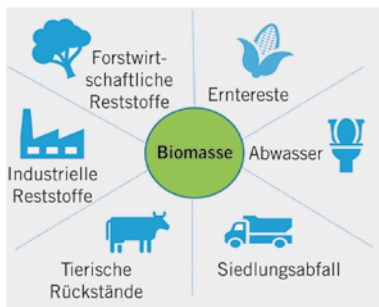
Ein großes Potenzial hat dabei abfallbasiertes Biomethan, das ebenfalls nach dem Massenbilanzansatz den chemischen Produkten zugeordnet wird und somit Erdgas bei deren Herstellung an-

teilig ersetzen kann. Das Biomethan wird hierbei hinsichtlich seiner Herkunft gemäß EU RED [6] zertifiziert.

Die aktuell erzeugten Mengen an Biogas werden heute nur teilweise zu Biomethan aufbereitet und als Rohstoff für die Produktion von chemischen Erzeugnissen wie Kunststoffen eingesetzt, BILD 3. Diesbezüglich ist jedoch eine Trendumkehr weg von der Biogasverstromung hin zur Aufbereitung und Einspeisung in die vorhandene Gasinfrastruktur zu beobachten. Des Weiteren ist ein deutlicher Zubau von Kapazitäten zur Biogaserzeugung erkennbar, um die bei Weitem noch nicht voll genutzten organischen Abfallströme der Agrar- und Nahrungsmittelindustrie zu verwenden.

### BEISPIEL TÜRGRIFF: POLYAMIDCOMPOUND ALS DROP-IN-LÖSUNG

Nahezu alle Fahrzeughersteller haben in ihrer Unternehmensstrategie die Ziele des Green Deals und die Entwicklung hin zu einer Kreislaufwirtschaft verankert. Mercedes-Benz verfolgt konsequent in seiner Strategie Ambition 2039 das Ziel der bilanziellen CO<sub>2</sub>-Neutralität entlang der gesamten Wertschöpfungskette in der Neufahrzeugflotte ab 2039. Ein besonde-



- BASF verwendet nur zertifizierte nachhaltige Rohstoffe:**
- Bioabfall und -reststoffe als zirkuläre Rohstoffe gemäß EU RED [6]
  - Verantwortungsvolle Produktion von Biomasse und Einsparung von THG-Emissionen
  - Schutz von Gebieten mit hoher biologischer Vielfalt und großem Potenzial zur Bindung von Kohlenstoff
  - Unabhängige Zertifizierung der Nachhaltigkeit durch anerkannte Methoden wie RedCert<sup>2</sup> und ISCC+

**BILD 3** Herkunft und Aufbereitung von abfallbasiertem Biomethan bei BASF (© BASF)

res Augenmerk liegt dabei ebenfalls auf dem schonenden Umgang mit Ressourcen. Ziel ist es deshalb, den Ressourcenverbrauch zunehmend vom Wachstum der Produktionsmenge zu entkoppeln und den Einsatz von primären Ressourcen pro Fahrzeug zu verringern.

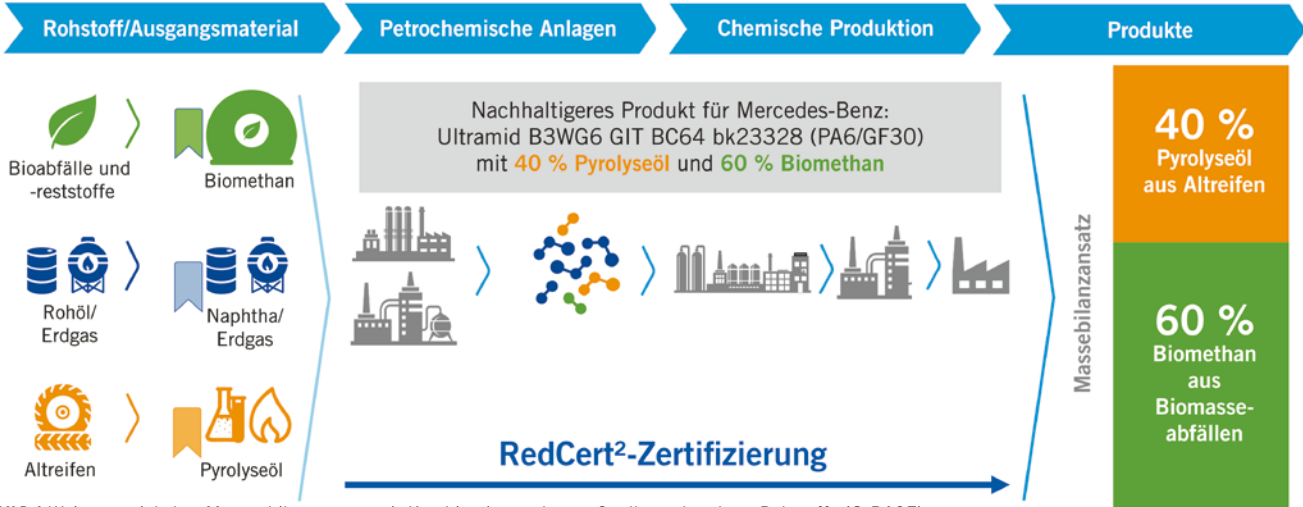
Aus dem Anspruch dieser Strategie leitet sich die Zielsetzung des von Mercedes-Benz, BASF, WITTE Automotive und Pyrum durchgeführten Kooperationsprojekts zum Ersatz fossiler Rohstoffe bei der Herstellung von glasfaserverstärktem Polyamid für den Einsatz in anspruchsvollen Fahrzeugkomponenten ab: Ressourcenschonung und Reduzierung von

CO<sub>2</sub>-Emissionen bei gleichzeitigem Erhalt der hohen Qualitätsanforderungen, insbesondere in Bezug auf die sicherheitsrelevanten mechanischen Eigenschaften sowie die Lackierbarkeit des Zielbauteils.

Die hohen Qualitätsanforderungen an das Zielbauteil, einen Bügeltürgriff der Mercedes-Benz Serienmodelle EQE und S-Klasse, schließen den Einsatz von Kunststoffzyklaten aus dem mechanischen Recycling weitgehend aus. ChemCycling<sup>®</sup> und damit das chemisch recycelte Polyamidcompound erzielen hingegen die gewohnten Eigenschaften von Primärkunststoffen und damit die Eignung für den Einsatz in anspruchsvollen

Anwendungen. Auf diese Weise wurde eine Drop-in-Lösung ohne erneute Prüfung der Werkstoff- und Bauteileigenschaften möglich. Der Philosophie eines industriespezifischen Recyclingkreislaufs folgend, wurde beim ChemCycling<sup>®</sup> von Altreifen als Ausgangsmaterial für die Pyrolyse ausgegangen. Der Massenbilanzansatz wurde durch gleichzeitige Kombination mehrerer Quellen sekundärer Rohstoffe weiterentwickelt, **BILD 4**. So entsteht ein nachhaltigeres, chemisch und physikalisch identisches Polyamidcompound für den Türgriff.

Für eine Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks (Product Carbon Footprint, PCF)



**BILD 4** Weiterentwickelter Massenbilanzansatz mit Kombination mehrerer Quellen sekundärer Rohstoffe (© BASF)

bei der Herstellung des Türgriffs aus Polyamidcompound wurde zusätzlich zu dem Sekundärrohstoff Pyrolyseöl als Maßnahme Biomethan massenbilanziell attribuiert. Um die angestrebte Sekundärrohstoffquote von mehr als 25 % durch ChemCycling® bezogen auf das Granulat zu erreichen, betrug der attribuierte Pyrolyseölanteil 40 %. Für die verbleibenden 60 % wurde Biomethan als Rohstoffquelle attribuiert. Das so definierte Produkt trägt die Produktbezeichnung Ultramid B3WG6 GIT BC64 bk23328, wobei BC64 im Produktnamen den jeweiligen Anteil an zertifiziertem Cycled- und BMB-Material bezeichnet.

Im Rahmen des Projekts wurde die Substitution der für das Endprodukt benötigten Mengen an fossilen Rohstoffen durch entsprechende Anteile an Pyrolyseöl und Biomethan in Zusammenarbeit mit unabhängigen Prüfinstituten auditiert und vom TÜV Nord nach dem RedCert<sup>2</sup>-Schema zertifiziert. Dabei handelte es sich um das erste Audit eines Produkts, das auf diesem weiterentwickelten Massenbilanzansatz basiert.

Neben BASF als Hersteller des Polyamidcompounds wurde der Produzent des Türgriffs, der Automobilzulieferer WITTE Automotive, ebenfalls gemäß dem RedCert<sup>2</sup>-Standard auditiert. Dabei

waren die Materialübergabe bei Anlieferung sowie die Materialflüsse und die Fertigungsabläufe innerhalb des Unternehmens relevant. Nach Erhalt der RedCert<sup>2</sup>-Zertifikate konnte somit die laufende Fertigung der Türgriffe Ende 2022 auf das nachhaltigere Polyamidcompound umgestellt werden.

Im Verlauf dieses Kooperationsprojekts wurde von BASF und Mercedes-Benz ein Änderungsantrag bei der Organisation für das globale International Material Data System (IMDS) eingereicht. Nach Umsetzung der vorgeschlagenen Anpassungen im Mai 2023 soll er die Erfassung von massenbilanzierten Materialien einschließlich ihrer Nachhaltigkeitseigenschaften ermöglichen. Die Nutzung des IMDS erlaubt es Automobilherstellern und ihren Lieferanten, die Verpflichtungen zu erfüllen, die ihnen durch nationale und internationale Standards, Gesetze und Regelungen entstehen.

#### BERECHNUNG DES CO<sub>2</sub>-FUSSABDRUCKS

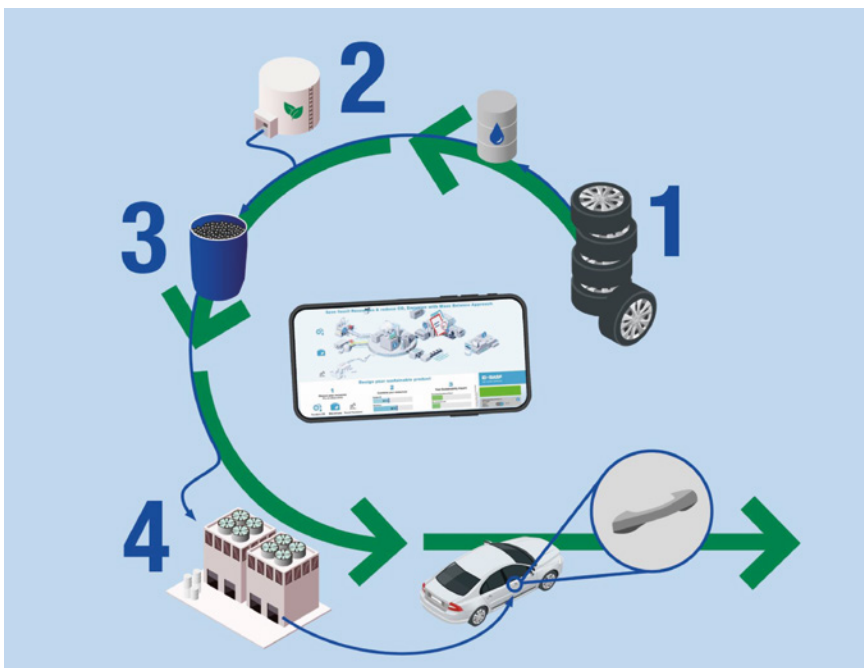
Die während des gesamten Herstellungsprozesses eines Produkts emittierten Treibhausgase werden im PCF zusammengefasst und in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten pro gefertigte Einheit eines Produkts angege-

ben. Der PCF-Wert eines Produkts wird dabei in einer Cradle-to-Gate-Bilanz berechnet. BASF hat für diese Aufgabe eine eigene softwarebasierte Lösung als Onlinewerkzeug entwickelt. **BILD 5** zeigt die dort durchgeführten Prozessschritte 1 bis 4.

Im Rahmen des hier beschriebenen Projekts wurden mehrere PCF-Berechnungen mit dem Onlinewerkzeug unter Annahme verschiedener Randbedingungen vorgenommen. Dabei wurde unter anderem der PCF-Wert für ein zu 100 % auf Pyrolyseöl beziehungsweise auf Biomethan basierendes Produkt ermittelt, woraus sich ein um 21 % verringerte Wert ergab für das glasfaserverstärkte Polyamid Ultramid B3WG6 GIT BC64 bk23328 mit den entsprechenden Anteilen.

Während des Kooperationsprojekts ist deutlich geworden, dass die Berechnungsmethodik des PCF auch unter Expertinnen und Experten für Ökobilanzen noch Diskussionen hervorruft. Aus diesem Grund ist die BASF gemeinsam mit anderen Chemieunternehmen in der Initiative Together for Sustainability (TfS) engagiert und strebt dort Verbesserungen bei der Nachhaltigkeit ihrer Wertschöpfungskette an. Dazu gehört unter anderem auch die Schaffung eines einheitlichen Standards zur Ermittlung von PCF-Werten, wodurch erstmalig eine relative Vergleichbarkeit der Daten unterschiedlicher Hersteller möglich werden soll. Das interaktive Onlinewerkzeug, **BILD 6**, zur Visualisierung des Konzepts steht unter [7] bereit. Zudem wird im Projekt Catena-X ein industrieübergreifender Standard entwickelt, der das Ziel hat, den PCF als digitalen Zwilling in der gesamten automobilen Wertschöpfungskette abzubilden.

Ein wesentlicher Erfolgsfaktor für das Projekt ergibt sich aus der vertrauensvollen Zusammenarbeit der beteiligten Unternehmen Mercedes-Benz, BASF, WITTE Automotive und Pyrum und die Einbindung aller relevanten Stakeholder der Wertschöpfungskette zu jeder Phase des Projekts. Das Projektergebnis und die kooperative Ausgestaltung von der Idee bis zur Implementierung in der Serienfertigung wurde im Oktober 2022 mit dem Materialica Award in der Kategorie Material mit dem Best of Award ausgezeichnet.



**BILD 5** Im Projekt und Onlinewerkzeug abgebildete Prozessschritte 1 bis 4: CO<sub>2</sub>-Betrachtung vom Altreifen zum neuen Türgriff (© BASF | Stern GmbH)





**BILD 6** Interaktives Onlinewerkzeug in Englisch zur Visualisierung des kombinierten Massenbilanzansatzes [7] (© BASF)

**AUSBLICK: VOM BÜGELTÜRGRIFF ZUM CRASHABSORBER UND ANDEREN BAUTEILEN**

Der für den Bügeltürgriff gemeinsam entwickelte Lösungsansatz wird aktuell auf einen Crashabsorber für die Mercedes-Benz S-Klasse übertragen. Der Bestandteil des Vorderwagens sorgt für eine gleichmäßige Kraftverteilung auf den Unfallgegner bei einem Frontalaufprall. Auch hierbei erfüllt ein massenbilanziertes Kunststoffcompound unter Einsatz von Pyrolyseöl und Biomethan die hohen Qualitätsanforderungen, insbesondere hinsichtlich der Crashsicherheit. Wie beim Bügeltürgriff erfolgt auch beim Crashabsorber ein Wechsel hin zum nachhaltigeren Polyamidcompound als Drop-in-Lösung ohne zusätzliche Material- beziehungsweise Bauteilqualifizierung.

Eine weitere Flexibilisierung des Mischungsverhältnisses von attribuiertem Pyrolyseöl und Biomethan wird zukünftig noch einfacher sein. BASF bereitet aktuell die interne Lieferkette und die ERP-Systeme auf eine digitalisierte Attributvergabe vor, die es erlauben wird, die Nachhaltigkeitsattribute eines Kunststoffprodukts in der laufen-

den Serienproduktion des Kunststoffbauteils anzupassen. Dies wird weitere Optionen für Anwendungen des kombinierten Massenbilanzansatzes bei anderen Bauteilen auf Basis von Pyrolyseöl und Biomethan eröffnen.

**LITERATURHINWEISE**

- [1] Europäisches Parlament und Rat (Hrsg.): Richtlinie 2000/53/EG vom 18. September 2000 über Altfahrzeuge. Online: [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:02fa83cf-bf28-4afc-8f9f-eb201bd61813.0003.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:02fa83cf-bf28-4afc-8f9f-eb201bd61813.0003.02/DOC_1&format=PDF), aufgerufen: 2. März 2023
- [2] UBA (Hrsg.): Altfahrzeugverwertung und Fahrzeugverbleib. Kapitel Metallverwertung. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/altfahrzeugverwertung-fahrzeugverbleib#metallverwertung>, aufgerufen: 2. März 2023
- [3] Plastics Europe (Hrsg.): Mythen und Fakten. Chemisches Recycling. Stand der Debatte. Online: <https://plasticseurope.org/de/nachhaltigkeit/chemisches-recycling/>, aufgerufen: 2. März 2023
- [4] OMV (Hrsg.): OMV und Wood unterzeichnen Absichtserklärung für kommerzielle Lizenzierung der ReOil-Technologie. Online: <https://www.omv.com/de/news/221102-omv-und-wood-unterzeichnen-absichtserklaerung-fuer-kommerzielle-lizenzierung-der-reoil-technologie>, aufgerufen: 2. März 2023
- [5] Scheuermann, A.: Strategische Partnerschaft mit Bluealp. Shell investiert in chemisches Recycling von Kunststoffabfällen. Online: [\[sches-recycling-von-kunststoffabfaellen-338.html\]\(https://www.chemietechnik.de/markt/shell-investiert-in-chemisches-recycling-von-kunststoffabfaellen-338.html\), aufgerufen: 2. März 2023](https://www.chemietechnik.de/markt/shell-investiert-in-chemi-</a></li>
</ul>
</div>
<div data-bbox=)

[6] Europäisches Parlament und Rat (Hrsg.): Richtlinie 2009/28/EC vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen. Online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=EN>, aufgerufen: 2. März 2023

[7] BASF (Hrsg.): Interaktive Visualisierung – Erleben Sie den Massenbilanzansatz. Online: [https://plastics-rubber.basf.com/emea/de/performance\\_polymers/industries/pp\\_automotive/transportation\\_sustainability/mass\\_balance\\_animation.html](https://plastics-rubber.basf.com/emea/de/performance_polymers/industries/pp_automotive/transportation_sustainability/mass_balance_animation.html), aufgerufen: 2. März 2023

**DANKE**

Die Autorenschaft bedankt sich bei den folgenden Mitstreitern, die zum Erfolg des Kooperationsprojekts wesentlich beigetragen haben: Michael Frik, Klaus Ruhland, Bernd-Uwe Kettemann, Jan Heyduck, Jürgen Moczygomba und Aline Meiser (alle Mercedes-Benz AG) sowie Marion Mayer, Stefan Milimonka, Christian Krüger, Carolin Deregowski, Simon Rauch, Raman Chaudhari, Eileen Orlich, Sascha Brod und Birgit Hellmann (alle BASF SE). Zudem gilt der Dank Georg Stalter, Harald Hau und David Skala (alle WITTE Automotive) sowie Pascal Klein (Pyrum Innovations AG).

**IMPRESSUM:**

Sonderausgabe 2023 in Kooperation mit BASF SE, PM/KE - F204, Carl-Bosch-Strasse 38, 67056 Ludwigshafen am Rhein; Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Postfach 1546, 65173 Wiesbaden, Amtsgericht Wiesbaden, HRB 9754, USt-IdNr. DE81148419

**GESCHÄFTSFÜHRER:**

Stefanie Burgmaier | Andreas Funk | Joachim Krieger

**PROJEKTMANAGEMENT:** Anja Trabusch

**TITELBILD:** © Patrick P. Palej | Stock.adobe.com



# Does nature have to end where the road starts?

Drive forward automotive sustainability.



[plastics.basf.com](https://plastics.basf.com)

[automotive.basf.com](https://automotive.basf.com)

 **BASF**

We create chemistry