

CARL  
VON  
OSSIEZKY  
**universität** OLDENBURG  
FAKULTÄT II Nachwuchsforscherguppe  
CASCADE USE

# Cascade Use

Nachwuchsforscherguppe





# CASCADE USE

## KASKADENNUTZUNG ZUM NACHHALTIGEN RESSOURCENMANAGEMENT

Nachwuchsforschergruppe an der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

### Autoren:

Dr.-Ing. Alexandra Pehlken  
Dr. Matthias Kalverkamp  
Charlotte Schäffer, B.A.  
Eva Stede, M.A.  
Kalle Wulf, B.Sc.

### Layout:

Charlotte Schäffer, B.A.  
Eva Stede, M.A.  
Renate Stobwasser



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung





# GRUSSWORT

## ROHSTOFFE EFFEKTIV NUTZEN, DIE UMWELT SCHONEN: DIE FORSCHERGRUPPE CASCADE USE



Die Begrenztheit von Rohstoffen ist nicht nur ein ökonomisches Problem, sondern auch von großer ökologischer und gesellschaftlicher Relevanz. Die interdisziplinäre Nachwuchsforschergruppe „Cascade Use“ stellt sich dieser Herausforderung, indem sie nachhaltiges Ressourcenmanagement zu ihrem Thema gemacht hat. Ziel der jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler um Dr.-Ing. Alexandra Pehlken ist es, Modelle und Verfahren zu entwickeln, die dabei helfen, Rohstoffe möglichst lange und über mehrere Stufen des Wirtschaftskreislaufs zu nutzen und auf diese Weise Ressourcen und Umwelt zu schonen.

Die Mitglieder von Cascade Use kommen aus den Wirtschaftswissenschaften und der Informatik sowie aus dem Bereich der Energieforschung der Carl von Ossietzky Universität. Damit fügt sich die Nachwuchsgruppe hervorragend in den breit aufgestellten Wissenschaftsbereich Umwelt und Nachhaltigkeit ein. Dieser betrifft die Themenfelder Energie, Klima, Ökosysteme der Meeres- und Küstenräume sowie Umweltökonomie, Nachhaltigkeitsmanagement und Betriebliche Umweltinformatik.

Cascade Use stellt sich einer Aufgabe von globaler Bedeutung, und so ist es besonders zu begrüßen, dass die Nachwuchsgruppe auch international kooperiert, und zwar mit wissenschaftlichen Partnern in China und Kanada. Sehr bemerkenswert ist auch die Arbeit der Nachwuchsgruppe mit Kindern und Jugendlichen. Wie wir wissen, können Bewusstsein und Sensibilität für Nachhaltigkeit und Umwelt nicht früh genug geweckt werden.

Ich wünsche Cascade Use weiterhin viel Erfolg.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Piper', written in a cursive style.

Prof. Dr. Dr. Hans Michael Piper

Präsident der Carl von Ossietzky  
Universität Oldenburg

# UNSERE INHALTE

<b>Unsere Arbeit</b> Cascade Use stellt sich vor	Seite 06
<b>Unser Schwerpunkt</b> Kaskadennutzung	Seite 08
<b>Reuse</b> Am Beispiel von 2nd Hand Produkten	Seite 10
<b>Remanufacturing</b> Am Beispiel von Lichtmaschinen	Seite 12
<b>Material Recovery</b> Am Beispiel von Altreifen	Seite 14
<b>Kaskadennutzung</b> Am Beispiel Rotorblätter	Seite 18
<b>Kaskadennutzung</b> Am Beispiel Rohstoff- und Energieeffizienz in der IT	Seite 20
<b>Wirtschaftliche Grenze vs. Ressourcengrenze</b>	Seite 21
<b>Kaskadennutzung</b> Am Beispiel Rohstoff- und Energieeffizienz in der IT	Seite 20
<b>Nachhaltigkeit von Kreislaufsystemen</b> "Closed-Loops" in Supply Chains und Recycling	Seite 24
<b>Mehr Wiederverwendung durch Digitalisierung</b> Potential bei weitem nicht ausgeschöpft	Seite 26
<b>Raupe</b> Nachhaltige IT – gestützte Rückführentscheidungen am Beispiel gebrauchter Autoteile	Seite 28
<b>Wie Jeder seinen Beitrag leisten kann</b>	Seite 32
<b>ICCCE 2018</b> International Conference on Cascade Use and Circular Economy	Seite 34
<b>Teamarbeit &amp; Netzwerk, ein wichtiges Fundament</b>	Seite 36
<b>Das Cascade Use Team im Wandel</b>	Seite 38
<b>Was macht Cascade Use für Kinder und Jugendliche?</b>	Seite 42
<b>Kids Corner</b>	Seite 44

**FONA**  
Forschung für  
Nachhaltige  
Entwicklung



# UNSERE ARBEIT

Cascade Use war eine im FONA-Programm der Bundesregierung geförderte Nachwuchsforschergruppe mit dem Bezug Globaler Wandel. Die Nachwuchsforschergruppe Cascade Use wollte einen Beitrag dazu leisten, wie unsere Gesellschaft daran teilhaben kann, dass der CO<sub>2</sub> Ausstoß vermindert und weniger Ressourcen verbraucht werden. Cascade Use war im Nordwesten Deutschlands an der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg angesiedelt.

Dadurch war sie sehr gut in die hervorragende Nachhaltigkeitsforschung, vertreten durch die Nachhaltigkeitsverbände COAST und CENTOS an der Universität integriert. Desweiteren kooperierte sie mit dem Oldenburger Energieforschungsnetzwerk Enerio zum Thema Mobilität und Energieversorgung. Damit wir mit unserer Forschung ein möglichst breites Spektrum an Multiplikatoren in der Gesellschaft erreichen, haben wir es uns zum Ziel gesetzt, eine Informationsbroschüre zum Thema Kaskadennutzung bzw. Cascade Use herauszugeben und verschiedene Aspekte aufzuzeigen. In Cascade Use entwickelten wir ein Instrument zur Entscheidungsfindung (RAUPE), wie Materialien in Lebenszyklen eingebunden sind, bzw. wann sie

## „Recyclingstrategien und Ressourcenschonung“

wieder verfügbar werden, um sie entweder wiederzuverwenden oder weiterzuverwerten. Das Ziel ist dabei, Ressourcen möglichst lange einer Nutzungsphase zuführen zu können, damit keine neuen Primärrohstoffe eingesetzt werden müssen. Für viele Anwender kann das Tool ein Hilfsinstrument darstellen, um eigens für sich definierte Nachhaltigkeitsziele zu erreichen. Das Fallbeispiel stellt die Wiederverwendung bzw. -verwertung von Alttoteilen in Deutschland und China dar. Bei Cascade Use betrachten wir beispielsweise Themenbereiche im Kontext Autoherstellung und -recycling mit dem Fokus auf Materialien und deren Potential zukünftig CO<sub>2</sub>-Emissionen einzusparen, z.B.:

- Reifenrecycling
- Kritische Metalle und
- Materialflussanalyse
- Ökobilanzen
- Ressourceneffizientes Design
- Elektromobilität (Lithium-Ion Batterien und Brennstoffzellen)
- Märkte

Anhand der errechneten ersparten CO<sub>2</sub>-Emissionen innerhalb der Recycling-

hierarchie kann jeder Konsument oder die Industrie selbst für sich bestimmen, welchen Beitrag sie zur Ressourcenschonung leisten können.

## Kooperationen

Auf dem asiatischen Kontinent gingen wir eine intensive Kooperation mit der Shanghai Jiao Tong University, dem Department für Mechanical Engineering, ein. Prof. Chen Ming (einer der Experten für „Car Remanufacturing“ in China) und Dr.-Ing. Alexandra Pehlken kooperierten auf wissenschaftlicher Ebene seit 2010. In 2013 kamen sie beim „International Auto Recycling & Remanufacture Forum“ in Shanghai überein ihre Forschungen zu bündeln. Frau Dr.-Ing. Pehlken war als Vortragende eingeladen um über ihren nachhaltigen Ansatz der Kaskadennutzung von Autoteilen und dem damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Einsparpotential zu berichten. Weiterhin auf internationaler Ebene stand Cascade Use in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Steven B. Young von der University of Waterloo, Canada zu der Thematik Materialflussanalyse und Ökobilanzen.



” In den letzten Jahrzehnten hat sich mein Heimatland China sowohl ökonomisch als auch ökologisch stark verändert, wobei die Problematik der Verfügbarkeit von Ressourcen deutlich wurde. Heute und auch in Zukunft werden die Aufgaben der Nachhaltigkeit und des Recyclings deshalb eine bedeutende Rolle für China einnehmen. An der Universität Oldenburg studiere ich Wirtschaftsinformatik. Vor allem die Themen Smart Grid und Energie Management Systeme begeistern mich dabei. In der engen Kooperation zwischen der Shanghai Jiao Tong Universität und Cascade Use sehe ich eine große Chance, von der alle Partner profitieren können. Mit der Nachwuchsforscherguppe Cascade Use habe ich sehr interessante Forschungsthemen und Aspekte über die Entscheidungsfindung bei Recyclingprozessen entdeckt.“



Shudong Sun, B.A.  
Student der Wirtschaftsinformatik  
Arbeitsschwerpunkt: Marktanalyse China



Dr.-Ing. Alexandra Pehlken mit damaliger Universitätspräsidentin Prof. Dr. Katharina Al-Shamery und Prof. Chen Ming (Juni 2015)  
© Carl von Ossietzky Universität Oldenburg



„Unsere Rohstoffe sind endlich, daher ist Kreislaufführung wichtig.“





# UNSER SCHWERPUNKT

## KASKADENNUTZUNG

Wenn im Alltag über Recycling gesprochen wird, dann ist nicht immer sofort klar, welche Form des Recyclings gemeint ist. Wir können allgemein die in der Grafik aufgezeigten Wege für ein Produkt aufzeigen, die ein Produkt am Ende seines Lebens nehmen kann. Darüber hinaus können wir bei den Verwertungsoptionen auch sogenanntes „Upcycling“ erkennen. Einige Verwertungsprozesse führen zu Materialien, die bessere Eigenschaften ausweisen, als zuvor. Im Gegensatz dazu steht das „Downcycling“, welches nach Verwertung ein Produkt minderer Qualität bzw. Eigenschaften aufweist. Einen Maßstab für diese Kategorisierung gibt es allerdings nicht, daher

### „Stufenartige Nutzung von Materialien“

ist die Einordnung rein subjektiv. Cascade Use verfolgt den Ansatz, dass ein Produkt nach erfolgreicher Verwertung lediglich dadurch bewertet wird, wieviel von dem Ausgangsprodukt weiterverwendet wird (Materialansatz) und unter welchem Aufwand (Energieansatz). Weniger Abfall und weniger Energieverbrauch zum „Umwandeln“ der Produkte heißt auch eine Schonung der Umwelt und Ressourcen. Dies ist unser nachhaltiger Ansatz. Unter einer Kaskade verstehen wir eine stufenartige Nutzung von Materialien bzw. Bauteilen in einer oder mehreren Lebenszyklen. Dabei muss die Kaskade nicht immer abwärts gehen, es ist aber sehr häufig. Dies ist jedoch



„Auf einer meiner Vortragsreisen nach Kanada, bei denen ich die Forschung von Cascade Use vorstellte, empfahlen mir meine kanadischen Kollegen, dass ich unbedingt einen Wasserfall mit in meine Präsentation aufnehmen sollte. Im Kontext Wasserfälle sieht man sehr häufig kaskadierende Wasserfälle, die über Stufen hinabfallen. Aus Sympathie meiner kanadischen Kollegen gegenüber, wählte ich einen Wasserfall aus Ontario, Kanada. Aufgenommen von dem Fotografen Jonathan Eger, der auch mit dem Jeepney auf der folgenden Seite die Aspekte der Kaskadennutzung einfängt.“

Dr.-Ing. Alexandra Pehlken  
Leiterin Cascade Use

durchaus nicht negativ, denn wichtig ist, dass die Materialien weiter genutzt werden. Eine ansteigende Kaskade hingegen würde bedeuten, dass ein Bauteil oder Material nach einem Lebenszyklus in ein höherwertiges Bauteil bzw. Material überführt wird. Durch beide Kaskaden werden Rohstoffe und Energie eingespart und ein nachhaltiger Produktansatz wird angestrebt. Sehr zu empfehlen sind die Produkte, bei denen schon bei der Herstellung ihre weitere Kaskadennutzung geplant wird. Dies

ist zum Beispiel der Ansatz der umweltgerechten Produktentwicklung. Genaue Beispiele erfahren Sie in den folgenden Kapiteln.



# REUSE

## AM BEISPIEL VON 2ND HAND PRODUKTEN

Das sogenannte "reuse" lässt sich in die Wiederverwendung und Weiterverwendung unterteilen. Wie wir zuvor schon gesehen haben, bedeutet Wiederverwendung, dass ein Produkt in seiner Form und im Sinne des ursprünglichen Zwecks weitergenutzt wird. Beispiele dafür wären gebrauchte Produkte: Second-Hand-Kleidung, Gebrauchtwagen, oder gebrauchte Smartphones. Das Bild auf dieser Seite zeigt einen Jeepney von den Philippinen: Ein Militärfahrzeug umfunktioniert in ein öffentliches Verkehrsmittel. Weiterverwendung hingegen führt zu einer Nutzung eines Produktes außerhalb seines ursprünglichen Zweckes. Ein ungewöhnliches Beispiel wäre die mittlerweile aus der Mode gekommene Handy-Socke, wenn dafür eine alte Socke aus dem Kleiderschrank genutzt wird. In unserem For-

schungsprojekt schauen wir besonders auf die Wiederverwendung von Autos oder Autoteilen. Unter der Wiederverwendung verstehen wir genauso einen Gebrauchtwagen, wie auch gebrauchte Autoteile vom Autoverwerter („Teile vom Schrott“). Zum klassischen "reuse" gehören zudem aber auch sogenannte instandgesetzte Autoteile (hier als remanufacturing bezeichnet). Zwischen der direkten Wiederverwendung und der Instandsetzung liegt die Reparatur. Dabei wird der Defekt des Fahrzeugteils behoben und es wird weiterhin für seinen Zweck benutzt. Weiter als die Reparatur geht jedoch die Instandsetzung. Bei der Instandsetzung wird ein defektes Autoteil so aufgearbeitet, dass es den Anforderungen an ein Neuteil genügt. Es ist wichtig zu verstehen, dass eine



© Jonathan Eger

Instandsetzung im Sinne des englischen Begriffs „remanufacturing“ vorsieht, dass das instandgesetzte Teil „so gut wie neu“ ist. Es handelt sich somit nicht bloß um eine Reparatur, sondern um eine Wiederherstellung des Originalzustandes. Allerdings ist der Begriff der Instandsetzung nicht einheitlich geregelt. Ein Instandsetzungsprozess kann sich zwischen Instandsetzern unterscheiden, welches zu Qualitätsunterschieden führen kann. Grundsätzlich kann man jedoch davon ausgehen, dass bei gleicher Ausgangslage (z.B. gleiches Alter und Laufleistung des Ursprungsfahrzeugs) ein instandgesetztes Teil von höherer Qualität ist als ein repariertes Teil und ein repariertes noch eine höhere Qualität aufweist, als ein gebrauchtes Teil. Meist spiegeln sich darin auch die Preisunterschiede wider.



“Für jeden, der sich fragt, wie er einen Beitrag zur besseren Nutzung der von Mutter Erde bereitgestellten Ressourcen leisten kann, ist mit dem Konzept des Repair Cafés auf einfachste Art geholfen. Dort werden Events mit dem Motto „Hilfe-zur-Selbsthilfe“ veranstaltet, bei denen elektronische Geräte, Fahrräder, Textilien sowie viele andere Dinge unter Anleitung repariert und weiter genutzt werden können. Ich finde, dass das Konzept des Repair Cafés ein toller Beitrag zur Eindämmung der heutigen „Wegschmeißkultur“ ist. Jeder Mensch kann seine defekten Geräte mit Hilfe von freiwilligen Helfern versuchen zu reparieren und wieder lauffähig zu machen. Der Erfolg kann zwar nicht garantiert werden, aber aufgrund der Kompetenz der Helfer ist dieser sehr wahrscheinlich. Einen Versuch ist es allemal wert. Denn das Schöne ist: Weder für Eintritt, noch für die Hilfe muss etwas bezahlt werden und man lernt etwas über die Funktionsweise elektrischer Geräte oder zum Beispiel den Umgang mit der Nähmaschine und dem Lötkolben. Dazu kommt noch, dass man bei dieser Veranstaltung jede Menge Leute kennenlernt. Man kann sich bei Kaffee und Kuchen austauschen, fachsimpeln oder einfach die Zeit genießen. Jeder kann mitmachen. Also: Weniger konsumieren, mehr reparieren. Und falls du nicht weiter weißt, komm ins Repair Café. kennenlernt. Man kann sich bei Kaffee und Kuchen austauschen, fachsimpeln oder einfach die Zeit genießen. Jeder kann mitmachen. Also: Weniger konsumieren, mehr reparieren. Und falls du nicht weiter weißt, komm ins Repair Café.“

Tobias Kölker; B.Sc.  
Student der Informatik  
Arbeitsschwerpunkt: Appentwicklung und Webseitengestaltung

# REMANUFACTURING

## AM BEISPIEL LICHTMASCHINE

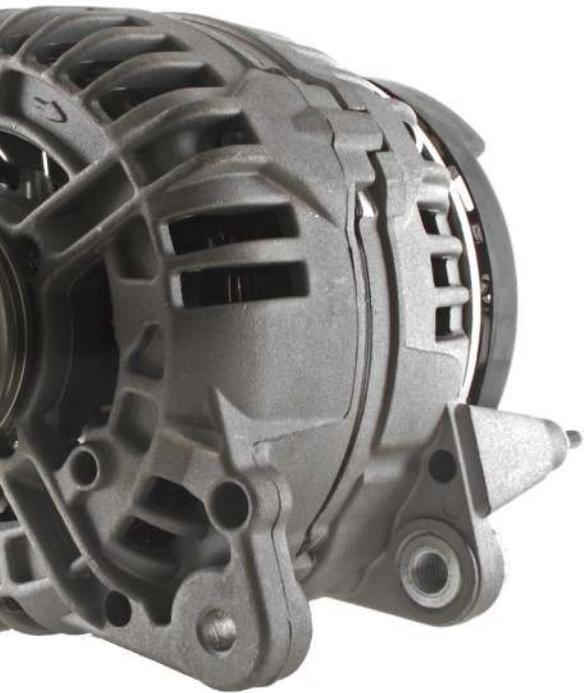
Anhand eines Beispiels wird nun aufgezeigt, wie Wiederverwendung ablaufen kann. Als Beispiel dient hier eine Lichtmaschine. Lichtmaschinen („Generatoren“) werden in Autos mit Verbrennungsmotor benötigt, um die notwendige Energie für das Auto zur Verfügung zu stellen. Ursprünglich war der „sichtbare“ Teil dieser Energie die Fahrzeugbeleuchtung, heute brauchen Autos sehr viel mehr Energie, z.B. für die Klimaanlage, die Motorsteuerung und andere Komponenten. Eine Lichtmaschine ist ein Verschleißteil, d.h. darin enthaltene Bauteile wie Lager, Kohlebürsten, Schleifringe oder elektrische Bauteile wie Dioden und Gleichrichter können mit der Zeit verschleßen. An einigen Lichtmaschinen lassen sich einzelne Bauteile als Ersatzteil tauschen, wie z.B. die sog. Kohlebürsten. Anstatt die -bis auf die Kohlebürsten- intakte Lichtmaschine zu tauschen, könnten nur die Kohlebürsten ersetzt werden und die Lichtmaschine wäre wieder durch Reparatur einsetzbar. Hier wird eine Ressourceneffizienz erreicht, da nur das Bauteil ersetzt wird, welches die Funktionsweise beeinträchtigt. Es gibt jedoch Produkte auf dem Markt, bei denen sich nicht alle Einzelbauteile tauschen lassen. In dem Fall müsste die gesamte Lichtmaschine ausgetauscht werden, diese könnte zum Beispiel gebraucht sein

(aus einem anderen Auto ausgebaut), repariert oder instandgesetzt. Ein Gebrauchtteil wäre im Sinne der Ressourcenschonung möglicherweise eine Option, allerdings unter Berücksichtigung der fehlenden Teilegarantie. Die Vorhersagbarkeit der Funktionsdauer in Form einer Mindestdauer ist wiederum der Vorteil eines Neuteils. Dafür gibt der Hersteller eine Gewährleistung bzw. eine Garantie, die meist mit höheren Kosten verbunden sind. Hier können instandgesetzte Teile eine Alternative sein. Sie sind meist kostengünstiger als neue Ersatzteile und benötigen deutlich weniger Rohstoffe als ein komplettes Neuteil, da einige Teile wiederverwendet werden können. Während der Instandsetzung wird das Bauteil in seine Einzelteile zerlegt. Sie werden gereinigt, überprüft und defekte sowie Verschleißteile (wie beispielsweise die Kohlebürsten) werden ausgetauscht. Der Austausch der Verschleißteile wird hierbei auch teilweise prophylaktisch durchgeführt, um einer erneuten Reparatur an anderer Stelle vorzubeugen.



©ATL

Dies ist ein wesentlicher Unterschied zur herkömmlichen Reparatur. Am Ende des Instandsetzungsprozesses wird das gesamte Bauteil wieder zusammengebaut und auf seine Funktion getestet. Obwohl dieser Prozess kostenintensiver als eine Reparatur ist, so gewährleistet er im Regelfall eine höhere Qualität und somit auch eine längere Lebensdauer des Bauteils.



“ *Ich versuche an meinem Auto viele Wartungs- und Reparaturarbeiten selbst durchzuführen. Nach Möglichkeit greife ich dafür auf gebrauchte oder instandgesetzte Teile zurück. Zu Studienzeiten war ich dabei natürlich auch vom günstigen Preis getrieben, ein netter Nebeneffekt war die Ressourcenschonung. Seit ich mich in Cascade Use mit den Herausforderungen der Instandsetzungsbranche und den Umweltauswirkungen beschäftige, tritt die Frage des Zusammenspiels von ökonomischen und ökologischen Effekten von Reuse und Recycling in den Vordergrund. Es ist spannend zu sehen, welche Möglichkeiten es für die ressourcenschonende Mobilität gibt. Ich hoffe, dass es zukünftig noch mehr Möglichkeiten zur ökonomisch sinnvollen Weiternutzung von Konsumgütern aller Art geben wird.* “

Dr. Matthias Kalverkamp  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Arbeitsschwerpunkt: Supply Chains und Märkte der  
automobilen Kreislaufwirtschaft

# MATERIAL RECOVERY

## AM BEISPIEL ALTREIFEN

**L**ässt sich ein Bauteil nicht weiterverwenden, so kommt häufig nur noch eine Verwertung in Frage. Diese betrifft während der Nutzungsphase eines PKWs typischerweise die Reifen, deren Instandsetzung bzw. Runderneuerung meist nicht in Frage kommt (anders als bei LKW-Reifen). Am Ende der Nutzungsphase eines Autos spielt natürlich auch das Recycling von Metallen eine große Rolle, ebenso wie das Recycling vieler kunststoffbasierter Bauteile.

Altreifen sind ein repräsentatives Beispiel zur Kaskadennutzung, das seit Jahrzehnten erfolgreich angewendet wird. Die Aufbereitung von Altreifen verfolgt in der Regel das Ziel ein verkaufsfähiges Neuprodukt herzustellen. Für die Verwertung von Altreifen kommen grundsätzlich die stoffliche und energetische Verwertung in Frage. Die energetische Verwertung beschränkt sich auf den Einsatz der Altreifen in Zementwerken und Heizkraftwerken und ist eine sehr kurze Kaskade. Hier steht die Gewinnung der Energie im Vordergrund und eine nachfolgende Kaskade erfolgt meist nicht. Bei der stofflichen Verwertung werden die Materialien erhalten, bleiben länger im Produktkreislauf und ersetzen meist Primärrohstoffe.

### Woraus besteht ein Reifen?

Ein moderner Reifen ist ein sicherheitstechnischer Fahrwerksbestandteil und Bindeglied zwischen Fahrzeug und Fahrbahn. Er stellt einen hochentwickelten Verbundkörper dar, bestehend aus 20 bis 35 Einzelteilen (z. B. Lauffläche, Gürtel, Karkasse, Wulst, usw.) mit etwa zehn verschiedenen Kautschukmischungs-typen und unterschiedlichen Konstruktionen verschiedener Festigkeitsträger (z.B. Stahlkord, Nylon, Rayon). Altreifen bezeichnen nicht wiederverwendbare Reifen unterschiedlicher Herkunft, Alter und Größe, die nicht mehr für ihren Ursprungszweck eingesetzt werden. Sie stellen daher in der Summe ein nicht genau zu spezifizierendes Gemisch von verschiedenartigen Reifen unterschiedlicher Zusammensetzung dar. Ein Wissen über die genaue Zusammensetzung eines Altreifens, der in eine Recyclinganlage gelangt, ist in der Praxis aufgrund von Herstellerbetriebsgeheimnissen ausgeschlossen und meist werden durchschnittliche Zusammensetzungen von Reifenherstellern verwendet, um eine Anlage zu konzipieren. In der Regel werden in einer Anlage zudem sowohl LKW-Reifen als auch PKW-Reifen verwertet, deren

Verhältnis aufgrund logistischer Problematik oft nicht genau bezeichnet werden kann. In der Praxis der Aufbereitung bedingt dies unterschiedliche Belastungen einzelner Aggregate, da LKW-Reifen zu einem höheren Anteil aus Stahl bestehen als PKW-Reifen, aber im Gegenzug weniger Textilanteil beinhalten. Weitere Unterscheidungsmerkmale bei PKW- und LKW-Reifen sind die verschiedenen Kautschukarten und deren Mischungsverhältnis, die in den Reifenmischungen verwendet werden. Besonders im Bereich der PKW-Reifen finden sich unterschiedliche Qualitätsmerkmale wieder (wie zum Beispiel Sommer-, Winter- und Hochgeschwindigkeitsreifen), die sich unter anderem durch verschiedene Kautschukmischungen unterscheiden. Somit ist die Herstellung eines reinen Gummiproduktes aus Altreifen mit einer bestimmten Zusammensetzung kaum möglich, da der Recycler oft nicht die Wahl hat, nur eine Sorte an Altreifen anzunehmen. Dies wäre nur über eine werkseigene Rücknahmestelle für Altreifen möglich, in dem der Hersteller seine eigenen ausgehenden Produkte zurücknimmt und diese gezielt in seinem Prozess wieder einsetzt. Jedoch kann dies aufgrund logistischer

und wirtschaftlicher Aspekte kaum eine Alternative darstellen.

### Was passiert beim Reifenrecycling?

Die werkstoffliche Verwertung der Altreifen umfasst die Herstellung von Gummigranulaten und -mehlen unterschiedlicher Korngröße. Durch die Zerkleinerung sollen die stofflichen Bestandteile des Reifens aufgeschlossen werden, um somit separiert werden zu können. Dies gilt insbesondere für die Hauptbestandteile Gummi, Stahl und Gewebe. In der Regel werden mehrere Zerkleinerungsstufen in der Altreifenaufbereitung angewandt, die auf die Anforderungen an das zu erhaltene Produkt ausgelegt sind. Jede Zerkleinerungsstufe in der Aufbereitung von Altreifen bringt einen Aufschluss der Gummipartikel mit sich. Daraufhin lassen sich Verunreinigungen, wie Textil und Stahl leichter abtrennen und Korngrößen erreichen, wie sie in der werkstofflichen Weiterverarbeitung benötigt werden.



Altreifen (Privataufnahme)



Von Reifen zum Bodenbelag

© Daniel Schmidt



Grobe Gummigranulate nach Altreifen aufbereitung  
© DFG Metadis, Universität Bremen



Feine Gummigranulate unter dem Elektronenmikroskop  
© MTL Natural Resources Canada



Feine Gummigranulate nach der Altreifen aufbereitung  
© DFG Metadis, Universität Bremen

Die Zerkleinerungstechnik von Altreifen in Hinsicht auf die werkstoffliche Verwertung von Altgummi ist von einem flexiblen Einsatz unterschiedlicher Aufbereitungsschritte abhängig. Dabei ist der Verwendungszweck des Produktes von Bedeutung für die einzusetzenden Aufbereitungsschritte. Ein Gummimehl für die Verwendung in Kautschukmischungen kann nur durch eine wesentlich aufwendigere Aufbereitung als z.B. ein Granulat für den Einsatz als Unterbau für Kunstrasen hergestellt werden.

Für diese unterschiedlichen Anforderungen ist es notwendig, möglichst ideale Bedingungen für die Herstellung eines gewünschten Produktes zu schaffen. Dabei muss zuletzt auch eine energetische Betrachtung

durchgeführt werden, da es vorkommen kann, dass Verfahrensschritte mehr Energie verbrauchen als für die Herstellung neuer Primärrohstoffe nötig ist. Damit hätten wir unser Ziel verfehlt und trotz Recyclingverfahren mehr CO<sub>2</sub> in die Um-

welt emittiert. Die Forschungsarbeiten von Cascade Use zielten darauf ab, dass Grenzen im Recycling auf werkstofflicher und energetischer Ebene aufgezeigt werden. So wird das Ziel erreicht, CO<sub>2</sub>-Emissionen einzusparen.





# KASKADENNUTZUNG

## AM BEISPIEL ROTORBLÄTTER

**K**askadennutzung gibt es nicht nur im Automobilbereich, sondern auch in anderen Technologien. Einen ähnlichen Ansatz entdecken wir in der Windenergie. Die Windenergie nimmt vor allem im Bereich der erneuerbaren Energien eine tragende Rolle ein. Um die ehrgeizigen Ziele zur Senkung der Treibhausgasemissionen und den gleichzeitigen Atomausstieg in Deutschland zu bewältigen, wird die Windenergie auch in Zukunft weiter ausgebaut werden.

Doch wie umweltfreundlich ist die Windenergie tatsächlich? Gibt es eine Kaskadennutzung in der Windenergie? Um diese Fragen zu beantworten, muss der gesamte Lebenszyklus der Anlagen dargestellt werden. Betrachten wir eine Windkraftanlage, so wird deutlich, dass während des Betriebes kein CO<sub>2</sub>-Ausstoß stattfindet. Doch beim Bau der Anlage sowie der Bereitstellung der Ressourcen entsteht durchaus eine Belastung für die Umwelt. Eine durchschnittliche Windkraftanlage besteht größtenteils aus Stahl und Stahlbeton. Dazu kommen Kupfer, Aluminium, Elektronik sowie Betriebsflüssigkeiten. Die Rotorblätter der Anlagen bestehen aus Faserverbundwerkstoffen. Um die Entnahme von Ressourcen und den Ausstoß von Emissionen zu bestimmen, können systematische Analysen durchgeführt werden, welche als Ökobilanz

bezeichnet werden. Ein maßgeblicher Faktor, welcher die Ökobilanz einer Anlage beeinflusst, stellt die Möglichkeit des Recyclings am Ende der Lebensdauer dar. Besonders problematisch gestaltet sich bei Windkraftanlagen das Recycling von Rotorblättern. Auch bei diesem Anwendungsbeispiel lassen sich die Kaskaden der weiteren Verwertung bzw. Verwendung betrachten:

### Reuse

Die erneute Verwendung von älteren Windkraftanlagen mitsamt deren Rotorblättern wird derzeit vor allem im Bereich des Repowering durchgeführt. Darunter versteht man den Abbau älterer, ineffizienter Windkraftanlagen und den Bau neuer, deutlich effizienterer Anlagen an gleicher Stelle. Die abgebauten Anlagen haben ihre Lebensdauer von 20 Jahren noch nicht erreicht und können daher exportiert und an einem anderen Ort aufgebaut werden.

### Wie umweltfreundlich ist Windenergie?

### Verwendung als Baumaterial

Nach ihrer Lebensdauer in Windkraftanlagen können Rotorblätter theoretisch für einen anderen Zweck verwendet werden. Dabei ist vor allem Ideenreichtum und Kreativität gefragt. Von der Verwendung als Rutsche auf Spielplätzen bis zum Einsatz als provisorisches Dach ist alles denkbar.

### Verwertung als Rohstoff

Bereitstellung des Rohstoffs durch Aufbereitungsverfahren und damit Wieder- / Weiternutzung der Faserverbunde.

### Verwertung als Ersatzbrennstoff

Hierunter versteht man den Einsatz des Rotorblattmaterials in einem anderen, in erster Linie nicht dafür vorgesehenen, Produktionsprozess. Denkbar ist an dieser Stelle der Einsatz in Zementwerken. Bei einer Verbrennung der Rotorblätter wird sowohl die Wärme (energetisch) als auch die entstehende Asche (stofflich) genutzt.

Wir halten fest: Es gibt bereits zahlreiche Ansätze um mit Rotorblättern nach ihrer Lebensdauer zu verfahren. Keiner dieser Ansätze ist aber so weit, dass er einen vollständigen Kreislauf der Ressourcen bieten kann.

Um die Ziele – welche wir zum Schutz der Umwelt formuliert haben – einzuhalten, sollten wir uns jedoch genau dies zur Aufgabe machen und sinnvolle Konzepte zur Kaskadennutzung der Ressourcen entwickeln. Dies ist aber der Anfang eines neuen Forschungsthemas.



Demontierter Altrotor  
© Rosa Garcia Sanchez



Transport eines Rotorblattes  
© Rosa Garcia Sanchez

” Bereits in frühen Jahren bin ich Konzepten für den schonenden Umgang mit Ressourcen begegnet. So wuchs ich in einem Ökodorf auf, in welchem sich die Bewohner einen nachhaltigen und selbstversorgenden Lebensstil zum Ziel gesetzt haben. Auf diese Weise wurde mir schon früh die Bedeutung der Kreislaufwirtschaft bewusst, welche durch das Instrument der Kaskadennutzung optimiert werden kann. Meine Begeisterung für das Thema baue ich mit einem Umwelttechnik Studium an der Hochschule Bremen aus, in dessen Rahmen ich auch zwei Auslandssemester in Südafrika absolviert habe. Die Nachwuchsforschergruppe Cascade Use ermöglicht mir sowohl in einem bereits absolvierten freiwilligen Praktikum als auch der Praxisphase meines Studiums eine weitere Vertiefung in das Gebiet der Ressourceneffizienz. “

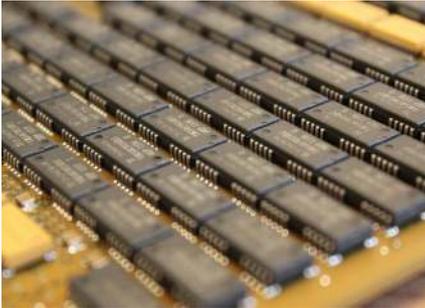


Kalle Wulf, B.Sc.

Internationaler Studiengang Umwelttechnik M.Sc.  
Arbeitsschwerpunkt: Recycling von Rotorblättern

# KASKADENNUTZUNG

## AM BEISPIEL ROHSTOFF- UND ENERGIEEFFIZIENZ IN DER IT



Leiterplatte als Rohstoffquelle © Björn Koch



Die neue Rohstoffquelle? © Daniel Schmidt



Nachhaltigkeitsforschung © Daniel Schmidt

In Deutschland existieren ca. 50.000 Rechenzentren. Sie verbrauchen ungefähr 2% des gesamten Strombedarfs in Deutschland – Tendenz steigend. Das Borderstep Institut ([www.borderstep.de](http://www.borderstep.de)) hat im Frühjahr 2018 den Energiebedarf der Rechenzentren in Deutschland für das Jahr 2017 bestimmt. Im Vergleich zum Jahr 2015 ist der Energiebedarf der Rechenzentren deutlich um 6 % auf 13,2 TWh angestiegen. Darüber hinaus ist aufgrund der kurzen Lebenszeit der IKT Produkte (IKT = Informations- und Kommunikations-Technologie) auch die graue Energie - also die Energie für Herstellung, Transport, Lagerung und Entsorgung der technischen Komponenten für den Gesamtenergieverbrauch eines Rechenzentrums von Relevanz.

Das Projekt TEMPRO ist ein Verbundprojekt im 6. Energieforschungsprogramm (FKZ 03ET1418A-H) und wird von Cascade Use koordiniert. Es besteht aus einem Konsortium von sowohl Forschungs- als auch Industriepartnern. Es ist bundesweit das erste Projekt im Kontext der Betrachtung der Energieeffizienz von Rechenzentren, welches auch vor- und nachgelagerte Wertschöpfungsstufen berücksichtigt. Das übergeordnete Ziel des Vorhabens ist es, die ganzheitliche Steigerung der Energie- und Rohstoffeffizienz von Rechenzentren in Deutschland zu erreichen.

Dazu werden zwei Hauptziele im Vorhaben verfolgt:

1) Schaffung einer Bewertungsgrundlage für die ganzheitliche Energie- und Rohstoffeffizienz von Rechenzentren.

2) Erforschung und Entwicklung neuer Effizienztechnologien in Rechenzentren, die zu erheblichen Energieeinsparungen führen.

TEMPRO schafft die wissenschaftliche Grundlagen, um eine ganzheitliche Bewertung der Energieeffizienz von Rechenzentren zu ermöglichen. Die Ergebnisse werden Rechenzentrumsbetreibern u.a. als Softwaretool zur Verfügung gestellt.

Cascade Use ist dabei hauptsächlich beteiligt an der Ermittlung der grauen Energie von Rechenzentrumskomponenten. Auch die Kritikalität von Rohstoffen wird dabei untersucht und Cascade Use hat bereits ein online Periodensystem veröffentlicht, in dem die aktuellen (Stand 2018) Rohstoffkritikalitätsbewertungen anschaulich zusammen gefasst sind. Weitere spannende Ergebnisse sind spätestens ab Ende 2019 auf der Homepage des Projektes zu finden: [www.tempro.uni-oldenburg.de](http://www.tempro.uni-oldenburg.de)



” Um langfristig zukünftigen Generationen ein Leben auf unserem Planeten zu ermöglichen, ist ein schonender Umgang mit den begrenzten Ressourcen unumgänglich. Neben der generellen Reduktion des Einsatzes dieser Ressourcen ist vor allem die mehrfache und cascadenhafte Wiederbenutzung dieser ein entscheidender Baustein zur Schonung unserer Umwelt. Zusätzlich spielt jedoch bei langfristigen und generationenübergreifenden Überlegung auch immer die Aufklärung und Anleitung der nachfolgenden Generationen ebenso eine entscheidende Rolle. Darum war die Vermittlung und Präsentation unserer Arbeit in Schulen immer ein fester Bestandteil des Projektes. Und das wir versuchen den Leuten auch fernab der Schule mit Scrapy Bird den eigenen kleinen Einfluss bei der Schonung ihrer Umwelt durch einfaches Recyceln bewusst und durch Mengenangaben zugänglicher zu machen zeigt dabei zusätzlich, dass dieses Thema auch spielerisch und mit Spass - auch bei der Entwicklung - vermittelt werden kann.“

Dipl.-Ing. Björn Koch M.A.  
 Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
 Arbeitsschwerpunkt: Ethik in der Digitalisierung

1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
			58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
			90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	

TEMPRO kommt aus dem Englischen und ist abgeleitet von = **Total Energy Management for Professional Data Centers**  
 Ganzheitliches Energiemanagement in professionellen Rechenzentren



## WIRTSCHAFTLICHE GRENZE VS. RESSOURCENGRENZE

Neben den bereits vorgestellten Möglichkeiten zur Weiternutzung gibt es auch noch eine große Anzahl an Fahrzeugteilen, die sich zwar für eine Weiternutzung eignen, aber nicht instandgesetzt werden. Gründe dafür sind häufig die geringe Wirtschaftlichkeit. Dies soll beispielhaft am Querlenker eines Fahrzeugs gezeigt werden. Der Querlenker ist ein Bauteil mit relativ geringem Wert und ist in jedem modernen Fahrzeug verbaut. Er ist Teil der sogenannten Radaufhängung und übernimmt die Funktion der Aufnahme horizontaler Kräfte, die auf das Rad wirken. Ein Defekt am Querlenker entsteht häufig durch ausgeschlagene Gelenke.



Querlenker vor der Aufbereitung, li. nach der Instandsetzung © Katok

Die Firma Alyukat aus Weißrussland setzt seit einiger Zeit Querlenker instand und führt sie einer weiteren Nutzungsphase zu. Allerdings wird dieses Instandsetzungsverfahren bisher noch nicht auf industriell

em Niveau umgesetzt, so wie es bei anderen Bauteilen der Fall ist. Dieses Beispiel zeigt Potentiale für die Ressourcenschonung in unseren heutigen PKWs. Oft wird nur die Betriebsphase des Produktes betrachtet und Vorketten der Pro-

duktherstellung werden vernachlässigt. Im Falle des Querlenkers wird häufig Aluminiumguss in der Fertigung verwendet. Für Aluminium muss jedoch Bauxit abgebaut werden und in der weiteren Produktion wird sehr viel Energie benötigt. Außerdem entsteht dabei Rotschlamm, der meist deponiert wird. Aluminiumrecycling wird oft als positives Beispiel für Recycling genannt, da durch die Verwendung von Recyclingaluminium über 90% Energieeinsparung möglich sein kann. Dies wären ökologische Gründe, die für eine möglichst lange Wiederverwendung von Aluminiumbauteilen sprechen. Was ökologisch sinnvoll ist, muss sich nicht wirtschaftlich rechnen. Einige Bauteile sind verhältnismäßig günstig und die Instandsetzung erfordert unter Umständen einen hohen Personaleinsatz. Unser Beispiel zeigt den Vorteil von Recycling deutlich. Die jahrelange Entwicklung eines Instandsetzungsverfahrens führt dazu, dass das Unternehmen die Instandsetzung der Querlenker Kunden anbieten kann. Derzeit verursacht die Wiederverwendung womöglich höhere Kosten als die Neuproduktion. Dies sind die ökonomischen Grenzen für die Kreislaufführung. Zwar können hier gesetzliche Regeln greifen, Folgewirkungen sowie Ausweichreaktionen der Märkte sind jedoch nicht immer leicht vorherzusehen. So kann es durch Umweltgesetze z.B. auch zu einem Export von Umweltproblemen kommen.

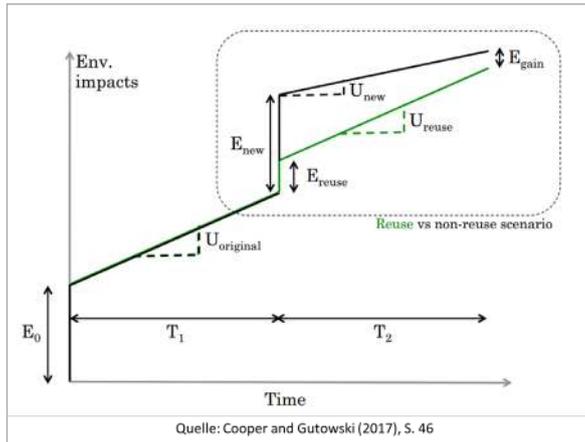
Eine Auslagerung von Umweltproblemen kann ebenso durch wirtschaftliche Entscheidungen entstehen (z.B. Zukauf bestimmter Produkte im Ausland, verlagerte Produktion). Dies verdeutlicht den Zusammenhang zwischen ökologischen und wirtschaftlichen Fragestellungen. Um zu einer besseren Kreislaufführung im Sinne der Ressourcenschonung beizutragen, ist die Entscheidung jedes Einzelnen weiterhin wichtig. So ist es für uns z.B. selbstverständlich geworden den Hausmüll zu trennen. Durch den auf diese Weise bereitgestellten vorsortierten Müll trägt jeder Einzelne zu einem erfolgreichen Recycling bei. Zu einer noch besseren Kaskadennutzung, die auch die Wiederverwendung stärker berücksichtigt, kann jeder etwas beitragen – und im Idealfall noch Geld sparen!



“Die Gesellschaft wird kontinuierlich datengesteuerter. Diese Entwicklung wird von einer steigenden Nachfrage nach Kapazitäten für Speicherung, Verarbeitung und Übertragung begleitet. Um dies zu gewährleisten wächst unvermeidbar sowohl der Energiebedarf für den Datenbetrieb als auch der Rohstoffbedarf für die benötigten IKT Produkte. Durch verschiedene Erfahrungen in der Analyse von regionalen Energiesystemen und Anforderungen von verschiedenen Industriesektoren, war die Problematik der Sicherstellung der Ressourcen für die Schlüsselsektoren der Wirtschaft, während Betriebsstandards aufrechterhalten werden, in den letzten Jahren im Fokus meiner Arbeit. Bei der Anwendung von Methoden für nachhaltige Entwicklung und einer effizienten Nutzung von natürlichen Rohstoffen, möchten wir verschiedene Konzepte des Energiemanagements, der Materialeffizienz und einer Nutzung nach dem Ende der Lebensdauer von Rechenzentrumsanwendungen nutzen, um insgesamt den Einfluss auf die Umwelt zu reduzieren und genug Ressourcen für den gegenwärtigen und zukünftigen Bedarf zu sichern.”

Fernando Peñaherrera V., M.Sc.  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Arbeitsschwerpunkt: Industrielle Energieeffizienz





verbesserter Recycling- oder Wiederverwertungsaktivitäten auftreten: der sogenannte "circular economy rebound" Effekt.

Für eine grundlegende Bewertung kann eine Analyse von Umwelteinfluss über die Zeit herangezogen werden (diese beruht auf der Arbeit von Cooper und Gutowski, 2017). Hierzu wird über den Produktlebenszyklus betrachtet, welche Umweltauswirkungen die Wiederverwendung eines Produktes hat. Unter Berücksichtigung reduzierter Umweltwirkung bei technischen Neuerungen (Z.B. weniger Verbrauch bei Motoren), kann so abgeschätzt werden, ob und wie lange eine Lebenszeitverlängerung sinnvoll ist.

Aufgrund der Kontrolle und des vereinfachten Managements von Closed-Loop Supply Chains (weniger zwischengeschaltete

Akteure und direktere Versorgungswege), im Vergleich zu klassischen Supply Chains, werden dem Modell der Closed-Loop Supply Chain Nachhaltigkeitsvorteile attestiert. Dabei werden aber Potenziale von Supply Chains, die zwar physisch Kreisläufe schließen aber gleichzeitig eher in der Offenheit des Marktes agieren, übersehen. Cascade Use untersucht, ob verschiedene Konzepte von Kreisläufen in Supply Chains

einen Unterschied machen, und wenn ja, wer ihre Hauptakteure sind, und schließlich, ob solche Supply Chains zusätzliche Möglichkeiten für Innovation und nachhaltige Ergebnisse bieten. Basierend auf Fallstudien aus dem Automobilbereich untersucht Cascade Use Kreislaufsysteme im Sinne von (Closed-Loop) Supply Chains auf Produkt-, Komponenten- (Bauteil-) und Materialebene. Im Ergebnis lässt sich festhalten, dass es für die Reduktion von Netto-Umweltauswirkungen wichtiger ist a) die Primärproduktion von Rohstoffen zu verdrängen und b) auf Produktebene Innovationen durchzuführen, um Leistung und Langlebigkeit zu verbessern. Deshalb plädiert Cascade Use für eine differenziertere Sicht auf Kreisläufe, die neben Closed-Loop Supply Chains ausdrücklich auch solche Supply-Chain-Kreisläufe umfasst, die von

unabhängigen Marktakteuren geschlossen werden. Es ist nicht notwendig, dass diese Akteure bereits in der Supply Chain des Neuprodukts involviert waren. Die Bewertung hängt eher davon ab, ob und inwiefern es zur Verzögerung bei der Nutzung von Primärrohstoffen kommt und ob Produktlebenszeiten sinnvoll verlängert werden. Womöglich liefern unabhängige Marktakteure hier innovative Lösungen als die ursprünglichen Produkthersteller. Zur Abgrenzung dieser Supply-Chain-Art nutzt Cascade Use den Begriff der „Open-Loop Supply Chain“.



## **MEHR WIEDERVERWENDUNG DURCH DIGITALISIERUNG: POTENTIAL BEI WEITEM NICHT AUSGESCHÖPFT**

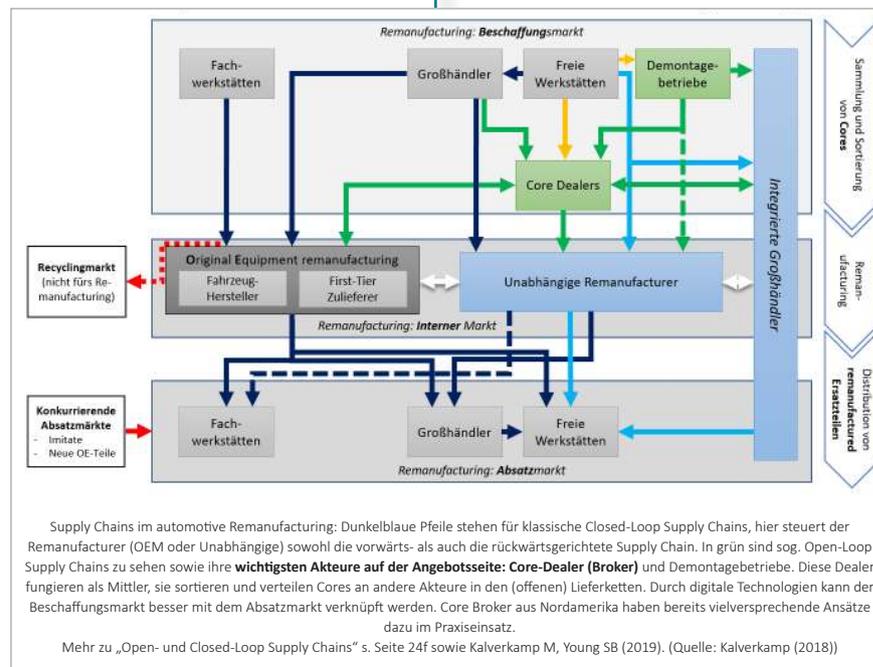
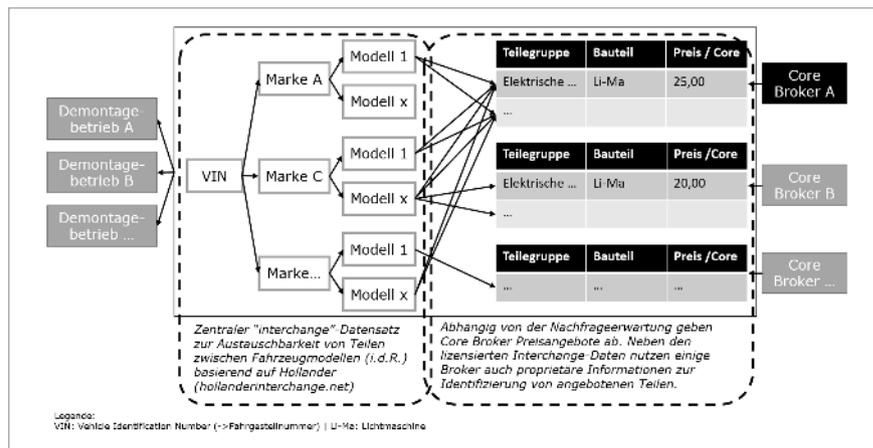
**D**igitale Technologien und Vernetzung helfen in immer mehr Bereichen dabei Abläufe zu optimieren und Ressourcen effizienter zu nutzen. Auch in der Kreislaufwirtschaft rücken die Potentiale der Digitalisierung stärker ins Blickfeld. In diesem Kontext untersuchte Cascade Use, wie unabhängige Akteure diese Potentiale nutzen können. Einerseits fokussierte Cascade Use auf das Remanufacturing als Wiederverwendungsoption im weiteren Sinne und andererseits auf direkte Wiederverwendung und Verwertung. Hier geht es vornehmlich um Beschaffung im Remanufacturing.

Im Sinne der Kreislaufführung wurden auch sog. Reverse Supply Chains betrachtet, die Produkte und Materialien zurück in den Wertschöpfungskreislauf bringen. Das Supplier Relationship Management fasst unterschiedliche Ansätze zusammen, um die Beschaffung in der (klassischen) Supply Chain zu optimieren und setzt dabei ganz wesentlich auf die digitale Vernetzung von Herstellern mit ihren Zulieferern. Die Herausforderungen der Beschaffung in der Kreislaufwirtschaft sind jedoch um ein Vielfaches komplexer, als sie es bereits in der klassischen Beschaffung sein können. Besonders im Remanufacturing erhöhen sich Unsicherheiten, unter anderem, da die Identifikation der richtigen Gebraucht- und Alteile schwierig ist. Dafür gibt es verschiedene Gründe, so werden bestimmte Fahrzeugkomponenten während des Produkt-

lebenszyklus durch ein anderes Design ersetzt oder Fahrzeughersteller erschweren die Identifikation der richtigen Teile z.B. durch komplexe Nummernsysteme. Weiterhin sind Alt- und Gebrauchtteile meist erst dann verfügbar, wenn die Nachfrage nach remanufactured Ersatzteilen bereits eingesetzt hat.

Ein Vergleich der Lieferketten zwischen Demontagebetrieben und Remanurferern in Nordamerika und Teilen Europas machte deutlich, dass Zwischenhändler (sogenannte Core Broker) eine wichtige Funktion in der Versorgungskette übernehmen. Sie übernehmen den Handel mit vielen Demontagebetrieben und können dadurch den Remanurferern größere Mengen an Alteilen anbieten. In Nordamerika gehen einige Core Broker dazu über, vernetzte IT-Systeme zur Beschaffung einzusetzen. Dazu nutzen sie vorhandene Informationen zur Fahrzeug-Komponenten-Kombinationen und ergänzen diese teilweise durch eigene Informationen, um den Demontagebetrieben mitteilen zu können, welche Teile aus welchem Fahrzeug sie benötigen und welchen Preis sie dafür zu zahlen bereit sind. Indem sie Angebot und Nachfrage effizienter aufeinander abstimmen, leisten diese Core Broker einen wichtigen Beitrag zur Kreislaufwirtschaft. Sie zeigen auch, dass Supply Chains der Kreislaufwirtschaft Erkenntnisse des klassischen Beschaffungsmanagements nutzen und für sich weiterentwickeln sollte.

Die Forschung zeigt, dass eine bessere Vernetzung in den Supply Chains für das Remanufacturing das Potential für mehr Wiederverwendung birgt. Diese Erkenntnis lässt sich neben dem Remanufacturing auch auf die direkte Wiederverwendung von Gebrauchtteilen übertragen – und wahrscheinlich auch auf andere Bereiche der Kreislaufwirtschaft. Softwarelösungen, die die Identifizierung von Fahrzeugteilen erleichtern, kombiniert mit weiteren Anreizen für Demontagebetriebe, können den Kreislauf der gebrauchten Komponenten in Richtung Remanufacturing und Wiederverwendung im Allgemeinen unterstützen. Hier sind die Marktakteure gefragt, um beispielsweise durch den sinnvollen Einsatz digitaler Technologien ihr Supplier Relationship Management zu verbessern. Genauso ist aber auch die Politik gefordert, die durch Gesetzgebung das eigentliche Marktpotential der Wiederverwendung behindern kann, wenn z.B. Quotenregelungen zwar das Recycling fördern, aber Wiederverwendung nicht in ähnlicher Form positiv berücksichtigt wird. Wenn Umweltgesetzgebung so flexibel ist, dass sie nicht positive Marktdynamiken behindert und gleichzeitig privatwirtschaftliche Akteure mit neuen Ideen wie der digitalen Vernetzung für mehr Effizienz in der Kreislaufwirtschaft sorgen, dann können daraus nachhaltigere Systeme entstehen.



## NACHHALTIGE IT – GESTÜTZTE RÜCKFÜHRENTSCHEIDUNGEN AM BEISPIEL GEBRAUCHTER AUTOTEILE



**E**rgebnis der Forschungsarbeiten von Cascade Use ist unter anderem das Tool mit Namen RAUPE zur Entscheidungsunterstützung für Werkstätten, Endverbraucher und Demontagebetriebe. Das webbasierte Tool vergleicht eingesetzte Rohstoffe verschiedener Pkw-Ersatzteile sowie deren CO<sub>2</sub>-Emissionen bzw. -Einsparungen bei Lebensdauerverlängerung. Die Webapplikation kann dem Anwender Empfehlungen geben, ob ein Bauteil wiedergenutzt, repariert oder dem Recycling zugeführt werden sollte. Dem Demontagebetrieb gibt sie Hinweise, welche Bauteile mit wirtschaftlichen Erlösen der Wiedernutzung zugeführt werden können. Einzelteile eines Pkws unterliegen einem zeitlich unterschiedlichen Verschleißprozess, d.h. zum Zeitpunkt der Demontage eines Fahrzeuges können einige Teile noch vollkommen intakt sein und könnten problemlos wiederverwendet werden (Reuse). Die Verlängerung des Lebenszyklus der Einzelteile eines Pkw (bis zu einem gewissen Zeit-

punkt) kann zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen beitragen, da die Reparatur von Fahrzeugen mit noch intakten Teilen oder instandgesetzten Ersatzteilen erheblich Ressourcen (z.B. Stahl, Aluminium, kritische Rohstoffe etc.) einspart. Bei der Autoherstellung nehmen die Stahl- und Eisenwerkstoffe mit knapp 2/3 der Masse den größten Materialanteil ein. Bei einem Durchschnittsgewicht eines Mittelklassewagens von 1500 kg entspricht das 933 kg. Der Aluminiumanteil liegt bei ca. 140–150 kg. Die aktuell steigenden Kosten sind zum Teil auf den hohen Anteil kritischer Rohstoffe zurückzuführen, die oft nur als sogenannte Gewürzmetalle in kleinen Mengen vorhanden sind. Gold als Konfliktmineral kommt dazu noch eine besondere Bedeutung zu. Durch die Wiederverwendung der Bauteile werden keine weiteren Konflikt- oder kritischen Rohstoffe benötigt wodurch die Wertschöpfungskette inkl. der Kosten stabil bleibt.

Mit RAUPE wird erstmalig für den deutschen Gebrauchtautoteilemarkt eine digitale Entscheidungsunterstützung für Gebrauchtfahrzeuge und deren Ersatzteilmanagement entwickelt, die unabhängig von den Automobilherstellern ist. Demontagebetrieben kommt bei unserem Ansatz eine bedeutende Rolle in der Kreislaufwirtschaft zu, da sie wesentliche Entscheidungen über Reuse und Recycling treffen. RAUPE fördert die Kaskadennutzung im Automobilbereich und

beinhaltet zahlreiche Informationen aus einzelnen Autoteilen. Es stellt zum Ende der Laufzeit von Cascade Use einen Prototyp dar und wird bei dem Demontage-Netzwerk Callparts in der Zentrale bei der Autodemontage getestet.

Momentan greift RAUPE auf eine aktuelle Datenbank des Callparts Netzwerkes zurück, welche aus ca. 2 Millionen einzelnen Autogebrauchtteilen und deren Informationen besteht. Diese werden durch data mining Methoden ausgewertet und dem Nutzer verständlich visualisiert. Damit können Rückschlüsse auf die Komponenten, deren Materialinhalte und Rohstoffpreise gezogen werden.

Dieses Tool arbeitet herstellerunabhängig (keine Unterscheidung eines VW, Audi, Volvo, Mazda, etc.) und erfasst generell Komponenten bzw. Materialien aus dem Auto (Lichtmaschine, Elektromotor, bzw. Kupfer, Stahl, etc.). Die Ersatzteile der Datenbank entsprechen dem Durchschnitt der in Deutschland durch die Callparts Partner demontierten Autoteile der letzten 10 Jahre und enthält nahezu jede Automarke, die in Deutschland verwertet wird. RAUPE genießt daher den Vorteil, dass markenunabhängig Autoteile erfasst und auf ihre Umwelt- und Rohstoffbilanz bewertet werden können. Auf diese Weise wird für die Umweltbewertung z. B. ein „Durchschnitt über markenunabhängige Autoteile“ möglich. Da RAUPE "user generated content" zulässt, ist RAUPE so

konzipiert, dass es mit der Zeit "lernt" da jeder Nutzer neue Daten eingeben kann und somit das Tool im Lauf der Nutzungsphase genauer und zuverlässiger wird. Nicht funktionale Bauteile werden nach Reklamation von dem Fachbetrieb gegen Garantie (1 Jahr) ausgetauscht.

Die Webapplikation RAUPE wurde für zwei Zielgruppen entwickelt: a) Endverbraucher und b) Demontagebetriebe.

In der Zielgruppe der Endverbraucher können einerseits nachhaltigkeitsaffine als auch andererseits kostenbewusste Kunden über das Tool angesprochen werden. RAUPE beantwortet zum Beispiel neben dem Kostenvorteil auch die Frage, bis zu welchem Zeitpunkt ein bereits genutztes Fahrzeug weniger CO<sub>2</sub> durch die Verlängerung der Nutzungsphase emittiert als ein Neuwagen auf dem aktuellen Stand der Technik durch die Produktion. RAUPE soll allerdings auch aufzeigen, wann ein Neuprodukt umweltfreundlicher ist (durch Technikvorsprung). Der Bedarf aus Sicht des Endverbrauchers kann zum Zeitpunkt des Projektabschlusses von Cascade Use nicht eingeschätzt werden und steht noch aus. Die Akzeptanz des Endverbrauchers wurde bisher nicht betrachtet, wird aber für Folgeprojekte berücksichtigt und als sehr bedeutend für den Erfolg angesehen.

RAUPE unterstützt darüber hinaus die Zielgruppe der Demontagebetriebe (ca. 1.200 in D). Die Webapplikation schafft Transparenz über Angebot und Nachfrage auf dem Ersatzteilmarkt und erleichtert daher die Auswahl von erlösträchtigen Fahrzeugteilen. Demontagebetrieben kommt eine bedeutende Rolle in der Kreislaufwirtschaft zu, da sie wesentliche Entscheidungen über Reuse und Recycling treffen. Bei der Fahrzeugdemontage wird entschieden, ob Bauteile überhaupt demontiert werden (zusätzlich zu den gesetzlichen Vorgaben) und ob diese Bauteile und Komponenten direkt vermarktet und ggf. eingelagert werden, oder der Refabrikation zugeführt bzw. als besser sortierter Altschrott ins Materialrecycling gehen werden.

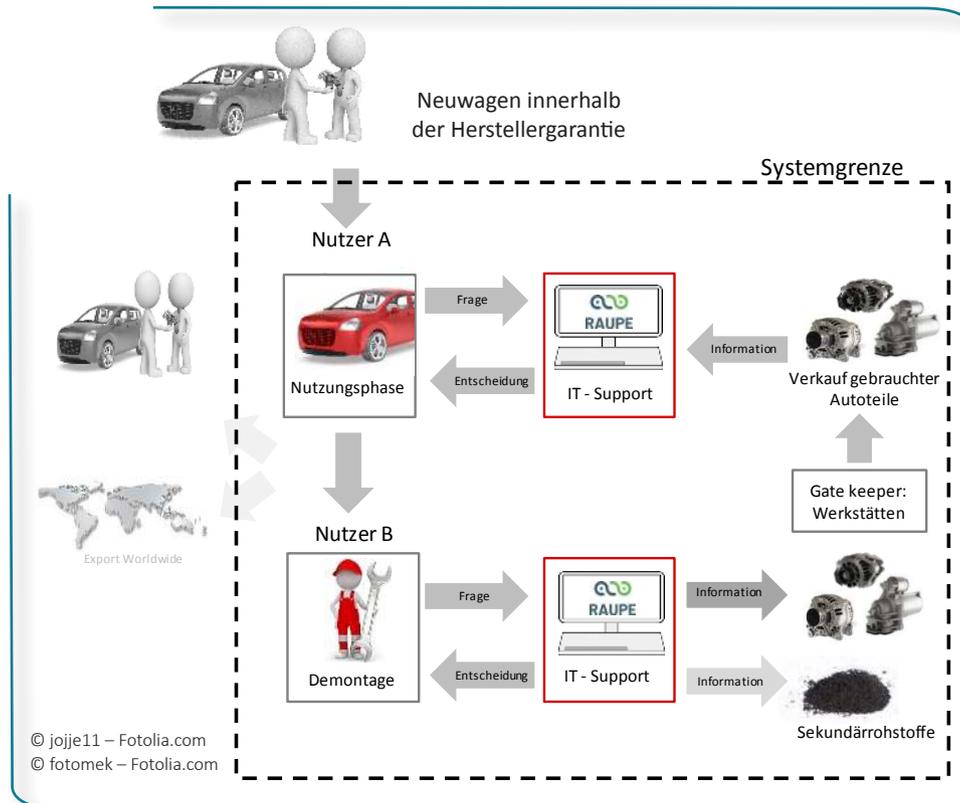


## RAUPE = Recycling of Automotive Units and Parts Evaluator

In Deutschland beschäftigen sich etwa 1.200 zertifizierte Demontagebetriebe mit der Altautoverwertung. Es handelt sich überwiegend um Familienbetriebe mit einem bis fünf Mitarbeitern, die durchschnittlich bis zu 500 Autos pro Jahr verwerten. Großbetriebe sind die Ausnahme.

Die "International Federation of Remanufacturers and Engine Rebuilders" schätzt alleine die Energieersparnis durch Remanufacturing weltweit auf eine Höhe ein, die der elektrischen Energieproduktion von acht Kernkraftwerken entspricht. Energie- und Rohstoffeinsparungen aus dem reinen "Reuse" sind

dabei noch höher einzuordnen, da kein weiterer Energieeintrag notwendig ist. Eine bisher Excel fokussierte Branche der Autodemonteur wird nun durch Digitalisierung wesentlich effizienter und trägt durch die Verlängerung der Lebensdauer und der damit verbundenen eingesparten Ressourcen zum gesamtgesellschaftlichen Nutzen bei. Die ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft im Sinne der Circular Economy ist ein wichtiger Treiber von nachhaltigen Strategien der Wiederverwendung (Reuse) sowie der Weiterverwertung (Recycling).





# WIE JEDER SEINEN BEITRAG LEISTEN KANN

Es ist deutlich geworden, dass die Kreislaufwirtschaft unterschiedliche Möglichkeiten hat, um Produkte oder Rohstoffe länger in Produktions- und Nutzungskreisläufen zu halten. Damit können Treibhausgasemissionen reduziert und ein wichtiger Beitrag zur Schonung der Umwelt geleistet werden. Die Instandsetzung (Remanufacturing), als Form der Wiederverwendung in Kombination mit Recycling oder Rückgewinnung der Rohstoffe sind Beispiele für Verwertungsmöglichkeiten. Aber wie kann jeder einzelne Konsument oder Produktnutzer einen Beitrag leisten? Auch wenn es nicht immer eindeutige Lösungen gibt, so bleibt die wichtigste Empfehlung bei Werkstattbesuchen nachzufragen: Welche Alternativen zu einem Neuteil gibt es (gebrauchte/instandgesetzte Teile)? Somit kann häufig ein Preisvorteil erzielt werden, ohne Einschränkungen bei Funktion oder Sicherheit in Kauf

## Instandsetzen statt Erneuern schont Geldbeutel & Ressourcen

nehmen zu müssen. Die Angebotspalette für instandgesetzte Teile ist womöglich größer als erwartet. Zudem entwickelt sich der Markt stetig weiter. Einige Beispiele aus der Automobilbranche für derzeit verfügbare instandgesetzte PKW-Teile sind neben der schon vorher erwähnten Lichtmaschine, Anlasser, Klimakompressoren, Dieselinjektoren, Pumpen oder elektrische und hydraulische Lenkungen. Neben diesen mechanischen oder mechatronischen Bauteilen werden heute auch rein elektrische Bauteile wie Motorsteuergeräte instandgesetzt. Um einen Austausch zwischen Altteil und instandgesetztem Teil umzusetzen, nutzen Unternehmen häufig ein sogenanntes Altteilpfand. Die Abwicklung des Altteilpfands regelt die Fachwerkstatt direkt mit dem Händler, so dass der Endkunde keinen weiteren Aufwand hat. Kann das Altteil des Fahrzeughalters instandgesetzt werden, so wird das Pfand in der Regel an den Kunden weitergegeben. Selbstverständlich kann jeder Fahrzeughalter auch am „Lebens-



© blackday-fotolia.com

de“ des Fahrzeugs noch dazu beitragen, dass sein Altauto einen möglichst geringen Einfluss auf die Umwelt hat. Deshalb sollte jeder Fahrzeughalter ausdrücklich einen Verwertungsnachweis einfordern, wenn sein Altauto entsorgt oder ein altes Gebrauchtfahrzeug in Zahlung gegeben wird, um es über den Fahrzeughändler verwerten zu lassen. Natürlich muss nicht jedes Gebrauchtfahrzeug verwertet werden. Hat das Auto jedoch einen Zustand erreicht hat, der eine Weiternutzung ausschließt, so kann die Einforderung eines Verwertungsnachweises den illegalen Export oder die illegale Entsorgung verhindern. In zertifizierten Demontagebetrieben, die diese Verwertungsnachweise ausstellen, werden Altautos fachgerecht für das Materialrecycling vorbereitet. Auch werden einige Fahrzeugteile ausgebaut, um sie als Gebrauchtteil weiterzuverkaufen. Durch den Handel mit diesen gebrauchten Teilen landen einige Fahrzeugteile auch bei Instandsetzern und werden zu Ersatzteilen, die „so gut wie neu“ sind.

”

*Vor zwei Jahren fiel mir mein Smartphone auf der Terrasse eines Cafés auf den Boden. Der gesamte Touchscreen war von Rissen überzeichnet. Da ich beim Kauf meines Handys eine spezielle Versicherung abgeschlossen hatte, die mir die Instandsetzung von Sturz- und Bruchschäden zusicherte, kontaktierte ich meinen Handyhersteller. Ich nahm an, dass ich das Telefon für die Reparatur einschicken müsse. Jedoch wurde mir erklärt, dass es zu kompliziert und kostspielig sei das kaputte Smartphone reparieren zu lassen. Ich finde es gut, dass es in der Zwischenzeit fast in jeder Stadt mindestens ein Geschäft gibt, das sich darauf spezialisiert hat Brüche und Risse bei Bildschirmen und Gehäusen von Smartphones und Tablets zu reparieren. Außerdem gibt es auch Mobiltelefone, die so entworfen sind, dass sich Teile viel leichter austauschen lassen: Dies ist nicht nur praktisch, wenn der Bildschirm durch einen Sturz zu Bruch geht. Auch andere Bestandteile können ersetzt und recycelt werden, wenn sie kaputt gehen oder der technische Fortschritt ein Upgrade erfordert. Warum also immer neu kaufen? “*



Dr. Klara Winkler

Wissenschaftliche Mitarbeiterin bei The Bennett Lab at McGill  
Arbeitsschwerpunkt: Datenanalyse von Märkten der  
automobilen Kreislaufwirtschaft

# ICCCE 2018

## INTERNATIONAL CONFERENCE ON CASCADE USE AND CIRCULAR ECONOMY

Am 24. und 25. September fand die große Abschlusskonferenz ICCCE 2018 - International Conference on Cascade Use and Circular Economy in der Alten Fleiwa, Oldenburg statt. Sie war organisiert von Cascade Use unter der Leitung von Dr. Ing. Alexandra Pehlken. Co-Host war die Shanghai Jiao Tong University - SJTU (Prof. Chen Ming) und AARTI – Alliance

of Automotive Recovery Technology Innovation. Sie knüpfte damit an eine gemeinsame Konferenz in Shanghai aus dem vorherigen Jahr an. Über 60 Wissenschaftler aus der verschiedenen Ländern kamen zur ICCCE2018 um über Kreislaufwirtschaft, Ressourcenmanagement und der damit verbundenen CO<sub>2</sub> - Reduktion zu diskutieren.



Gruppenfoto der Teilnehmer der ICCCE 2018 © Roman Eichler



Prof. Dr.-Ing. Susanne Rotter und  
Dr.-Ing. Alexandra Pehlken  
© Roman Eichler





Prof. Dr.-Ing. Christoph Hermann  
© Roman Eichler



” Im Zuge der Konferenz erschien bei Springer der Tagungsband „Cascade Use in Technologies“. Er wurde herausgegeben von Alexandra Pehlken, Matthias Kalverkamp und Rikka Wittstock und beinhaltet 17 Beiträge, welche alle bei der Konferenz vorgestellt wurden. “



Dr.-Ing. Alexandra Pehlken mit dem Universitätspräsidenten Prof. Dr. Pieper und Prof. Jinsheng Xiao  
© Roman Eichler



Juan Camilo Gómez Trillos  
© Roman Eichler

” Das Programm der Konferenz sowie alle Präsentationen sind verfügbar auf der ICCE 2018 Webseite unter: <https://icce2018.com/> Benutzername und Passwort für den Zugriff lauten beide “icce2018”. “



Christian Klinke, Dr.-Ing. Alexandra Pehlken, Dr. Matthias Kalverkamp und Prof. Dr.-Ing. Jörg Woidasky  
© Roman Eichler



## TEAMARBEIT & NETZWERK EIN WICHTIGES FUNDAMENT

Das Fundament von Cascade Use bildeten junge Forscher, die am Beginn ihrer beruflichen Laufbahn stehen und dabei von der promovierten Ingenieurin Alexandra Pehlken begleitet werden. Alexandra Pehlken studierte an der RWTH Aachen Bergbau mit der Fachrichtung Aufbereitung und erlangte Ihre Dissertation am Lehrstuhl für Aufbereitung und Recycling fester Abfallstoffe. Für die Carl von Ossietzky Universität Oldenburg warb sie die Nachwuchsforschergruppe Cascade Use im Rahmen der FONA Förderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung ein und übernahm die Leitung. Zum Team zählen bis 2018 Projektassistentin Charlotte Schäffer und anschließend Anne Seela, als gute Seelen des Teams sowie die zwei Doktoranden, die inhaltlich in die Informatik (Fernando Peñaherrera) bzw. in die Betriebswirtschaftslehre (Matthias Kalverkamp) integriert sind. Somit arbeitete Cascade Use sehr inter-

### interdisziplinär & international aufgestellt

disziplinär ebenso wie international. Aufgrund der Kooperation mit der Shanghai Jiao Tong Universität in China bestand regelmäßiger Austausch mit chinesischen Forschern über die Entwicklungen auf dem chinesischen Markt. Ebenso pflegten wir sehr guten Kontakt mit unseren Kollegen aus Kapstadt und Port Elizabeth. Weiterhin haben wir ein Netzwerk mit Kanada aufgebaut und führten Forschungsaufenthalte auf beiden Seiten durch. Neben den Mitarbeitern, die bis zum Ende der Projektlaufzeit in die Gruppe integriert sind, bekamen wir Unterstützung aus dem Nachwuchsbereich der Universität. Immer wieder begleiteten uns wissenschaftliche Hilfskräfte bei der Recherche, Datenanalyse und Modellierung. Oftmals wurden bereits bei dieser anwendungsnahen Forschung Kontakte in die Industrie für das weitere Berufsleben geknüpft. Neben der Kooperation mit Industriepartnern war Cascade Use auch fakultätsübergreifend innerhalb

der Universität stark vernetzt und pflegte ebenso Kontakte zu Arbeitsgruppen im Kontext der nachhaltigen Mobilität sowie Energieeffizienz. Alexandra Pehlken legt neben den fachlichen Schwerpunkten vor allem großen Wert auf eine gute Teamarbeit. Auch Familienfreundlichkeit wurde bei Cascade Use groß geschrieben. Da wird dann auch schon mal der Nachwuchs vom Nachwuchs in die Forschung integriert. Ganz nach dem Motto „Man kann nie früh genug mit der Ausbildung anfangen“, haben wir eine „Kinderseite“ in diese Broschüre integriert, um einem größeren Altersbereich unsere Forschung nahe zu bringen.



” Aus meiner beruflichen Erfahrung im Automobilssektor weiß ich, wie fokussiert Verbraucher auf die neusten Fahrzeugmodelle sind und wie wenige sich Gedanken darüber machen, was eigentlich nach der Lebensdauer ihres Fahrzeuges passiert. An der Arbeit bei und mit Cascade Use reizt mich vor allem, dass Gegenstand der Forschung Themen sind, die für jeden Verbraucher nachvollziehbar sind. Unsere Broschüre vermittelt wertvolle Tipps wie jeder Verbraucher, ob groß oder klein, ganz einfach seinen Beitrag zur Umwelt- und Ressourcenschonung leisten kann.“

Charlotte Schäffer, B.A.  
Projektassistentin

Arbeitsschwerpunkt: Finanzmanagement & Öffentlichkeitsarbeit



Erste Kaskadennutzungskonferenz in Shanghai 2017  
mit Prof. Chen Ming der SJTU (Privataufnahme)



Treffen der Humboldtstiftung in Potsdam  
© AVH/Hergenhan

# DAS CASCADE USE TEAM IM WANDEL



Zum Auftakt im März 2014  
©Daniel Schmidt



März 2015  
©Daniel Schmidt



Juni 2016  
©Birgit Schelenz



Bei der Abschlusskonferenz im September 2018  
© Roman Eichler



Juni 2017  
© Daniel Schmidt



„ Ich bin während meines Masterstudiums als studentische Hilfskraft bei Cascade Use eingestiegen. Auch in meinem Studium wurden Nachhaltigkeitsstrategien wie z.B. Kaskadennutzung thematisiert. Die Arbeit bei Cascade Use gab mir die Möglichkeit, dieses theoretische Wissen in aktuellen Forschungsprojekten zu vertiefen und vor allem direkt praktisch anzuwenden. So habe ich viel über die im Automobil enthaltenen kritischen Metalle gelernt, Stoffstromanalysen durchgeführt und mich mit verschiedenen Recyclingtechnologien beschäftigt. Diesen Themenbereich fand ich sehr spannend, so dass ich auch meine Masterarbeit zum Thema Ressourceneinschränkungen und Recyclingmöglichkeiten bei Brennstoffzellenfahrzeugen in der Forschergruppe geschrieben habe. Meine wichtigste Erkenntnis durch die Arbeit bei Cascade Use ist die Tatsache, dass bei Fragen zur Nachhaltigkeit von Innovationen – auch ‚grünen Technologien‘ – immer auch unbeabsichtigte Reboundeffekte, wie die Auswirkungen auf den Rohstoffverbrauch beachtet werden müssen.“

Rikka Wittstock, M.A.  
Wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Osnabrück



Björn Koch und Sebastian Tiemann gewinnen den Research Grant des IRTC (International Round Table on Materials Criticality) in Japan, Tokio 2018  
(Privataufnahme)



Humboldttreffen mit Post-Doks in Indien  
© AvH/Hergenhan



” Mit dem Thema Mehrfachnutzung von Ressourcen habe ich mich das erste Mal während meines Masterstudiums beschäftigt. Damals habe ich Dr.-Ing. Alexandra Pehlken in einem Projekt zum Thema Recyclingpotenziale von strategischen Metallen unterstützt. Später habe ich im Rahmen von Cascade Use meine Masterarbeit zum Thema nachhaltiges Ressourcenmanagement mit Blick auf die Nutzung strategischer Metalle für Traktionsbatterien im Bereich der Elektromobilität geschrieben. Von Beginn an haben mich die Vielfältigkeit und die Potenziale der Untersuchung und Optimierung von Materialflüssen und Energieströmen im Kontext der Nachhaltigkeit begeistert. Nachhaltigkeit ist ein vielgenutzter Begriff bzw. ein vielgenutztes Attribut für etwas dauerhaft Zukunftsfähiges sowohl auf ökonomischer, sozialer als auch auf ökologischer Ebene. Damit wird ein Ideal zum Ausdruck gebracht hinter dem aber nur schwer zu durchdringende komplexe Zusammenhänge stecken. Für Viele, auch für mich, ist der Begriff daher schwer greifbar und vor allem schwer überprüfbar. Materialflüsse und Energieströme sind für mich bisher die treffendsten und vertrauenswürdigsten Indikatoren um Nachhaltigkeit, insbesondere auf ökologischer Ebene, zu erfassen, zu bewerten und zu optimieren. Sie beruhen auf den grundlegendsten Gesetzen der Natur und geben den äußersten Rahmen unseres Handelns vor. Und auch wenn der Anspruch besteht keine der drei Ebenen über die anderen zu stellen, so ist die Sicherstellung eines nachhaltigen Umgangs mit den Ressourcen dieser einen Erde letztlich Voraussetzung des Wirtschaftens und unserer physischen und sozialen Existenz.“

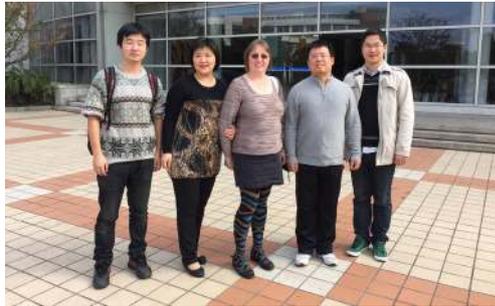
Sabine Albach, M.A.  
Projektmanagement-Office OÖV



Besuch bei der Firma Lumotech in Port Elizabeth, Südafrika  
(Privataufnahme)



Fernando Peñaherrera gewinnt den 1. Preis bei  
der ReCreew international phd school  
(Foto der TUHH)



Chen Ming und Team vor SJTU, Shanghai  
(Privataufnahme)



Pedelec Probefahren beim OLEC Sommernetzwerken  
© OLEC



„ Ich habe in der Ölindustrie gearbeitet und sah die benötigte Menge der Materie und Energie, um Kohlenwasserstoffe zu extrahieren, welche später in nützliche Energie, aber auch zu Emissionen umgewandelt wurden. Deshalb entschloss ich mich, das Postgraduate Programme Renewable Energy an der Universität in Oldenburg zu studieren, um für umweltfreundlichere Lösungen für die heutzutage benötigte Energieerzeugung zu suchen. Technologien der erneuerbaren Energien sind mit ihren geringen Emissionen vielversprechende Lösungen, die Energie aus natürlichen Quellen wie Sonneneinstrahlung, gespeicherte Energien in Biomasse oder Wind erzeugen. Durch Cascade Use wurde ich mir eine andere Perspektive auf erneuerbare Energien bewusst: die Perspektive der Materialnutzung und Ressourcengrenzen. In vielen Fällen benötigen die Energiewandler Materialien, die rar sind oder in begrenzter Menge produziert werden; mit einem zunehmenden Anteil am Energiemarkt könnte die Verfügbarkeit der Materialien, welche für die Konstruktion der Technologien zur Umwandlung der erneuerbaren Energien genutzt werden, in der Zukunft kritisch werden. Jetzt denke ich, dass ein erweiterter Blick für Nachhaltigkeit notwendig ist, welcher neben den Energiequellen und Emissionen, auch die effiziente Materialnutzung und ihr Recycling und Reuse am Ende ihrer Lebensdauer beachtet.“

Juan Camilo Gómez Trillo, Ingeniero Químico  
Mitarbeiter beim DLR  
Arbeitsschwerpunkt: Recycling von Photovoltaikzellen

# WAS MACHT CASCADE USE FÜR KINDER UND JUGENDLICHE?



Weltretter gesucht! Ständig hört man die Erwachsenen von Nachhaltigkeit reden, von einer Klimaerwärmung, von Schadstoffbelastungen und Recycling. Doch was bedeutet das eigentlich? Warum ist es so wichtig? Und was haben Reifenkonfetti und die Eisbären damit zu tun?

„Luise rettet die Welt“ erzählt die Geschichte von einem kleinen Mädchen, das sich im Alltag auf die Suche nach Antworten auf diese Fragen macht - ganz ohne Fachchinesisch und komplizierte Umweltstrategien.

Luise findet dabei viele spannende Dinge heraus und entdeckt, wie wichtig jeder einzelne für den Umweltschutz ist. Auch sie als junges Mädchen kann schon eine echte Weltretterin sein. Und die Welt zu retten - das ist nicht nur ganz schön einfach, sondern manchmal auch ganz schön witzig. Oder wusstest ihr, dass das Turnen auf alten Reifen dabei hilft die Welt zu retten? Auch Regenwurm Willi ist mit dabei - mal sehen wie oft ihr ihn entdecken könnt ...



## Scrappy Bird ODER: WIE KÖNNEN WIR DIE STADT SAUBERHALTEN?

Scrappy Bird ist eine Android App, die sich mit Mülltrennung in der Stadt beschäftigt. Sie soll vor allem die jüngere Generation für das Recycling begeistern.



„Scrappy ist zwar ein komischer, aber auch ein sehr sauberer Vogel. Und Müll mag er nun gar nicht! Darum fliegt er immer in seiner Freizeit über die Stadt und sammelt den herumliegenden Müll ein. Und da Scrappy auch ein großer Freund von Recyceln ist, ist es für ihn auch selbstverständlich, dass er den Müll trennt und in die richtige Mülltonne fallen läßt.

Begleite Scrappy auf seinem Streifzug über der Stadt und sammel mög-

lichst viel Müll von den Dächern der Häuser ein. Aber Achtung: mit zusätzlichem Gewicht fällt es Scrappy auch etwas schwerer zu fliegen! An der richtigen Stelle muß Du nun nur noch Scrappy Bescheid geben (einfach kurz antippen) damit er den Müll wieder fallen läßt und dieser dann auch hoffentlich in der richtigen Mülltonne landet!“



### JETZT AUSPROBIEREN

Scrappy Bird befindet sich derzeit noch in der Entwicklung. Es kann allerdings bereits für Smartphones mit Android (ab Version 4.4 „KitKat“) über den Google Playstore installiert und ausprobiert werden.





# Kids Corner



## Cascade Use - Was bedeutet das eigentlich?

Cascade Use ist ein englisches Wort und bedeutet Kaskadennutzung. Das beschreibt verschiedene Nutzungsstufen von Produkten die wir täglich nutzen oder kaufen. Das ist dann wie bei dem Wasserfall auf dem Bild: Ehe das Wasser im Fluss weiterfließt, fließt es über viele verschiedene Stufen. Auch Produkte wie Papier oder Glas durchlaufen verschiedene Stufen, so wie der Wasserfall. Denn der von uns täglich produzierte Müll kann zum größten Teil wiederverwertet werden, also nochmal benutzt werden - nur eben in einer anderen Form. Das nennt man auch Recycling. Glas kann z. B. eingeschmolzen werden um daraus neue Flaschen zu formen. Und auch Papier kann geschreddert, gebleicht und zu neuem Papier verarbeitet werden. So müssen weniger Bäume für neues Papier gefällt werden. Müll recyceln ist also ein guter Weg um unsere Umwelt zu schonen, noch besser ist übrigens wenn die Dinge gar nicht erst im Müll landen, also dass man sie z. B. erstmal versucht zu reparieren wenn sie kaputt sind und nicht gleich neue Dinge kauft!

Bei Cascade Use arbeiteten viele Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler (das sind sowas wie Forscher, nur am Schreibtisch und nicht in einem Labor) an Lösungen und Ideen wie man möglichst viele Teile kaputter Autos sinnvoll weiterverwenden kann. Sie überlegten auch, wie Autos für weniger Umweltverschmutzung sorgen können. Denn bei jedem Auto kommen viele Gase aus dem Auspuff, die unserer Umwelt sehr schaden. Dabei arbeitete das Team von Cascade Use auch mit Partnern in anderen Ländern, wie z. B. China und Kanada, zusammen und tauscht sich mit anderen Arbeitsgruppen aus, die auch an solchen Ideen arbeiten. Echte Teamarbeit also.



© Luise Schäffer



© Jonathan Eger



Auch Du kannst Kaskadennutzung unterstützen und helfen unsere Umwelt zu schützen. Das geht besonders gut, wenn Du mal wieder etwas basteln willst. Statt neue und oftmals ja auch sehr teure Bastelmaterialien zu kaufen, findest Du viele Dinge für großartige Kunstwerke in Eurem Haushalt, die vielleicht sonst nur weggeschmissen werden.

**ZUM BEISPIEL TIERE AUS PAPP- MASCHE:** Dafür brauchst Du alte Zeitungen, ein bisschen Küchenrolle & Klebestreifen sowie ein bisschen Kleisterrest, Pinsel und Farben.

## Was passiert mit alten Autos?

Viele Teile in einem Auto sind noch sehr wertvoll, auch wenn das Auto schon total kaputt ist. Beispielsweise gibt es kostbare Rohstoffe, die sehr mühsam in Bergbauminen gesucht werden müssen, weil sie so selten sind und auch nicht nachwachsen. Autoteile aus diesem Material kann man also besser ausbauen, aufbereiten und weiterverwenden, als sie auf einer Mülldeponie vergammeln zu lassen. Die Autoreifen können beispielsweise noch für vieles eingesetzt werden, auch wenn sie schon abgefahren sind und von der Werkstatt durch neue ersetzt wurden. Aus den alten Reifen kann man sich dann eine tolle Reifenschaukel basteln oder viele Bauernhöfe nutzen sie als Beschwerung für Ihre Heuplatten. Aber man kann den Reifen auch zerlegen. Die Metalle in dem Reifen werden dafür entfernt und das Gummi der Reifen wird geschreddert. Dieses Granulat (so nennt man dann das Reifenkonfetti) ist dann eine „Zutat“ bei der Produktion für Kunst-rasen, Turnhallenböden, Schuhsohlen oder bei der Herstellung von Fallschutzmatten z. B. für Spielplätze.



© DFG Metadis, Universität Bremen

## Kaskadennutzung - selbst gemacht:

**SO WIRDS GEMACHT:** Als erstes musst Du Dir überlegen welches Tier Du basteln möchtest, dann rollst Du Deine Beine, Arme, Kopf und alles was Du brauchst aus Zeitungslagen so lange bis sie die gewünschte Form haben. Mit Klebefilm streifen kannst Du die Zeitung in der gewünschten Form halten und anschließend alle Teile zusammenkleben. Nun alles gut mit

Kleister einpinseln und mit zwei Lagen kleingerissem Küchenpapier bekleben. Dabei immer wieder mit Kleister alles bestreichen. Wenn alles getrocknet ist (ca. 1Tag) kann Dein Tier nach Lust und Laune bemalt werden. Du kannst aber auch tolle Dinge aus leeren Trinkflaschen, Waschmittelpackungen oder Joghurtbechern zaubern. Deiner Fantasie sind dabei keine Grenzen gesetzt. Viel Spaß also bei Deiner ganz persönlichen Kaskadennutzung.



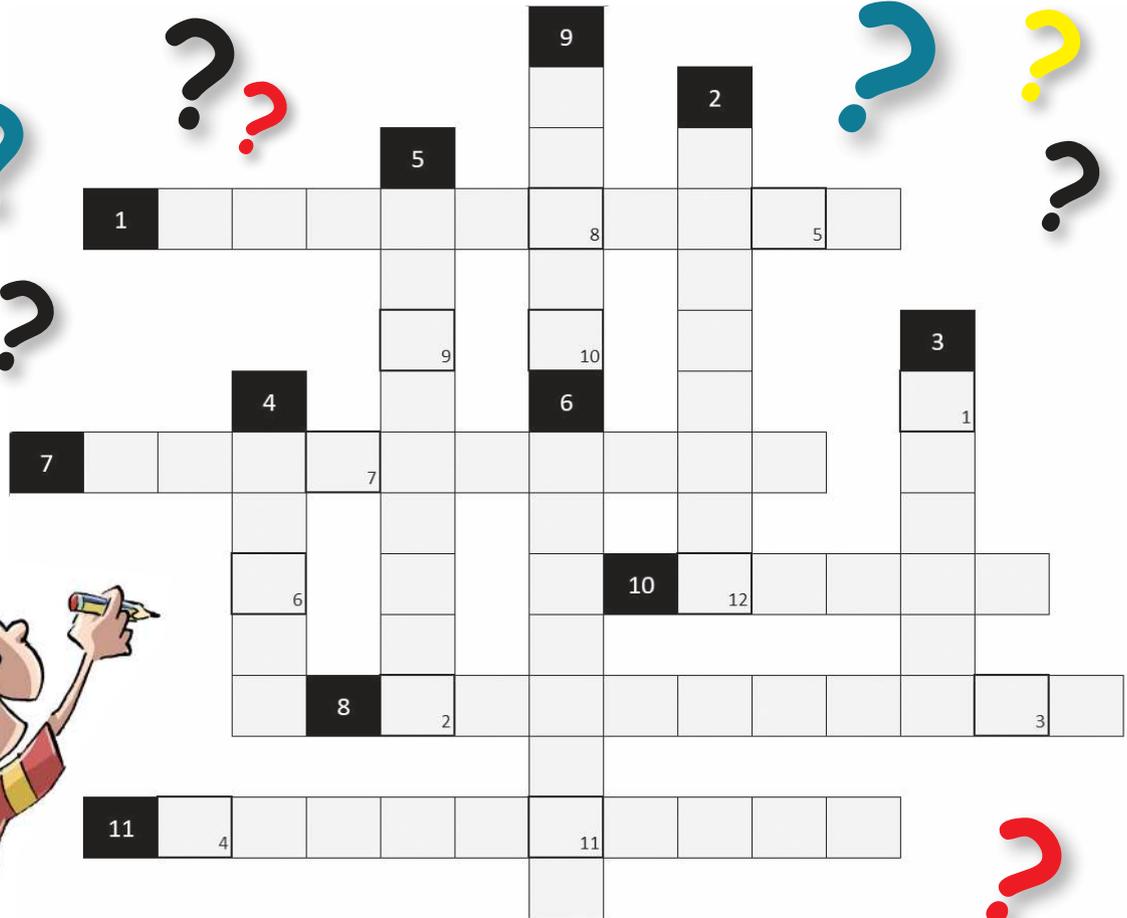
© Luise Schäffer

## Ein Auto das unsere Umwelt schont - wie geht das?

Die meisten Autos fahren durch Benzin, das im Motor verbrannt wird und so das Auto antreibt. Diese Verbrennung führt jedoch zu Abgasen die aus dem Auspuff in die Umwelt gelangen und dieser sehr schaden. Das Auto seltener zu nutzen wäre ein guter Anfang. Denn je weniger Autos fahren, desto weniger Abgase werden durch sie produziert. Und wenn man sein Auto dann doch mal braucht, dann wäre es doch großartig, wenn dieses unsere Umwelt so wenig wie möglich belastet. Somit wird schon seit vielen Jahren geforscht wie ein Auto angetrieben werden kann ohne umweltschädliche Abgase. Dabei sind viele Ideen entwickelt worden und von den Autoherstellern auch teilweise schon umgesetzt worden. So gibt es inzwischen auch Autos die mit Biogas fahren. Dies entsteht z. B.

durch die Zersetzung von Biomasse (Biomüll, Maispflanzen u. ä.). Und auch Autos die mit Strom aus Wind- oder Sonnenenergie fahren gibt es schon. Das nennt man dann Elektromobilität. Damit das immer weiter verbessert wird und bald immer mehr Menschen ein Auto kaufen die keine schädlichen Abgase produzieren, arbeitete Cascade Use daran wie man das Konzept weiter verbessern kann - z. B. wo der Strom für die Elektromobilität gewonnen werden kann. Alexandra Pehlken leitete Cascade Use und besucht sogar Schulen um mit Euch über diese Themen zu sprechen und gemeinsam auszuprobieren wie das alles nun eigentlich funktioniert.





1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

- (1) Nicht gleich wegwerfen sondern erstmal ...
- (2) Wie nennt man geschredderte Reifen?
- (3) Was müssen wir schonen? Unsere ....
- (4) Womit kann ein Auto angetrieben werden?
- (5) Wird bei der Produktion von Kunstrasen verwendet?
- (6) Wissenschaftler sind sowas wie ...



- (7) Welches Naturereignis zeigt Kaskaden?
- (8) Wenn man etwas mehrfach nutzt, dann ist das ....
- (9) Mit welchem Land arbeitet Cascade Use zusammen?
- (10) Alles immer neu kaufen ist auch viel zu ...
- (11) Was macht ein Motor mit dem Benzin?

# DAS TEAM VON CASCADE USE

Web: [www.uni-oldenburg.de/cascadeuse](http://www.uni-oldenburg.de/cascadeuse)

Team: Dr.-Ing. Alexandra Pehlken  
Leitung  
[alexandra.pehlken@uol.de](mailto:alexandra.pehlken@uol.de)  
[cascade.use@uol.de](mailto:cascade.use@uol.de)

Charlotte Schaeffer  
Projektassistenz bis 2018

Anne Seela  
Projektassistenz 2018–2019

Dr. Matthias Kalverkamp  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Fernando Peñaherrera  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Björn Koch  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Postanschrift: Carl von Ossietzky Universität Oldenburg  
Ammerländer Heerstr. 114–116  
26129 Oldenburg

*Unser Dank gilt allen Mitwirkenden,  
die uns bei der Entstehung unserer Broschüre unterstützt haben.*



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



DLR Projektträger



Förderkennzeichen 01LN1310A,  
Förderzeitraum: 01.03.2014 bis 28.02.2019



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



DLR Projektträger



**FONA**  
Forschung für Nachhaltige  
Entwicklung  
BMBF

Förderkennzeichen 01LN1310A,  
Förderzeitraum: 01.03.2014 bis 28.02.2019