



Link

www.mec.ed.tum.de/fml
www.cec.cs.tum.de

Zu schade zum Wegwerfen

Kreislaufwirtschaft schont Ressourcen und schafft nachhaltige Werte, sagen Prof. Magnus Fröhling und Prof. Johannes Fottner. In gemeinsamen Projekten mit Kolleginnen und Kollegen der TUM erforschen sie, wie beispielsweise Lösungen für eine zirkuläre Wirtschaft in der Automobilindustrie aussehen können. Ihr Credo: Kreislaufwirtschaft funktioniert nur multidisziplinär und mit ganzheitlicher Betrachtungsweise.

Full Article (PDF, EN): www.tum.de/faszination-forschung

Circular Economy: Too Good to Go

E

To reduce resource consumption, emissions and waste, and to protect the environment, TUM researchers are focusing on the circular economy. The concept aims to close material and product cycles and use regenerative energy sources. An internal exchange and action platform, CirculaTUM, has now been established to promote internal competencies and interdisciplinary research projects.

The initiative is coordinated by Professors Johannes Fottner (Logistics) and Magnus Fröhling (Circular Economy): “We have to ensure that the circular economy is implemented in a meaningful way and show that it is economically feasible.” In projects with industry, they are investigating which technical processes the logistics sector can develop for a circular economy, or how a combination of life cycle assessment and techno-economic analysis can look from a systems perspective in order to compare different technologies. □

„Im Grunde wissen wir seit 50 Jahren, dass wir etwas tun müssen“, meint Johannes Fottner und verweist auf die damals weltweit beachtete Club-of-Rome-Studie „Die Grenzen des Wachstums“. Trotzdem hat sich der weltweite Verbrauch natürlicher Ressourcen seit 1970 verdreifacht, stellte das UNEP International Resource Panel im Jahr 2019 fest. Ein nachhaltiger Umgang mit der Erde sei unumgänglich. Dazu gehöre auch, Abfälle nicht als Müll, sondern als Rohstoffquellen zu betrachten, sagt der Professor am Lehrstuhl für Fördertechnik, Materialfluss, Logistik: „Wer Produkte wegwirft, verschwendet wertvolle Ressourcen. In Mobiltelefonen oder Altautos sind Rohstoffe, zum Beispiel Metalle oder seltene Erden, oft höher konzentriert als in natürlichen Lagerstätten.“

Neben hohen Förderkosten, der Endlichkeit natürlicher Ressourcen, Umweltverschmutzung, erhöhtem CO₂-Ausstoß und dem Verlust der Artenvielfalt sind volatile Rohstoffmärkte und fragile Lieferketten weitere Argumente, die gegen die bisherige lineare Wirtschaftsweise des „Take, Make, Waste“, also „Nehmen, Herstellen, Wegwerfen“ sprechen. Gerade für Deutschland, das arm an strategischen Rohstoffen ist, liegt es nahe, auf eine zirkuläre Wirtschaftsweise umzustellen. ▷

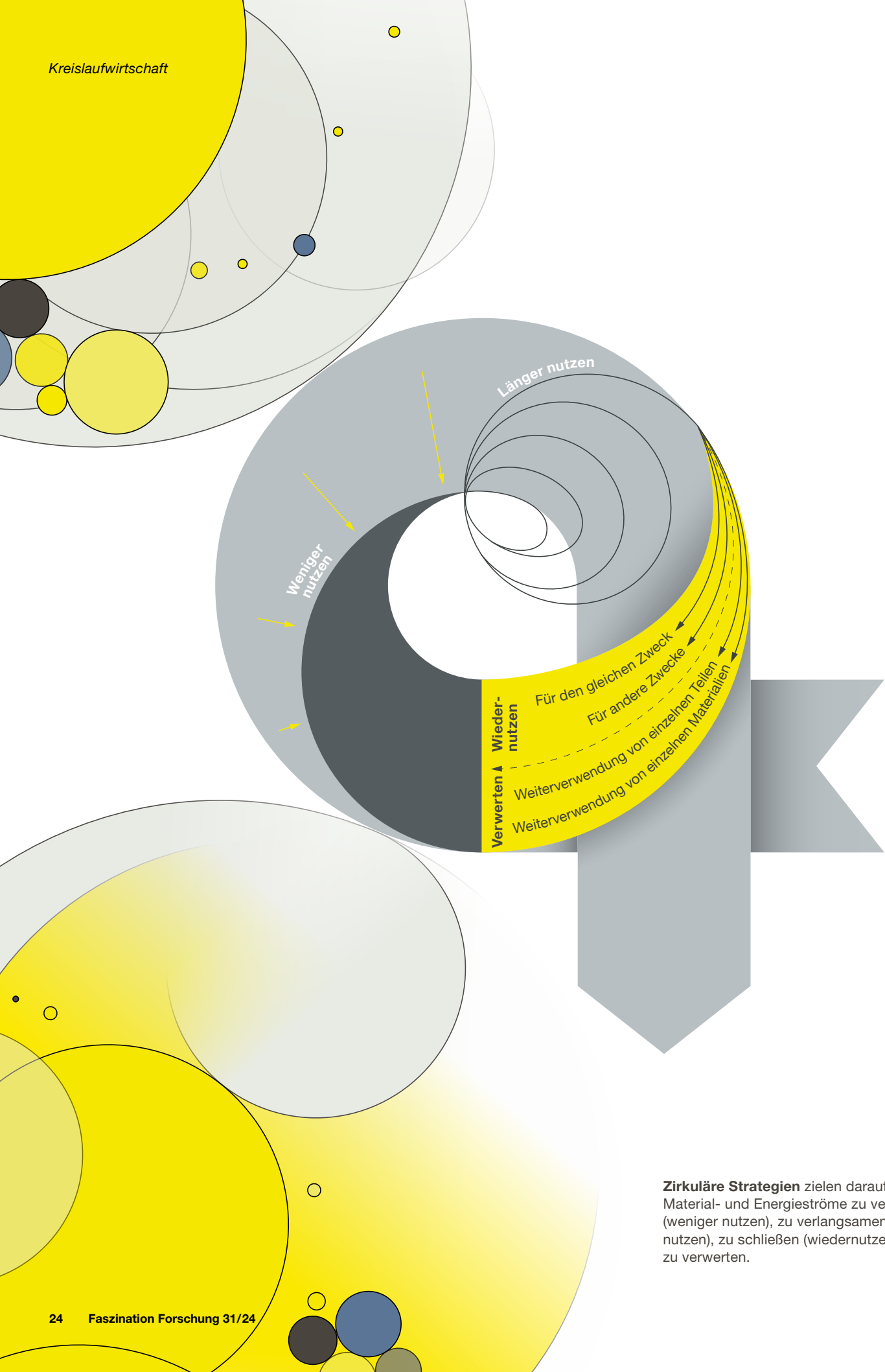


„Wenn wir ... ein langfristiges Auskommen auf diesem Planeten haben wollen, brauchen wir eine grundlegende und nachhaltige Transformation.“

Magnus Fröhling

Prof. Magnus Fröhling

studierte Wirtschaftsingenieurwesen an der Universität Karlsruhe, promovierte und habilitierte dort mit einer Arbeit im Bereich Ressourcen- und Energieeffizienz in industriellen Wertschöpfungsketten. 2015 berief ihn die TU Bergakademie Freiberg zum Professor für Betriebswirtschaftslehre mit Schwerpunkt Ressourcenmanagement. Drei Jahre später berief ihn die TUM auf die Professur Circular Economy am Campus Straubing. Mit seinem Team erarbeitet er Konzepte und Methode, um Kreislaufwirtschaftssysteme zu analysieren, zu bewerten und zu optimieren. Dabei werden sowohl Technologien und Produkte als auch Netzwerke und Industrie-sektoren betrachtet. Arbeitsschwerpunkte sind die industrielle Wertschöpfung, die bebaute Umwelt und die Bioökonomie.



Zirkuläre Strategien zielen darauf ab, Material- und Energieströme zu verringern (weniger nutzen), zu verlangsamen (länger nutzen), zu schließen (wiedernutzen) und zu verwerten.

„Das Potenzial der Kreislaufwirtschaft kann nur ausgeschöpft werden, wenn es adäquate Logistiklösungen gibt.“

Johannes Fottner

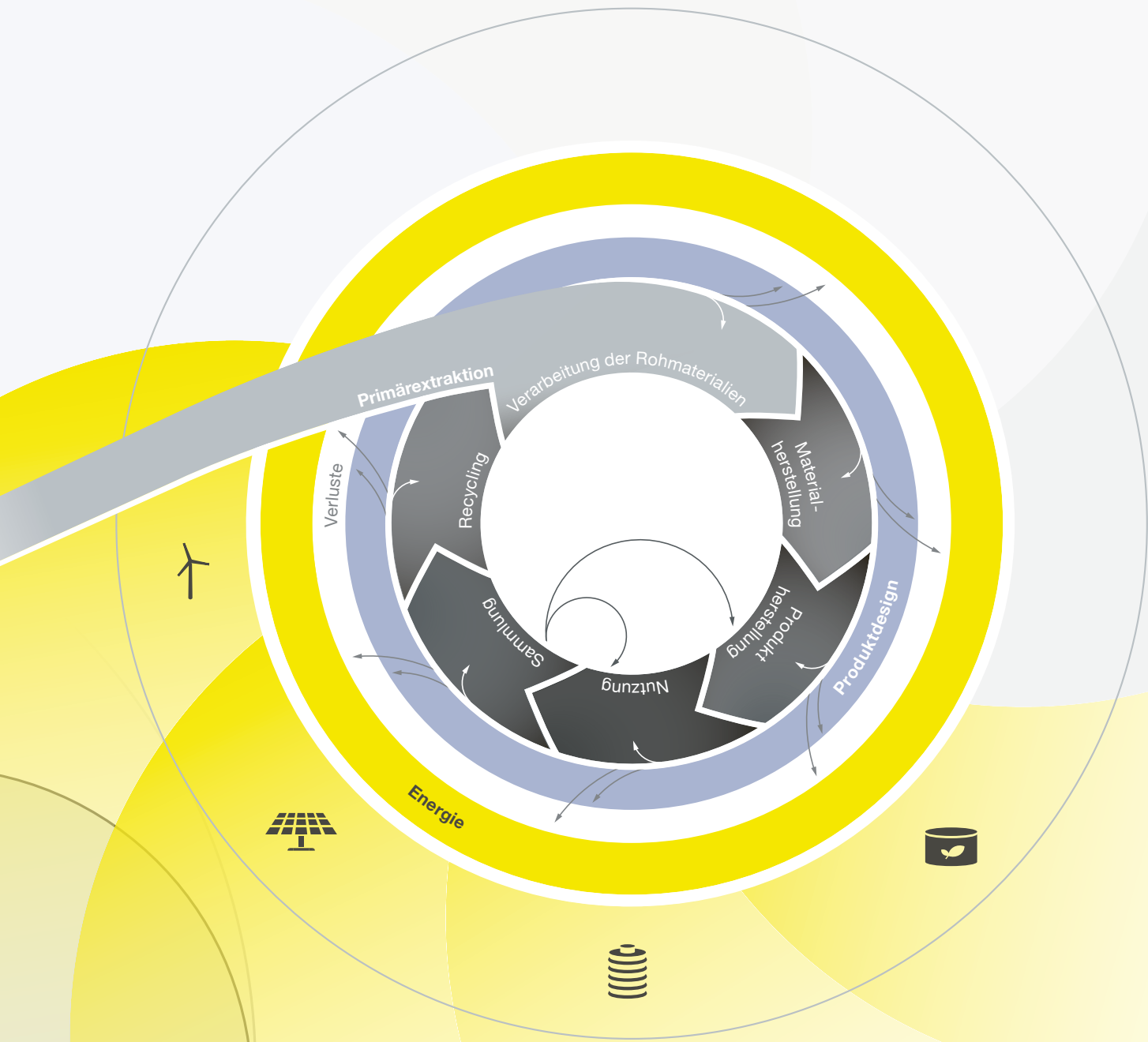
„Wenn wir vor dem Hintergrund einer wachsenden Weltbevölkerung ein langfristiges Auskommen auf diesem Planeten haben wollen, brauchen wir eine grundlegende und nachhaltige Transformation“, stellt Magnus Fröhling, Professor für Circular Economy fest. In der Kreislaufwirtschaft oder Circular Economy sehen die beiden Professoren den Gegenentwurf zur linearen Wirtschaft: Das Konzept sieht nicht nur das Schließen von Stoff-, Material-, und Produktkreisläufen vor, um Abfälle zu vermeiden, Ressourcen zu schonen und den Umweltschutz voranzutreiben. Die beiden Forscher erwarten – ebenso wie die EU, die in ihrem Green Deal auf Kreislaufwirtschaft setzt – positive wirtschaftliche und soziale Effekte.

Zirkuläre Strategien sollen nachhaltige Material- und Produktkreisläufe schaffen: Es soll weniger Material verwendet, die Nutzungsdauer verlängert, Materialkreisläufe sollen durch Wiederverwendung oder -aufbereitung geschlossen und natürliche Systeme regeneriert werden, beispielsweise durch den Einsatz erneuerbarer Energien sowie abbaubarer, ungiftiger Materialien. ▶



Prof. Johannes Fottner

studierte Maschinenwesen an der TUM und promovierte dort 2002. Der gebürtige Münchner war von 2002 bis 2008 in verschiedenen Managementfunktionen bei einem Schweizer Unternehmen tätig. 2008 übernahm er die Geschäftsführung der Münchner Dependance. 2016 wurde er auf die Professur für Technische Logistik an die TUM berufen. Sein Lehrstuhl für Fördertechnik, Materialfluss, Logistik befasst sich mit dem technisch-physikalischen Teil der Logistik. Dazu gehören u.a. die Steuerung und Optimierung von Materialflussprozessen durch innovative RFID-Technologien, die Weiterentwicklung der Logistikplanung auf Basis digitaler Werkzeuge und die Rolle des Menschen in der Logistik.



TUM Mission Network Circular Economy (CirculaTUM)

Die Austausch- und Aktionsplattform CirculaTUM bündelt über alle Fachrichtungen und Standorte hinweg die internen Kompetenzen der TUM zu Forschung, Lehre und Innovation im Bereich Kreislaufwirtschaft. Derzeit sind über 30 Lehrstühle und Professuren und mehr als 100 Forschende unterschiedlicher Schools und Standorte beteiligt. Das Netzwerk passt damit gut in die TUM Sustainable Futures Strategy 2030, die Nachhaltigkeit als integrales Leitmotiv der TUM festlegt.

www.mission-networks.tum.de/circular-economy

Produktkreislauf: Produktdesign, Energieverbrauch und Verluste sind in allen Produktstadien zu berücksichtigen.

Produktionsprozesse verändern

Dies erfordert allerdings eine Veränderung der Produktionsprozesse. Gleichzeitig müssen auch Geschäftsmodelle neu gedacht werden. Zum Beispiel in Form von Leihsystemen oder Mietmodellen, bei denen das Produkt Teil der Dienstleistung wird – man spricht von „Product-as-a-Service“. „So kann es gelingen, die wirtschaftliche Entwicklung vom Bedarf an natürlichen Rohstoffen weitgehend zu entkoppeln“, beschreiben die beiden Experten. Lösungsansätze sind vorhanden, das Problem liegt laut Fottner und Fröhling in der Umsetzung, da Kreislaufwirtschaft Ökonomie, Ökologie und Soziales umfasst und damit hochkomplex ist. „Derzeit werden die einzelnen Aspekte noch isoliert betrachtet. Wir müssen bei den Entscheidungsträgern in Wirtschaft und Politik ein ganzheitliches, systemisches Denken verankern. Das fängt beim langlebigen Design an und geht über die Herstellung und Nutzung bis zur Erfassung am Ende der Nutzung, der Sammlung und Rückführung der Materialien. Bei Konsumenten ist ein Umdenken erforderlich, dass auch gebrauchte, wiederaufbereitete Produkte einen Wert haben können“, führt Magnus Fröhling aus. Kann Deutschland hier eine Vorreiterrolle übernehmen, wo es sich bekanntermaßen um ein globales Problem handelt? „Man kann nicht immer auf andere zeigen. Einer muss anfangen. Langfristig wird sich das auch ökonomisch auszahlen“, sind die beiden Wissenschaftler überzeugt. Um die Transformation mit und aus ihrer Universität heraus aktiv zu gestalten, haben sie CirculaTUM gegründet, ein TUM-weites, transdisziplinäres Netzwerk zur Kreislaufwirtschaft. ▶

Logistik als Schlüssel zum Erfolg

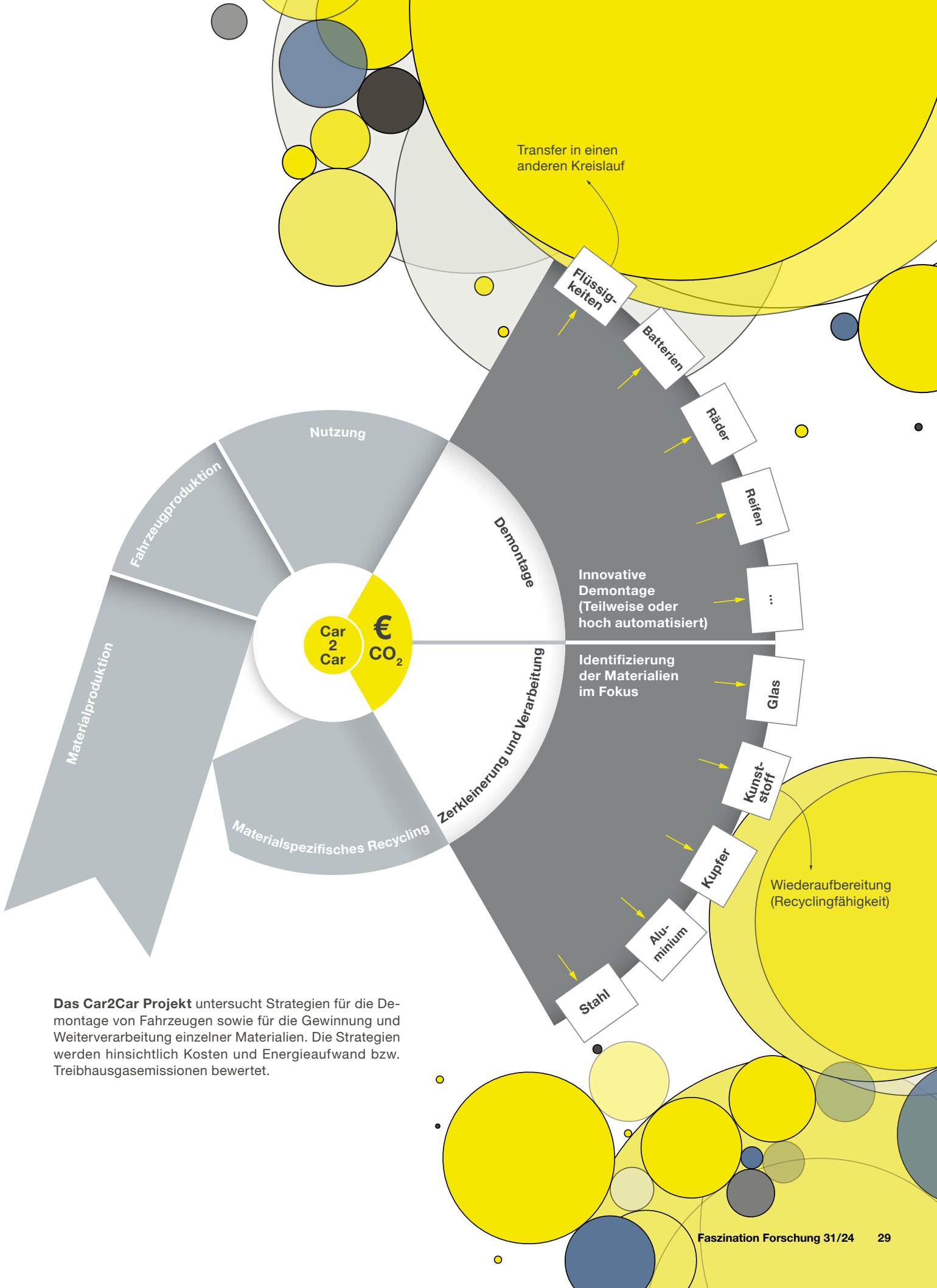
Eine Branche, in der die beiden Wissenschaftler aktiv sind, ist die Automobilindustrie. So geht es im gemeinsamen Projekt Car2Car darum, aus ausgedienten Fahrzeugkomponenten qualitativ hochwertige Werkstoffe zu gewinnen und diese wiederzuverwenden. „100 Jahre lang haben die Automobilhersteller die Montage optimiert. Jetzt geht es darum, die Demontage – also den gesamten Lebenszyklus – mitzudenken und die daraus resultierenden logistischen Prozesse zu erfassen und zu automatisieren“, kommentiert Johannes Fottner und weist darauf hin, dass seiner Disziplin bei der Transformation eine Schlüsselrolle zukommt: „Das Potenzial der Kreislaufwirtschaft kann nur ausgeschöpft werden, wenn es adäquate Logistiklösungen gibt.“

Überhaupt müssen die Liefer- und Wertschöpfungsketten und deren Prozesse ganzheitlich bewertet werden. „Hier kommt unsere Professur ins Spiel: Wir entwickeln Methoden, kreislaufwirtschaftliche Lösungen zu evaluieren“, erläutert Magnus Fröhling. „Dabei geht es auch darum, kritische Faktoren für die Umsetzung zu identifizieren und zu analysieren: Wie und unter welchen Bedingungen kann dies gelingen?“ ▶

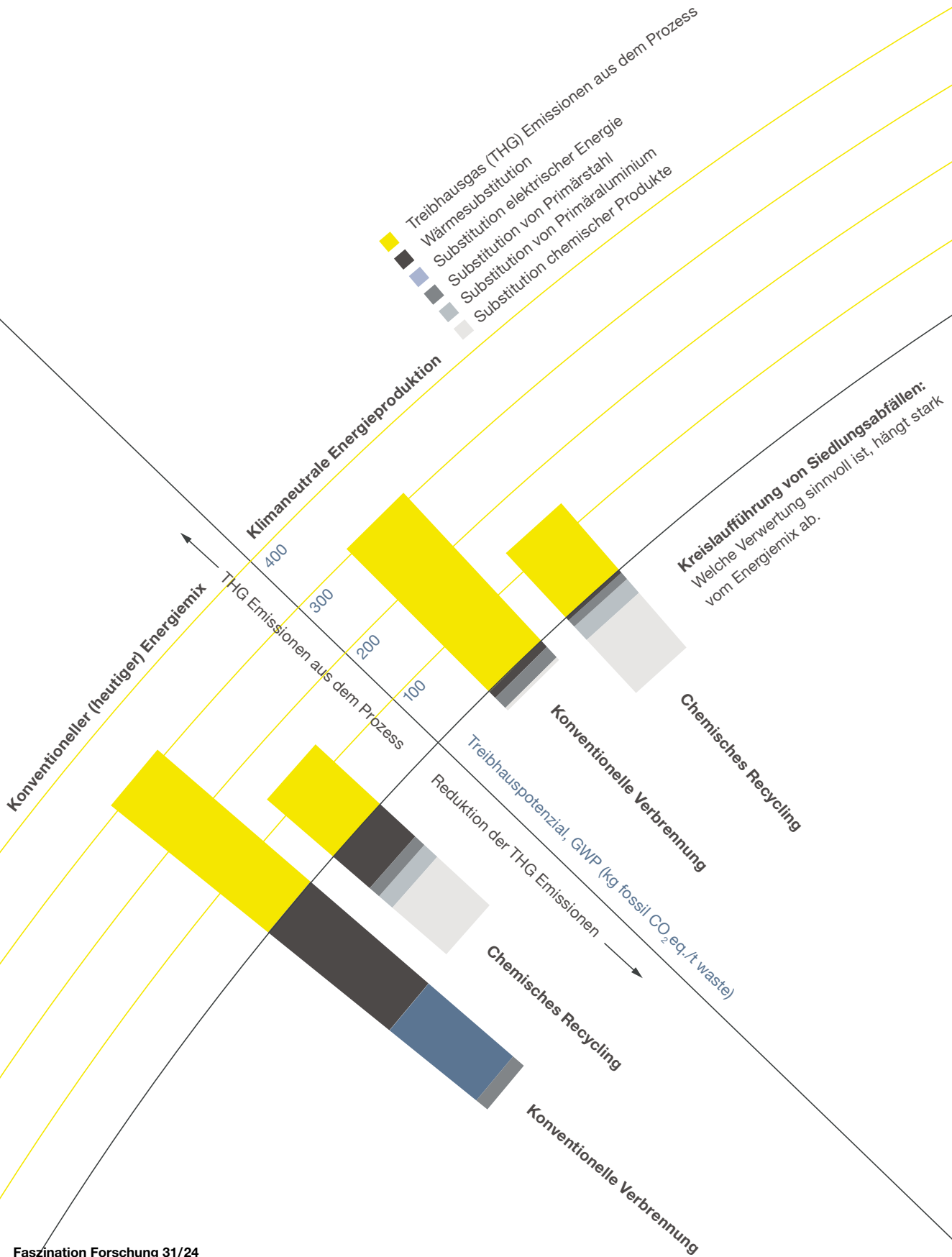
Car2Car: Innovative Demontagemethoden und automatisierte Sortierverfahren

Im Car2Car-Projekt arbeitet seit Frühjahr 2023 unter Leitung des Autobauers BMW ein Konsortium aus wissenschaftlichen Institutionen und industriellen Partnern daran, Materialkreisläufe für automobiler Werkstoffe zu schließen. Die Beteiligten werden 500 Altfahrzeuge untersuchen, um Fragen zur intelligenten Demontage, geeigneten Erkennung, effizienten Sortierung und Trennung von Sekundärmaterialien (z.B. Aluminium, Kupfer oder Glas) zu beantworten. Welche Bauteile für eine Demontage in Frage kommen, hängt unter anderem von regulatorischen Vorgaben, Materialstruktur oder Wertstoffgehalt ab. Nicht nur die Qualität der Sekundärrohstoffe soll steigen, sondern auch deren Anteil in Neuwagen. Dabei werden auch die ökologischen und wirtschaftlichen Auswirkungen der geschlossenen Materialströme ausgewählter Werkstoffgruppen bewertet.

Aufgabe von Johannes Fottners Lehrstuhl und dem seines Kollegen Michael Zäh vom Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften ist es, kreislauffähige Bauteile zu identifizieren und geeignete Technologien für Demontage und Sortierung einzusetzen. Hier kommt es neben der Entwicklung eines optimalen Demontageprozesses darauf an, nach Erfassung der logistischen Prozesse ein wirtschaftlich tragfähiges und ökologisch sinnvolles Konzept für die Rückführung qualitativ hochwertiger Sekundärrohstoffe auszuarbeiten. Magnus Fröhling und sein Team werden die einzelnen Prozesse und Lösungsansätze bewerten. Zudem untersuchen die Forscher, wie eine großskalige Umsetzung der gefundenen Lösungen aussehen kann und welche positiven und ökonomischen Effekte damit erreicht werden können. Das Bundesministerium für Wirtschaft fördert das Forschungsprojekt mit insgesamt 6,4 Mio. EUR.



Das Car2Car Projekt untersucht Strategien für die Demontage von Fahrzeugen sowie für die Gewinnung und Weiterverarbeitung einzelner Materialien. Die Strategien werden hinsichtlich Kosten und Energieaufwand bzw. Treibhausgasemissionen bewertet.



Chemisches Recycling als Baustein einer Kreislaufwirtschaft

Die Professur für Circular Economy untersucht die ökologischen und wirtschaftlichen Auswirkungen der rohstofflichen Nutzung von festen Abfällen in der deutschen und internationalen Chemieindustrie. Dabei kombiniert das Team Ansätze der Ökobilanzierung und der techno-ökonomischen Analyse, um das chemische Recycling mit Anlagen der konventionellen Verbrennung von Hausmüll hinsichtlich des Treibhauspotenzials und der ökonomischen Kenngrößen (Investitionen, Kapitalwert, dynamische Amortisationszeit und CO₂-Vermeidungskosten) zu vergleichen. Die Ergebnisse zeigen, dass chemisches Recycling im Vergleich zur konventionellen Abfallbehandlung dazu beitragen kann, die Treibhausgasemissionen in emissionsarmen Energiesystemen zu reduzieren und natürliche Ressourcen zu schonen. Allerdings müssten geeignete Rahmenbedingungen geschaffen werden, da die Einführung von chemischem Recycling anfangs mit hohen Systemkosten verbunden ist, denn Vergasungstechnologien sind kapitalintensiv. Dazu gehören auch Maßnahmen wie die Verpflichtung zum Handel mit CO₂-Zertifikaten für die energetische Verwertung sowie die Einführung einer Recyclingquote, um wirtschaftliche Nachteile auszugleichen.

Zirkulär ist nicht per se nachhaltig

Seine Forschungsgruppe untersucht beispielsweise, welche Rolle chemisches Recycling in der Kreislaufwirtschaft spielen kann: Zum Beispiel vergleichen sie das Treibhauspotenzial bei der Vergasung von Hausmüll mit dem aus der konventionellen Müllverbrennung. Laut Magnus Fröhling ist es wichtig, alle anfallenden Kosten verursachergerecht zuzuweisen. Dazu gehören auch die externen Kosten, die bisher meist von der Allgemeinheit und nicht von den Verursachern getragen wurden. „Für das chemische Recycling zeigt sich zudem, dass festgelegte Recyclingquoten sogar noch wirksamer sein können als eine Verschärfung des Emissionshandels.“

Die Kreislaufwirtschaft ist ein wirkmächtiges Instrument, als Allheilmittel für alle Nachhaltigkeitsprobleme sollte sie allerdings nicht gesehen werden. Die Gründe dafür liegen unter anderem in physikalischen oder ökonomischen Beschränkungen oder im menschlichen Verhalten. Wenn beispielsweise Kosteneinsparungen bei den Verbrauchern zu erhöhtem Konsum an anderer Stelle führen, könnte das die Vorteile des zirkulären Wirtschaftens sehr schnell schmälern oder sogar ins Gegenteil verkehren. Dies ändert jedoch nichts an der Bedeutung der Kreislaufwirtschaft als wesentlicher Baustein für die nachhaltige Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft, sind Fottner und Fröhling überzeugt. ■ *Eve Tsakiridou*



Mehr über Nachhaltigkeit an der TUM:

www.tum.de/ueber-die-tum/ziele-und-werte/nachhaltigkeit