

INEC

INSTITUT FÜR INDUSTRIAL
ECOLOGY

Ressourcen.
Nachhaltig.
Nutzen.



Liebe Leserinnen und Leser,

eine Veröffentlichung über eine Organisation oder ein Institut ist immer eine zweischneidige Sache. Worauf legt man den Fokus? Wer ist die Zielgruppe und was will sie lesen? Schnell sind die Inhalte überholt und die Broschüre veraltet. Wir haben uns trotzdem dazu entschlossen!

Dies ist kein Rechenschaftsbericht und auch keine wissenschaftliche Veröffentlichung. Eine Liste unserer Fachpublikationen finden Sie stets aktualisiert auf unserer Instituts-Homepage bei den jeweiligen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern:

www.hs-pforzheim.de/inec

> Sie kommen direkt auf die Instituts-Homepage, wenn Sie diesen QR-Code per Handy oder Tablet scannen.



Stattdessen wollen wir Ihnen vermitteln, welche Themen uns bewegen und welche Themen wir bewegen. Das kann man am besten mit einem Ausschnitt der laufenden und vergangenen Forschungsprojekte und Aktivitäten. Wir haben einen umfangreichen Fundus an Beiträgen in den Jahresberichten der Hochschule Pforzheim, auf den wir aufbauen und den wir ergänzen. Hier sei ein herzlicher Dank an das Konturen-Team gerichtet, in erster Linie an Kollegin Prof. Christa Wehner, an Dagmar Staud und an die Grafikerin Patricia Braun, die uns auch hier unterstützt hat. Ein großer Dank gilt allen Kolleginnen und Kollegen, die zu dieser Broschüre beigetragen haben, besonders Larissa Coblenzer, die die Arbeiten umsichtig koordiniert hat.

Wenn Sie Interesse an unseren Arbeiten haben, dann sprechen Sie uns an. Die Kontakte stehen am Ende dieser Broschüre. Denn Wissenschaft bewegt nur etwas, wenn sie auch angewendet wird. In den Unternehmen, in der Politik und bei den Menschen.

Ihr

Mario Schmidt

Editorial — 003

Forschung

- Das INEC – eine besondere Institution in der Hochschule [SCHMIDT, LANG-KOETZ] — 004
- DIN, ISO, VDI – Die Mühen der Normungsarbeit [WEHNER] — 010
- H₂ Chemie 2050 [RUDOLF, SCHMID, SENK, APITZSCH-DELAVALT] — 012
- Digitaler Produktpass – Ein Treiber für Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft?
[PREISS, LANG-KOETZ, VIERE] — 014
- ReDiBlock [COBLENZER] — 017
- greenProd [BISCHOFF, TIETZE] — 020
- Kreislauf E-Wende [HEIDAK, PATT] — 022
- Mit DfC-Industry frühzeitig in Kreisläufen denken [PRUHS, KUSCH, VIERE, WOIDASKY] — 024
- Global gedacht – lokal gehandelt: Klimaresilientes Gebäudemanagement [LAMBRECHT, PUFAL] — 026
- Warum ist die Circular Economy für den Klimaschutz wichtig? [CASTILLO, HAUBACH, VIERE] — 028
- Ressourcen schonen mit der Materialflusskostenrechnung [HENDRICH, SCHMIDT] — 030
- »100 Betriebe«: 10 Prozent sind immer drin – bewiesen! [SCHMIDT, HAUBACH] — 032
- 1-2-3: Wie berechne ich meinen Carbon Footprint? [SCHMIDT, HAUBACH] — 036
- Glasklar mit viel Luft nach oben [WOIDASKY] — 038
- Lean und Green ergänzen sich! [BERTAGNOLLI] — 040
- Sechs Planspiele für Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz [BERTAGNOLLI] — 042
- Nachhaltigkeitsorientierte Innovationen in Unternehmen initiieren und umsetzen
[LANG-KOETZ, SCHIMPF] — 044
- Innovationen nachhaltiger gestalten [PREISS, LANG-KOETZ] — 046
- Beidhändigkeit im Innovationsmanagement [LANG-KOETZ, FISCHER, WEBER, REISCHL] — 048
- »Green Check your Idea« [REISCHL, LANG-KOETZ, SORG] — 050
- Recyceltes Gold aus der Goldstadt ist auch ökologisch goldig [SCHMIDT] — 051
- Goldbagger sind die Vorhut der Regenwaldkiller [FRITZ] — 054
- Fluoreszenz-Tracer zur Identifikation von Kunststoffabfällen [SCHMIDT, AUER, WOIDASKY] — 056
- Verpackungsabfälle zum Leuchten bringen [SCHMIDT, AUER, KUSCH, LANG-KOETZ, WOIDASKY] — 058
- Klimaschutz = Umweltschutz!?! [HOTTENROTH, LAMBRECHT, LEWERENZ, TIETZE, VIERE] — 060
- Klimaneutralität – realistische Vision oder Mogelpackung? [SCHMIDT] — 063

Lehre

- Nachhaltig und ressourceneffizient studieren [SCHMIDT, BERTAGNOLLI] — 066
- Mit Zahlen der Umwelt auf den Zahn fühlen [SCHMIDT, VIERE] — 067
- Mit Kooperativen Promotionskollegs zum Dokortitel [SCHMIDT, TIETZE] — 068
- Interdisziplinarität und Praxisnähe [ZUNDEL] — 069
- Auf dem »Shopfloor« indischer Unternehmen [ANSTÄTT] — 070
- Bienen an der Hochschule [BERTAGNOLLI] — 072
- »Klima-Challenge« – Studierende sparen eine Tonne CO₂ [LAMBRECHT] — 074
- Der Klimaschutz an der Hochschule braucht ein anderes Mobilitätsverhalten [VIERE, WETZKE] — 076

Veranstaltungen

- Voller Erfolg für ein neues Format des Instituts für Industrial Ecology
[PREISS, LANG-KOETZ, HAUBACH] — 078
- Klimaneutralität – ein Ziel, verschiedene Blickwinkel [PREISS, LANG-KOETZ, VIERE] — 082
- »Ich spüre die Verantwortung meiner Generation für die Zukunft« [PREISS, LANG-KOETZ, VIERE] — 086
- Ringvorlesung Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit [PREISS, LANG-KOETZ, VIERE] — 090
- Wohlwollende Unterstützer: Die PSD Bank Karlsruhe-Neustadt [SCHMIDT] — 096

Personen

- Mitglieder am Institut für Industrial Ecology (INEC) — 098

Impressum — 100

Das INEC – eine besondere Institution in der Hochschule

VON MARIO SCHMIDT UND CLAUS LANG-KOETZ | erschienen in den KONTUREN HSPF 2023

Das zehnjährige Jubiläum fiel aus – genauer: der Corona-Pandemie zum Opfer. Es hätte 2020 stattfinden müssen, denn das Institut für Industrial Ecology (INEC) wurde 2010 gegründet. Es war aus einer Forschergruppe hervorgegangen, die bereits seit dem Jahr 2000 direkt am Institut für Angewandte Forschung (IAF) angesiedelt war.

Dann war es Zeit, eine eigene Institution zu gründen, denn die Anzahl der drittmittelfinanzierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und auch die Aufgaben wuchsen: Im Rahmen der Hochschulausbaupläne wurden an der Fakultät für Wirtschaft und Recht ein neuer Bachelor-Studiengang Ressourceneffizienz-Management (REM) und ein neuer Master-Studiengang „Life Cycle & Sustainability“ (MLICS) eingerichtet. Damit kamen insgesamt sechs neue Professorinnen und Professoren an Bord, die im engeren Sinne etwas mit Nachhaltigkeit zu tun haben, darunter war auch eine Professur, die auf Vermittlung des damaligen Rektors Martin Erhardt von der PSD-Bank Karlsruhe-Neustadt gestiftet wurde.

Das INEC ist damit nicht nur als Forschungsstätte installiert worden, sondern zugleich auch als Peer Group für die Lehre im Nachhaltigkeitsbereich. Forschung und Lehre als Einheit, das war und ist bis heute das Ziel des INEC. Mit inzwischen zwei kooperativen Promotionskollegs in Zusammenarbeit mit dem KIT in Karlsruhe wurde dieses Konzept nochmals unterstrichen.

Doch was ist „Industrial Ecology“? Warum dieser Name und nicht Institut für Nachhaltigkeit, Kreislaufwirtschaft und sonstige „Weltschmerzen“? Darüber wurde 2010 im Forscherteam intensiv diskutiert. Welcher Begriff passt? Was ist das Alleinstellungsmerkmal des Instituts? Das kann-



>

Die Logos des INEC und der Studiengänge REM und MLICS (v.l.n.r.)



te schnell identifiziert werden: Es war und ist bis heute die Quantifizierung von Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekten. Die Ökobilanzierung, in der Fachsprache Life Cycle Assessment (LCA) genannt, steht im Mittelpunkt. Ebenso der Klimafußabdruck (Carbon Footprint) und viele andere Methoden der quantitativen Analyse. Zum Einsatz kommen Software-Tools, die von Mitgliedern des Teams in der Vergangenheit teilweise mitentwickelt wurden und heute weltweit und professionell eingesetzt werden. Nachhaltigkeit wird also nicht als leere Begriffsformel oder Weihnachtswunschzettel der Menschheit verwendet, sondern als die anspruchsvolle Herausforderung, quantitative Ziele – z. B. im Klimaschutz – durch konkrete Maßnahmen zu erreichen. Im Mittelpunkt der Arbeit stehen deshalb die Energie- und Materialströme unserer Industriegesellschaft, also der industrielle Metabolismus. Daraus leitet sich auch der Begriff Industrial Ecology ab, der im Deutschen ungebräuchlich, im Angelsächsischen aber weit verbreitet ist.

Lehre für die Nachhaltigkeit

Besondere Sorgfalt wurde auf die Suche nach einem geeigneten Logo gelegt. Hier erfolgte eine enge Zusammenarbeit mit der geschätzten Kollegin Alice Chi aus der Fakultät für Gestaltung und ihren Studierenden (vgl. Artikel in *Konturen 2011*). Aus den vielen verschiedenen Entwürfen wurde schließlich die Dekomposition eines Kreislaufs gewählt und damit die ein Jahrzehnt spätere populäre Diskussion um Circular Economy weitsichtig aufgegriffen. Der Entwurf stammte von dem Studenten Simon Mager, der heute erfolgreicher Grafikdesigner in Lausanne ist. Apropos Logo: Auch die beiden Studiengänge bekamen ein Logo verpasst: Der REM erhielt ein Bündel an Pfeilen, was die Energie- und Stoffströme symbolisieren soll; der MLICS wurde durch Bänder, die die Welt umspannen, dargestellt, was den globalen Ansatz der Ganzheitlichkeit „von der Wiege bis zur Bahre“ – der Schlachtruf der Ökobilanzierer – andeuten soll. Beide Logos, die von dem Mannheimer Grafikbüro ID Kommunikation entworfen wurden, sind natürlich in der Schmuckfarbe der Hochschule gehalten, in Gold, was sich Jahre später noch als sehr treffend erweisen sollte.

<

Das INEC-Team endlich wieder in Präsenz seit Sommer 2022.

Foto: Joshua Lehmann

Innovation erfordert Mut und Risikobereitschaft. So war das auch mit den neuen Studiengängen. Beide gab es bislang nicht, keine Blaupausen für ein Curriculum. Selbst die Namensgebung war neu. Ressourceneffizienz-Management? Was soll das sein? Ein grüner Hausmeister? Auch wenn die Themen aktuell und interessant waren, werden die Absolventen später eine Anstellung finden? Mehr als zehn Jahre danach kann man diese Frage mit einem selbstbewussten JA beantworten. Gut ausgebildete und methodisch geschulte Experten in Sachen Ökobilanzierung oder Ressourceneffizienz werden derzeit überall gesucht: in der produzierenden Wirtschaft, in der Politik und Verwaltung und im Consulting-Gewerbe, von NGOs ganz zu schweigen. Die Zeiten eines Nischendaseins der Nachhaltigkeit sind vorbei. Der Studiengang Ressourceneffizienz-Management wurde inzwischen an anderen Hochschulen kopiert, z. B. an der Hochschule Mittelhessen, allerdings mit mehr technischem Einschlag, das war seinerzeit an der Hochschule Pforzheim nicht möglich. Der Master-Studiengang Life Cycle & Sustainability ist bislang der einzige seiner Art in Deutschland, in dem man Ökobilanzierung von der Pike auf lernen und richtig anwenden kann. Gerade diese Expertise wird händeringend von Industrieunternehmen gesucht. Denn die Öko- oder Klimabilanz wird immer mehr zum Standard, aber kaum jemand kann sie „richtig“ berechnen.

Forschung für die Nachhaltigkeit

Im Forschungsbereich hat sich das INEC zur drittstärksten und kontinuierlichsten Kraft an der Hochschule entwickelt. Drei Dinge sind hier besonders wichtig: Zum einen wird das Institut von einem Kollegium an Professorin und Professoren getragen, das eine große Breite an Forschungsthemen, aber auch eine Langfristigkeit über die Halbwertszeit einzelner Professuren hinaus zulässt. Zum anderen ist das Drittmittelvolumen und damit auch die Möglichkeit, wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zu beschäftigen, stetig gewachsen und betrug im Jahr 2022 mehr als 1,6 Mio. Euro. Schließlich sind die Institutsangehörigen eng vernetzt mit gesellschaftlichen Akteuren und anderen Forschungseinrichtungen, engagieren sich auf Kongressen und in Gremien und publizieren ihre Ergebnisse in angesehenen Fachjournals. Diese Kombination führt zu Synergieeffekten und beeinflusst maßgeblich den Erfolg des Instituts, der das Ergebnis einer intensiven Teamarbeit ist.

>>



Die Themenpalette, die am INEC bearbeitet wird, ist vielfältig. Sie reicht von konkreten Lösungen in einzelnen Unternehmen, geht über Methoden- und Toolentwicklungen bis hin zur Politikberatung auf Landes- und auf Bundesebene. Derzeit hoch im Kurs ist alles, was mit dem Klimawandel und der Treibhausgas-Neutralität zu tun hat. Doch dem Thema Ressourceneffizienz hat das INEC seine bundesweite Bekanntheit zu verdanken.

Bereits vor 20 Jahren konnte das Pforzheimer Forscherteam in BMBF-geförderten Projekten nachweisen, dass im Energie- und Materialbereich der produzierenden Wirtschaft große Einsparpotentiale schlummern. „10 Prozent sind immer drin“, war damals ein Slogan und eine Kampagne, die an der Hochschule Pforzheim 2009 entwickelt wurde, mit finanzieller Unterstützung des damaligen Umweltministeriums in Stuttgart. Auf Bundesebene waren das Team an einer großen Studie des Wuppertal-Instituts für des Bundesumweltministeriums zur Materialeffizienz und Ressourcenschonung beteiligt, ebenso an den Richtlinien-Arbeiten des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI). Die neue grüne Landes-

regierung in Baden-Württemberg griff das Thema dann 2011 prominent auf. Auf unseren Vorschlag wurde ein jährlicher Ressourceneffizienz-Kongress eingerichtet, an dem inzwischen über 1.000 Personen regelmäßig teilnehmen. Zusammen mit dem INEC wurde eine Landesstrategie Ressourceneffizienz entwickelt; auch an der aktuellen Fortschreibung ist das INEC unmittelbar beteiligt. Die Krönung war aber ein Projekt, bei dem es gelang, eine Kooperation zwischen (grün geführter) Landesregierung und den wichtigsten Wirtschaftsverbänden im Land zu erreichen: die „100 Betriebe für Ressourceneffizienz“.

Einhundertmal Praxis – eine große Zahl

Mit maßgeblicher Unterstützung des inzwischen verstorbenen Präsidenten im Landesverband der Industrie Baden-Württemberg, Dr. Hans-Eberhard Koch, der auch Mitglied in unserem Hochschulrat war, wurden zahlreiche Firmen gefunden, die ein offenes Bekenntnis und Beispiel zu ressourceneffizi-

^
Auf dem Ressourceneffizienzkongress 2016 zeichnete Ministerpräsident Winfried Kretschmann die ersten 50 Unternehmen des INEC-Projektes aus.

Foto: Stefan Longin

>
Aus dem Leuchtturm-Projekt entstanden drei Bände mit Praxisbeispielen und eine englische Übersetzung.



enten Ideen in ihrer Produktion geben. Das Projekt lief mit großem Erfolg 8 Jahre lang, in denen insgesamt 126 Fallbeispiele analysiert und vorgestellt und die Firmen schließlich prämiert wurden. Das INEC war Ideengeber und machte die Begleitforschung dazu. Der Ministerpräsident prämierte die ersten 50 Unternehmen auf dem Ressourceneffizienzkongress 2016. Daraus sind 3 Bände mit ausführlichen Beschreibungen der Beispiele entstanden, dazu eine englischsprachige Übersetzung. Im Dezember 2022 wurde das Projekt abgeschlossen. Kurzzeitig überlegte das Bundesumweltministerium, für Deutschland ein gleichlautendes Projekt mit 1.000 Betrieben aufzusetzen – aber das war dann doch zu viel des Guten. Man soll mit großen Zahlen nicht leichtfertig umgehen.

Um diesen „Leuchtturm“ gruppierten sich in den vergangenen Jahren zahlreiche andere Forschungsprojekte. So wurden eigens sechs Planspiele für die Weiterbildung in Unternehmen entwickelt (lesen Sie dazu den Beitrag von Frank Bertagnoli auf S. 82). Die Materialflusskostenrechnung (MFC nach ISO 14051) wurde methodisch weiterentwickelt und im März 2023 in Stuttgart einer Fachöffentlichkeit vorgestellt. Die Verbindung der Materialeffizienz zum Klimaschutz wurde aufgegriffen. Für staatliche Fördermaßnahmen von fünf Bundesländern wurde eine Methode entwickelt, mit der in Unternehmen die Klimawirksamkeit von Materialeffizienzmethoden ermittelt werden kann. Ein kostenloser webbasierter Rechner für Unternehmen wurde entwickelt, mit dem die sogenannten Scope-3-Emissionen, also die Treibhausgasemissionen der Lieferkette, berechnet werden können. Apropos Lieferkette: Die Verfolgung von ökologischen und sozialen Informationen über die Lieferanten war Thema eines großen Forschungsprojektes, bei dem neue Methoden der Blockchain-Technik bzw. der Distributed Ledger Technology genutzt wurden.

Ressourcen pur

Was für ein Unternehmen die Rohmaterialien oder Halbzeuge sind, war irgendwann mal Rohstoff, der aus der Umwelt gefördert werden musste, meistens mit großem Energieaufwand, Umwelt- und Klimabelastungen. Die Hälfte der weltweit erzeugten Treibhausgasemissionen geht auf die Förderung und Bereitstellung von Rohstoffen zurück: Metalle, Baumineralien, fossile Energieträger oder Biomasse. Deshalb war es verständlich, dass am INEC auch über die seit dem Club of Rome-Bericht 1972 apostrophierte Ressourcenknappheit und das Allheilmittel Recycling nachgedacht wurde. Mehrere Doktorarbeiten wurden dazu im Rahmen von größeren Forschungsvorhaben angefertigt. Die Situation stellt sich heute komplexer dar als 1972: Die weltweite Verflechtung der Wirtschaft ist größer, die Rohstoffabhängigkeit von wenigen Ländern ebenso.



^
Unterzeichnung des Kooperationsvertrags zu einem Forschungsprojekt zwischen der Firma Evonik in Rheinfelden und dem INEC der Hochschule Pforzheim im Jahr 2022.

Foto: INEC

Dazu kommt eine immer geringere technologische und wirtschaftliche Kompetenz Deutschlands und der EU bei der Eigenversorgung mit Rohstoffen. Hier liegen die eigentlichen Herausforderungen – und das bei enormen infrastrukturellen Aufgaben. So verlangen gerade der Klimaschutz und die Energiewende große Mengen an Rohstoffen zum Aufbau alternativer Versorgungssysteme. Der Einsatz und das mögliche Recycling von Rohstoffen in Energiesystemen wird derzeit in einem Forschungsprojekt für das Bundeswirtschaftsministerium erforscht, unter anderem gemeinsam mit der TU Darmstadt und Siemens Energy. Im Frühjahr 2023 wurde vom INEC eine Studie veröffentlicht, die sich mit dem Abbau von Manganknollen in der pazifischen Tiefsee befasst, zusammen mit der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Hannover – zeitgleich zur Konferenz der Internationalen Meeresbodenbehörde in Jamaica.

Ein ebenfalls aktuelles Energiethema wird zusammen mit der Firma Evonik in Rheinfelden aufgegriffen: Wir kann mit dem Wasserstoffeinsatz die Chemieproduktion in Deutschland in den nächsten Jahrzehnten sichergestellt werden? Die Alternative wäre das Abwandern von Industriebetrieben in das Ausland, z.B. nach China – allerdings mit deutlich negativen Auswirkungen auf das globale Klima, denn die Produktion in Deutschland ist vergleichsweise (!) effizient und klimaschonend. Lesen Sie dazu den KONTUREN-Beitrag „Transformation zu grünem Wasserstoff in der Chemischen Industrie“ auf S. 80.

Nachhaltiges Gold aus Pforzheim?

Pforzheim hat eine besondere Beziehung zu Gold und zu Schmuck. Aber Gold hat einen zweifelhaften Ruf. Aus Nachhaltigkeitsperspektive sind mit der Gewinnung von Gold ökologische und soziale Probleme verbunden. Diese wurden in den vergangenen Jahren am INEC erforscht, insbesondere durch



^
Forschungsprojekte zum Goldabbau
im Amazonas Regenwald.

Foto: INEC

mehrere Exkursionen zu den Goldgruben im brasilianischen Regenwald des Amazonas (siehe *Konturen 2020: „Recyceltes Gold aus der Goldstadt“*). In Pforzheim stellt die Produktion von Gold eine Ausnahme dar: In Deutschland und speziell in der Goldstadt wird zu einem hohen Prozentsatz Recyclinggold eingesetzt – mit einem phantastisch niedrigen Carbon Footprint und ohne die sozialen und sonstigen Probleme beim Abbau, wie das INEC in verschiedenen Studien für Pforzheimer Scheideanstalten ermitteln konnte. Das Gold in dem Institutslogo hat also seine Berechtigung.

Diversifizierung der Forschungsthemen

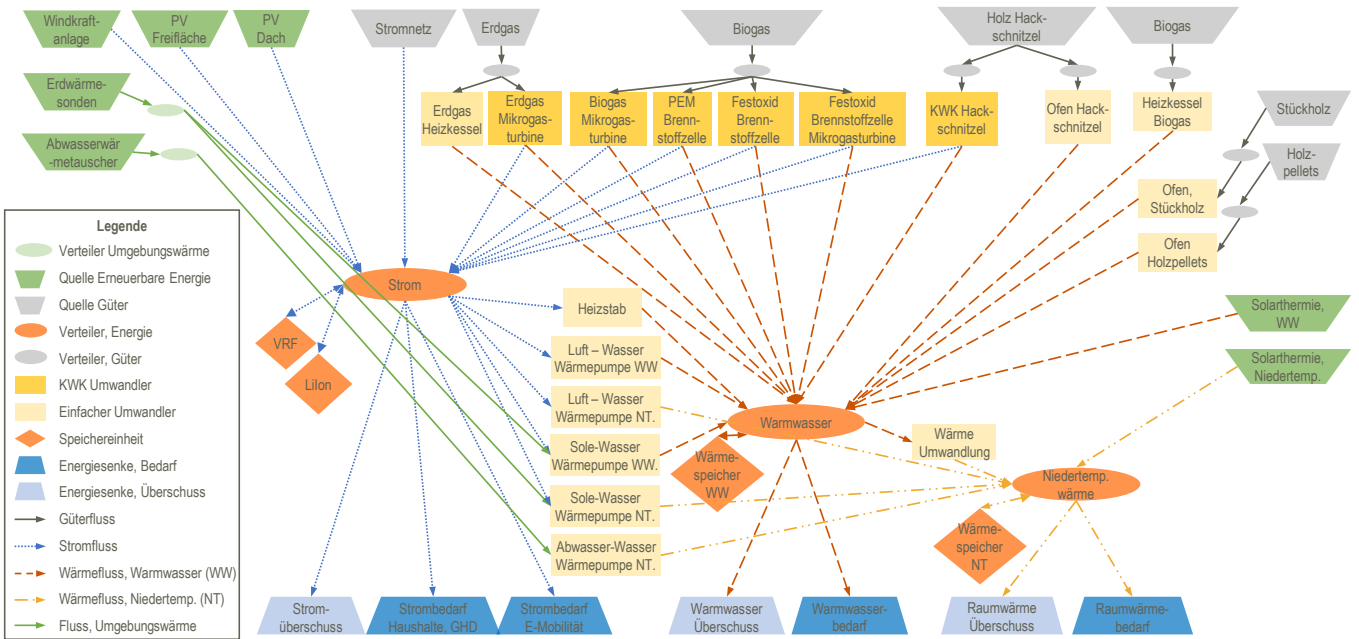
Mit der Institutsgründung und den neuen Studiengängen ist es gelungen, ein neues Schwerpunktthema an der Hochschule Pforzheim zu etablieren, das es so noch nicht gegeben hat und das weit in die Zukunft weist. Dabei ergeben sich auch neue Themen, die aus den Synergien von Professorinnen und Professoren, Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, drittmittelfinanzierten Forschungsprojekten, aber auch den Abschlussarbeiten der Studentinnen und Studenten entstehen.

Zum Beispiel: „Circular Economy“ (zirkuläres Wirtschaften). Das INEC befasst sich damit sowohl auf der Makro- wie auch auf der Mikroebene. Für das unternehmerische Handeln wird gemeinsam mit der Robert Bosch GmbH, dem Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz und der ipoint-systems GmbH erforscht, wie ein integriertes „Design for Circularity“ im industriellen Produktentwicklungsprozess funktionieren und IT-gestützt umgesetzt werden kann. Im Projekt MaReK wurde

untersucht, wie durch die Markierung von Kunststoffverpackungen mit einem Tracer-Material eine bessere Sortierung erreicht und ein qualitativ hochwertigeres Recycling ermöglicht werden kann. Zur Ermittlung einer fundierten Datengrundlage wurden die in gelben Säcken / Tonnen entsorgte Verpackungsabfälle von 238 deutschen Haushalten erfasst und charakterisiert. Auf der Makroebene ist das INEC Teil eines großen europäischen Forschungskonsortiums (u.a. Universität Utrecht, NTNU Trondheim, Uni Freiburg), das die Auswirkungen kreislaufwirtschaftlicher Maßnahmen auf den Klimaschutz modelliert.

LAEND – diesmal kein Werbegag

Ein wichtiges Forschungsgebiet am INEC ist die Integration von Nachhaltigkeitsbewertungen in der Energiesystemmodellierung. Im Mittelpunkt steht die Frage, wie sich die Transformation der Energiesysteme aus Klima-, Kosten- und Gesamtnachhaltigkeitssicht optimal erreichen lässt und auch, welche Zielkonflikte dabei entstehen. Auf nationaler Ebene wurde dies im Forschungsvorhaben InNOSys gemeinsam mit namhaften deutschen Energieforschungseinrichtungen untersucht und umfangreich publiziert. Auf der Ebene von einzelnen Stadtteilen und -quartieren setzt das INEC im Rahmen des InPEQT-Vorhabens eigene Energiesystemmodellierungs- und -optimierungstools ein und entwickelt diese weiter. Das open-source-Modell LAEND steht für „Life Cycle Assessment based Energy Decision“ und wurde erstmals 2020 veröffentlicht – übrigens deutlich vor der baden-württembergischen Charme-Offensive The LÄND. Tantiemen für letztere gibt's leider keine.



Bei so vielen Innovationen müssen diese natürlich auch noch selbst beforscht werden: Wie kann die Entwicklung nachhaltigkeitsorientierter Innovationen gefördert werden? Dies wurde im Forschungsprojekt InnoDiZ speziell für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) betrachtet, z.B. die Berücksichtigung der Umweltaspekte im Innovationsprozess von Unternehmen. Und schließlich spielen Innovationen auch bei Unternehmensgründungen eine wichtige Rolle. Im Projekt GrünNetz wurde ermittelt, welche Anforderungen grüne Startups bei der Kooperation mit vorhandenen Unternehmen haben.

neues Video über die beiden Studiengänge und die Inhalte des Instituts gedreht und in der Region gesendet. Mehr als 90 Sendungen „Weniger ist mehr“ sind dadurch entstanden und auch heute noch auf Youtube verfügbar (<https://www.youtube.com/@INECundREM/videos>). Inzwischen gibt es ein neues Format zusammen mit dem Moderator Kevin Gerwin „Es kommt darauf an“, mit dem Antworten auf lebenspraktische Frage rund um die Umwelt gegeben werden sollen. So finden die Forschungsergebnisse des INEC hoffentlich auch ihren Weg in den Alltag.

Tue Gutes und rede darüber

Klappern gehört zum Handwerk, heißt es. Für neue Studiengänge mit völlig neuen Themen war das lebenswichtig. Von 2011 bis 2020 wurde fast jeden Monat in Kooperation mit der PSD-Bank Karlsruhe-Neustadt und dem Lokalsender Baden-TV ein

DR. MARIO SCHMIDT
ist seit 1999 Professor an der Hochschule Pforzheim und Direktor des INEC.

DR. CLAUS LANG-KOETZ
ist seit 2015 Professor und stellvertretender Direktor des INEC.

> Neues Video-Format mit Kevin Gerwin, hier mit Professor Hendrik Lambrecht zum Thema Verpackung.

Screenshot von <https://youtu.be/yLPDFauo-5w>



DIN, ISO, VDI – Die Mühen der Normungsarbeit

Professor Mario Schmidt arbeitet seit über 15 Jahren in diversen Gremien mit, die Normen und Richtlinien entwickeln.* Hinter verschlossener Tür entstehen Regelwerke, die später in der Praxis eine große Bedeutung erlangen. Kaum ein Unternehmen kommt heute an der ISO 9001 für Qualitätsmanagement vorbei oder an der ISO 14001 für Umweltmanagement. **Wir öffnen etwas die Tür und fragen nach den Erfahrungen.**

*siehe auch Konturen 2009



VON CHRISTA WEHNER | erschienen in den KONTUREN HSPF 2023

Was bringt es, in Gremien und speziell in Normierungsgremien mitzuarbeiten?

Gute Frage. Zuerst die schlechte Nachricht: Die Mitarbeit ist ehrenamtlich, zeitraubend, oft auch mühsam und nervig. Denn da wird manchmal um jedes Wort gerungen. Auf der anderen Seite ist die Mitarbeit in Gremien enorm wichtig, um eigene Forschungsergebnisse und Erkenntnisse umzusetzen, mit den Fachkolleginnen und Kollegen in Austausch zu treten und sein Netzwerk zu verbreitern. Und die Hochschule zu vertreten!

In welchen Gremien arbeitest Du ehrenamtlich mit?

Aktuell in der Ressourcenkommission des Umweltbundesamtes und in der Jury zum Umweltzeichen Blauer Engel. Das sind aber keine Normierungsgremien, sondern Beratungsgremien. Beim Deutschen Institut für Normung, dem DIN, und der internationalen Entsprechung, der Internationalen Standardisierungsorganisation ISO, arbeite ich in der sogenannten 14000er Reihe für Umweltmanagement mit, und in der neuen 59000er Reihe für Circular Economy. Wichtig ist außer-

dem eine neue Norm zur Carbon Neutrality, die sogenannte ISO 14068. Dann leite ich die Gremien zur Materialflussrechnung beim DIN. Dazu kommt die Arbeit für die Richtlinien des Vereins Deutscher Ingenieure VDI zum Thema Ressourceneffizienz. Da leite ich auch Richtlinienausschüsse.

Hört sich viel an. Schafft man das zeitlich alles, neben Lehre und Forschung?

Vor vier Jahren wäre das in dieser Breite noch nicht gegangen. Da trafen sich die Gremien meistens in Präsenz und man war ständig unterwegs. Inzwischen findet das überwiegend online statt. Allerdings ist die Arbeit in internationalen Gremien schwierig, wenn ein gemeinsamer Time-Slot mit Japan, Europa und Amerika gefunden werden muss. Das ist sehr zeitintensiv und da halte ich mich etwas zurück.

Was wird in den Normen geregelt?

Das geht von Messverfahren über die Festlegung von Materialeigenschaften bis hin zu Berechnungsmethoden oder der Festlegung von Definitionen. Was ist zum Beispiel eine Recycling-

quote von einem Material? Zählen dazu nur End-of-Life-Abfälle oder auch Verarbeitungsschrotte aus der Industrie? Oder wie berechne ich einen Carbon Footprint? Welche Bilanzgrenzen müssen berücksichtigt werden? Wann darf ich von Klimaneutralität sprechen?

Stichwort Umsetzung eigener Ergebnisse – was bedeutet das? Entsteht mit Normen nicht einfach nur viel Papier?

Na ja, was bleibt von der eigenen Forschungsarbeit? Artikel oder Bücher, die im Schrank verstauben? Vielleicht ein Patent, das in Produkten oder Prozessen einer Firma genutzt wird oder ein Marketingkonzept, das einer Firma hilft, mehr Geld zu verdienen? Manchmal kann man im wahrsten Sinne des Wortes auch Standards setzen. An erster Stelle stehen natürlich Gesetze und Verordnungen, die eine große Wirkung auf die Gesellschaft haben. Ich habe es mal mit einer Umweltregelung bis in die Geschäftsordnung der Bundesregierung Kohl geschafft. Sie wurde dann zwei Jahre danach im Rahmen einer Entbürokratisierung wieder kassiert.

Das ist dann dicht an der Politik.

Ja, der Umwelt- und Nachhaltigkeitsbereich, in dem ich arbeite, ist sehr politisch. Tatsächlich muss man sich hier stets fragen, ob man noch Wissenschaftler oder schon ein halber Politiker ist. Ich entscheide mich da im Zweifel immer für die Wissenschaft. Unsere Währung ist – frei nach Luhmann – die Wahrheit oder die Erkenntnis. Das ist in der Politik nicht immer so. Die lebt von Mythen und Moden und was sich besser in der Öffentlichkeit verkaufen lässt. Die Arbeit in Normierungsgremien hebt sich da etwas ab und ist ein Korrektiv.

Inwiefern?

Da trifft man auf andere Experten und handelt mit ihnen eine Regelung aus, die dem aktuellen Wissen entspricht, zumindest meistens. Das hat dann indirekt auch einen großen Einfluss als sogenanntes untergesetzliches Regelwerk. Immer wenn es um den Stand der Technik geht, wird auf solche Normen und Richtlinien zurückgegriffen.

Wieso die Einschränkung „meistens“?

Die Zusammensetzung dieser Normierungsgremien ist demokratisch nicht legitimiert. Jeder, der sich berufen fühlt, kann theoretisch mitarbeiten,

muss allerdings von einer Institution entsendet werden. Die Ergebnisse entstehen aber im Konsens, das ist eine sehr wichtige und leider auch zeitraubende Regelung. In der Vergangenheit trafen sich im Umweltbereich tatsächlich die Experten, aus Wissenschaft, Wirtschaft, NGOs und Verwaltung. Selbst die Kollegen aus den Unternehmen waren an der Sache orientiert. Das hat sich mit der wachsenden Bedeutung von Klima und Circular Economy zumindest auf internationaler Ebene geändert. China nimmt über die Normierung massiven Einfluss auf die Industriepolitik, oft schon erpresserisch. Aber auch Vertreter aus benachbarten und befreundeten Nationen versuchen über die Normierung wirtschaftliche Interessen auszudrücken. Da wird dann hart gerungen.

In Deutschland ist das nicht so?

In Deutschland mangelt es an Freiwilligen, die diese Mühe auf sich nehmen. Die Arbeit ist ja unbezahlt. China dagegen finanziert seine Normungsarbeit, leitet zahlreiche Ausschüsse, z. B. zu so wichtigen Themen wie Seltene Erden oder Lithium. In Deutschland gibt es für die Normungsarbeit kaum Anerkennung, und erst recht kei-

ne Bezahlung. Deshalb nutzt die deutsche Politik die Normung nicht so, wie es derzeit notwendig wäre. Zwar hat man jetzt z. B. eine Normungs-Roadmap für Circular Economy aufgestellt, aber zur Umsetzung braucht man auch Menschen und damit Geld.

Was treibt Dich dann an, in solchen Gremien mitzuarbeiten?

Es ist einerseits der Kollateralnutzen, wenn ich das so bezeichnen darf. Man steht im engen Austausch mit anderen Kolleginnen und Kollegen, ist dadurch à jour. Das ist für die eigene Forschungsarbeit und auch für neue Projektanträge enorm wichtig. Außerdem wird es in der Begutachtung von Projekten positiv bewertet, wenn Forschungsergebnisse auch zu Normen führen.

Und andererseits?

Nicht für die Schublade zu produzieren. Ein bisschen will man selbst als Wissenschaftler bewegen.

DR. CHRISTA WEHNER

leitet die Redaktion der Hochschulzeitschrift KONTUREN.

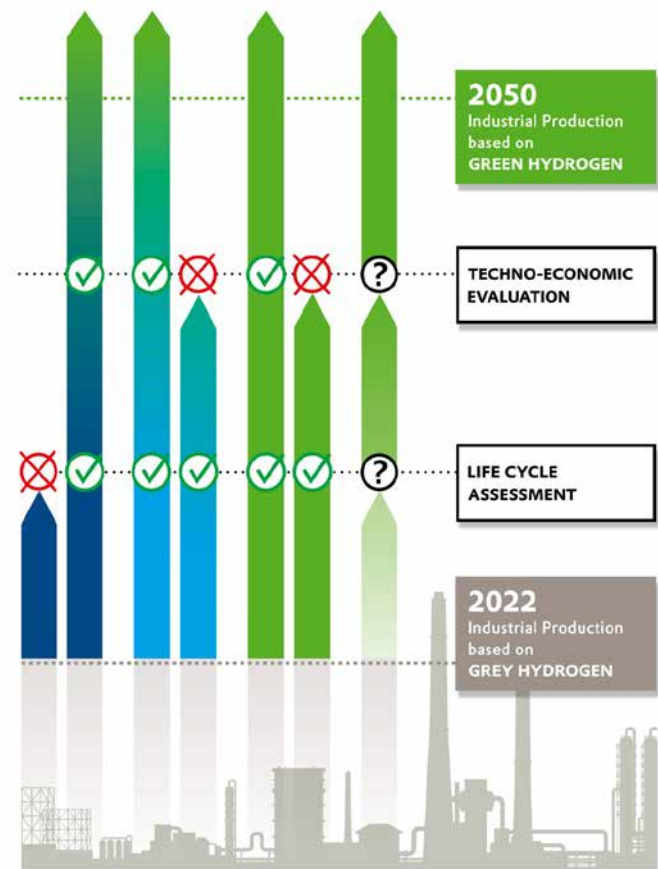


Das internationale ISO-Normungsgremium für die ISO 14051 zum Material Flow Cost Accounting im Jahr 2011. Foto: INEC

H₂ Chemie 2050

Transformation zu grünem Wasserstoff in der Chemischen Industrie: Wie kann das gelingen?

Wasserstoff? Ja klar! Den brauchen wir, am besten »grün« und möglichst schnell. Ganz so einfach ist es leider nicht, den knappen Stoff bereitzustellen. Nicht nur große Mengen an Energie, sondern auch Infrastrukturanpassungen, Prozessumstellungen, Kooperationen und passende politische Rahmenbedingungen werden benötigt.



VON MARCO RUDOLF, MARCO SCHMID, MAIKE-KATHARINA SENK
UND MELANIE APITZSCH-DELAVALT | erschienen in den KONTUREN HSPF 2023

Wie die Umstellung der Chemischen Industrie auf treibhausgasarmen Wasserstoff gelingen kann, untersuchen Forschende der Hochschule Pforzheim (INEC) gemeinsam mit dem Chemiekonzern Evonik Industries AG an dessen Produktionsstandort Rheinfelden.

Ohne das kleinste und häufigste Element im Universum geht nicht viel. Wasserstoff ist nicht nur zentraler Bestandteil allen Lebens – in Verbindung mit Sauerstoff zu Wasser –, sondern auch entscheidender Baustein der weltweiten Energiewende. Er wird insbesondere in Wirtschaftssektoren benötigt, deren Prozesse nicht – oder nur sehr schwer – elektrifizierbar sind, darunter auch die Chemieindustrie. Bislang stammen rund 95% des weltweit hergestellten Wasserstoffs aus Erdgas oder Kohle. Der Großteil davon wird als sogenannter „grauer“ Wasserstoff mittels Dampfreformierung gewonnen, wobei pro Tonne Wasserstoff zwischen 9 und 12 Tonnen CO₂ freigesetzt werden. Entscheidend für das Gelingen der Energiewende ist, dass die Wasserstoffherstellung treibhausgasarm wird. Das gelingt beispielsweise durch die Trennung von Wasser in dessen Bestandteile Sauerstoff und Wasserstoff per Elektrolyse unter Verwendung von Strom aus erneuerbaren Quellen. Der dabei entstehende Wasserstoff wird als „grüner“ Wasserstoff bezeichnet.

Systembetrachtung – Wasserstoff-Hub in Rheinfelden und der Region

Wie die Transformation der Chemischen Industrie zu einer hundertprozentigen Bedarfsdeckung mit treibhausgasarmem Wasserstoff gelingen kann, wird im von der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg geförderten Projekt H₂-Chemie 2050 untersucht. Dabei fokussieren die Forschenden des INEC und des Chemiekonzerns Evonik dessen Produktionsstandort in Rheinfelden am südlichen Oberrhein. Dort wird Wasserstoff bereits seit Jahrzehnten in großen Mengen aus Erdgas gewonnen und für die Herstellung verschiedener Produkte verwendet. Auch für die zukünftige Industrieproduktion, nicht nur am Standort Rheinfelden, sondern in der gesamten umliegenden Region, wird Wasserstoff eine entscheidende Rolle spielen. Verwendung findet dieser sowohl in direkter stofflicher Nutzung – wie am Evonik Standort in Rheinfelden – sowie zukünftig als Energieträger für nicht elektrifizierbare, hochenergetische Industrieprozesse. Voraussetzung für das Gelingen der Transformation und deren Beitrag zur Treibhausgasneutralität ist die Schaffung der entsprechenden Verfügbarkeit von Wasserstoff sowie die Sicherstellung einer treibhausgasarmen Herstellung. Perspektivisch können und sollen nicht nur Unternehmen der Chemieindustrie, sondern die gesamte Region Oberrhein vom Aufbau eines Wasserstoff-Hubs profitieren, in dem die Bereiche Industrie, Energie und Mobilität vernetzt sind.

Gelingen soll das in einer Region, in der bislang weder die Voraussetzungen für ausreichenden Wasserstoffimport noch für dessen wirtschaftliche Erzeugung auf Basis erneuerbarer Energien geschaffen sind. Die zu bewältigende Herausforderung besteht darin, technische Möglichkeiten, ökonomische Machbarkeit und ökologische Ziele zusammenzubringen und den optimalen Weg in Richtung eines treibhausgasneutralen Wasserstoff-Hubs in der Region zu bestimmen und einzuleiten.

Blicke in die Zukunft – Entscheidungsgrundlage für Industrie und Politik

Um kostspielige Irrwege – im ökonomischen als auch im ökologischen Sinne – auf dem Weg der Wasserstofftransformation zu vermeiden, entwickeln die Forschenden des INEC ein Energie- und Stoffstrommodell für die Projektregion, mit dem ein „Blick in die Zukunft“ ermöglicht wird. Unterstützt von der technischen und regionalen Expertise Evonik's fließen sowohl techno-ökonomische als auch ökobilanzielle Parameter der Wasserstoffherstellung, Transport und Speicherung in das Modell ein. Diese werden ergänzt durch weitere zukunftsrelevante Einflussfaktoren, etwa der zukünftigen Entwicklung des deutschen Strommixes, den regionalen Bedingungen für erneuerbare Energieerzeugung oder der voraussichtlichen Entwicklung des Wasserstoffbedarfs in der Region.

<

Identifizierung von Transformationspfaden zu grünem Wasserstoff in der Industrie basierend auf ökobilanziellen und techno-ökonomischen Modellanalysen.

Blick auf den Produktionsstandort von Evonik in Rheinfelden. Das Werk für Spezialchemie bildet den Ausgangspunkt des Energie- und Stoffstrommodells, welches Wege zu einem zukünftigem Wasserstoff-Hub in der Region aufzeigt. Bildrechte: HS PF

v

Die Ergebnisse der Analyse sollen in Form von relevanten Zukunftsszenarien eine belastbare Entscheidungsgrundlage liefern, mit deren Hilfe sowohl die ansässige Industrie als auch die Politik wichtige Schritte der Wasserstofftransformation einleiten können. Dabei geht es insbesondere um die Identifikation von „No-Regret“-Maßnahmen, die unabhängig von der zukünftigen realen Entwicklung ökonomischen und ökologischen Nutzen bringen.

Blaupause für andere Standorte

Zusätzliches Ziel des Projektes ist es, die entwickelten Modelle und gewonnenen Erkenntnisse auf andere Standorte zu übertragen, in Deutschland und darüber hinaus. **Das Projekt soll damit zu einer Blaupause für die Transformation der Chemischen Industrie hin zu grünem Wasserstoff werden.** Wichtig dabei ist: Jeder Standort ist anders und verfügt über unterschiedliche Voraussetzungen. Spezifische Ergebnisse des Projekts am Hochrhein werden nicht eins zu eins übertragbar sein. Es gilt daher, die Ergebnisse zu vereinfachen und allgemeine Erkenntnisse für die Transformation der Chemischen Industrie und den Aufbau regionaler Wasserstoff-Hubs zu gewinnen. Zusätzlich ist es perspektivisch möglich, das entwickelte Modell auf andere Standorte anzupassen, um spezifische Transformationspfade der jeweiligen Standorte zu optimieren.

Mit ersten Ergebnissen des Projekts H₂ Chemie 2050 ist im Frühjahr 2024 zu rechnen.

MARCO RUDOLF, MARCO SCHMID, MAIKE-KATHARINA SENK UND MELANIE APITZSCH-DELAVALT

sind wissenschaftliche Mitarbeiter*innen am Institut für Industrial Ecology (INEC).



Digitaler Produktpass – Ein Treiber für Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft?

VON MARLENE PREISS, CLAUS LANG-KOETZ UND TOBIAS VIERE | erschienen in den KONTUREN HSPF 2023

Im Sommersemester 2022 stand die **Ringvorlesung Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit** ganz im Zeichen der Digitalisierung und beschäftigte sich intensiv mit dem Oberthema »Digitaler Produktpass«.

Der digitale Produktpass ist ein Instrument, mit dem die Zusammensetzung eines Produkts (Komponenten, Materialien, chemische Substanzen) digital dargestellt und Informationen zu Reparierbarkeit, Ersatzteilen oder Entsorgung über den Lebenszyklus eines Produkts übermittelt werden können. Dieses Thema wird vor allem durch EU-Gesetzgebung (insbesondere im Rahmen des EU Green New Deals), aber auch branchenbezogene Standardisierungsaktivitäten vorangetrieben. Zukünftig soll es somit möglich sein zu wissen, wo und unter welchen Bedingungen Produkte hergestellt wurden, wie man sie unter Umweltsichtspunkten am besten nutzt und welche Rohstoffe man an ihrem Lebensende wieder aus ihnen zurückgewinnen kann.

Jörg Walden, Gründer der iPoint-systems GmbH, eröffnete die Reihe mit seinem Vortrag: „Digitaler Produktpass: Disruptiv in die zirkuläre Zukunft“. Er betonte die Aktualität des Themas, derzeit vergehe kaum ein

Tag, an dem nicht irgendwo ein Meeting, eine Tagung oder Präsentation zum digitalen Produktpass stattfindet. Walden ist überzeugt, dass sich Unternehmen zukünftig massiv verändern müssen, um mit den immer kürzer werdenden Innovationszyklen sowie den Anforderungen, die auf sie zukommen, mithalten zu können. Unternehmensgrenzen sieht er in Zukunft nicht mehr starr, sondern als „fluid“ an. Nur so könne es gelingen, Systeme zu schaffen, die die Daten nicht mehr nur durch einzelne Unternehmen schleusen, sondern alle in der Wertschöpfungskette miteinschließen. Solche Systeme sieht er als zentral für einen erfolgreichen Übergang zur Circular Economy mit einem schnellen Datenaustausch in der gesamten Wertschöpfungskette an. Damit können schlussendlich Produkte gemeinsam von Materialherstellern, Designern und Recyclern entwickelt werden. Die Transformation hin zur Kreislaufwirtschaft betrachtet Walden als einzige Möglichkeit, die Menschheit auf dem Planeten zu erhalten. Ohne neue

Denkweisen und integrative Konzepte werde dieser Übergang jedoch nicht gelingen.

In seinem Vortrag warf **Dr. Christian Kühne**, Geschäftsführer des THINK-TANK industrielle Ressourcenstrategien, die Frage „Digital Product Passport – das nächste „große Ding“!?“ auf. Seine Antwort fiel nicht ganz so euphorisch aus, wie man hätte erwarten können. Der digitale Produktpass könnte eine sinnvolle Sache sein, aber eben nur für ausgewählte Produkte und Anwendungsbereiche. Die Vorteile des Passes sieht Dr. Kühne bei komplexen und langlebigen Produkten wie beispielsweise Autos oder Rotoren von Windkraftanlagen, die am Lebensende aufwändig recycelt werden müssen und das richtige Maß an Wertigkeit und Komplexität mitbringen. Bei eher einfachen Produkten wie Schrauben und Joghurtbechern sieht er hingegen keinen Mehrwert durch einen digitalen Produktpass. Daher sollten zuerst die konkreten Produktanforderungen, die Zielgruppen und



» Den Übergang zur sogenannten Circular Economy schaffen wir nur, wenn sich die Software-Struktur grundlegend wandelt und den schnellen Austausch von Daten in der gesamten Wertschöpfungskette ermöglicht.«

Jörg Walden,
iPoint-systems GmbH

<
Geschäftsführer Jörg Walden
von der iPoint-systems GmbH.

alle Fotos: Alexandra Vogt

» Bei komplexen und langlebigen Produkten kann der digitale Produktpass einen Beitrag leisten, langfristig die enthaltenen Rohstoffe zu verwerten und zum Beispiel die Demontage zu unterstützen.«

Dr. Christian Kühne,
THINKTANK Industrielle
Ressourcenstrategien

>

Dr. Christian Kühne, Geschäftsführer des
THINKTANK Industrielle Ressourcenstrategien.



der tatsächliche Bedarf analysiert werden, bevor Standards festgelegt werden. Der Produktpass kann aus seiner Sicht das nächste „große Ding“ werden, aber nur für bestimmte Produktgruppen und unter der Prämisse einer internationalen Ausrichtung.

Jan Kosmol vom Umweltbundesamt ging in seinem Vortrag „Sorgfaltspflichten in mineralischen Rohstofflieferketten – Bezüge zum digitalen Produktpass“ auf die unterschiedlichen Zielsetzungen von Produktpass und Sorgfaltspflichtenregulierungen sowie auf mögliche Synergien ein. Unternehmerische Sorgfaltspflichten dienen in erster Linie zur Einhaltung von Menschenrechten und integrie-

ren den Umweltschutz zusätzlich. Sie sollen Unternehmen aktivieren, kooperativ schwerwiegende Missstände in globalen Wertschöpfungsketten sukzessive zu beseitigen. Der digitale Produktpass hingegen entstammt den Bemühungen um eine Green and Circular Economy. Konsumenten, Hersteller, Händler und Verwerter stellen entsprechende Informationen bereit und nutzen diese, um Klimaschutz und Nachhaltigkeit in der gesamten Wertschöpfungskette zu steigern. Die Realisierung der Sorgfaltspflichten sieht die Etablierung eines Managementsystems vor, wohingegen der Produktpass ein standardisierter Datensatz ist, der sich auf ein physisches Produkt bezieht. Beiden

Konzepten gemein ist, dass sie der Erreichung des UN-Nachhaltigkeitsziels 12: „Nachhaltigkeit von Konsum und Produktion steigern“ dienen sollen. Mögliche Synergien ergeben sich im Bereich Daten. Eine konkrete Verknüpfung diesbezüglich fehlt derzeit aber noch in den aktuellen Regulierungsinitiativen wie der EU Batterieverordnung und der EU Ökodesign-Richtlinie.

Der Referent vom Wuppertal Institut, Dr. Holger Berg, stellte das aktuelle Konzept des digitalen Produktpasses sowie den politischen Rahmen von EU und Bundesregierung vor. Der Produktpass wird derzeit stark von der Politik und insbesondere der EU-Kommission getrieben. Aber auch der Ko-

>>



^

Jan Kosmol vom Umweltbundesamt (Mitte) mit den INEC-Vertretern Benjamin Fritz, Professor Dr. Mario Schmidt, Pia Heidak und Florian Bodrogi, die in Forschungsprojekten zu mineralischen Rohstoffen und deren Nachverfolgung arbeiten.

» Die wesentliche Frage ist, wie Daten, die im Zuge der Sorgfaltspflichten generiert wurden, für den Produktpass nutzbar werden, und andersherum.«

Jan Kosmol,
Umweltbundesamt

» Der digitale Produktpass ist sicher eine notwendige Bedingung für die Kreislaufwirtschaft, jedoch keine hinreichende.«

Dr. Holger Berg,
Wuppertal Institut

> Professor Dr. Claus Lang-Koetz,
Dr. Holger Berg vom Wuppertal Institut,
Larissa Coblenzer, die am INEC im
Forschungsprojekt ReDiBlock tätig ist,
und Professor Dr. Mario Schmidt.



alitionsvertrag der Bundesregierung enthält eine Produktpass-Roadmap. Die Frage ist daher nicht mehr, ob der Produktpass kommt, sondern wann er kommt, wie er aussehen wird und wer ihn benötigt. Erste detaillierte Angaben hierzu finden sich im Proposal for Ecodesign for Sustainable Products Regulation der EU. Als erste Produktgruppe soll der Produktpass für Batterien umgesetzt werden, gefolgt von Textilien, chemischen Erzeugnissen und Elektrogeräten. Dr. Berg sieht im digitalen Produktpass eine große Chance, Kreislaufwirtschaft zu ermöglichen. Eine wichtige offene Frage ist hierbei, ob es gelingen kann, dass der Produktpass kaskadiert. Darunter versteht er, dass er sich von Materialien über Komponenten bis hin zu fertigen Produkten zusammensetzt und dann im Zuge des Recyclings wiederum in mehrere Produktpässe aufgespalten wird, gemäß der durch Recycling entstandenen Teilkomponenten und -werkstoffe. Eng damit verbunden ist die Frage, wann das Leben eines Produktpasses endet.

Zum Abschluss der Vortragsreihe sprach **Tim Bartram** von der GS1 Germany GmbH über die Herausforderungen für Industrie, Handel und Behörden durch den digitalen Produktpass. Der aktuell bekannteste GS1 Standard ist die sogenannte Global Trade Item Number (GTIN, ehem. EAN). Diese findet sich unter dem Barcode und identifiziert seit 50 Jahren Produkte global und eindeutig. Ziel von Standards wie der GTIN ist es, Produkte oder andere Vermögenswerte weltweit eindeutig zu identifizieren, relevante Informationen zu erfassen und verlässliche Informationen mit anderen Partnern der Wertschöpfungsnetzwerke zu teilen. Anhand eines Schokoriegels zeigte Herr Bartram auf, wie schnell die Menge an notwendigen Daten innerhalb eines Wertschöpfungsnetzwerkes ansteigt, da die Logistik, der Handel, Behörden und der Kunde Zugriff auf unterschiedliche Informationen erfordern. Anhand zweier Produkte, die mit einem digitalen Wasserzeichen versehen sind, gab er dem Publikum die Möglichkeit,

selbst mit dem Smartphone die hinterlegten Produktinformationen abzurufen. Eine wichtige Frage, die es laut Bartram noch zu lösen gilt, ist wie die Interoperabilität zwischen verschiedenen Systemen, die Daten für den Pass zur Verfügung stellen, erreicht und gewährleistet werden kann.

Mit der Vortragsreihe ist es gelungen, dem Publikum einen breit gefächerten Einblick in den digitalen Produktpass zu geben. Dieses aktuelle Thema wurde aus verschiedenen Perspektiven dargestellt und Herausforderungen und Implikationen für Industrie und Forschung dargestellt.

MARLENE PREISS
ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Industrial Ecology (INEC).
DR. CLAUS LANG-KOETZ
ist Professor für Nachhaltiges Technologie- und Innovationsmanagement.
DR. TOBIAS VIERE
ist Professor für Energie- und Stoffstromanalyse.



» Weltweit sind mehr als 110 Millionen Produkte mit Barcodes ausgezeichnet, und über 6 Milliarden Barcodes werden täglich gescannt.«

Tim Bartram,
GS1 Germany GmbH

< Professor Dr. Claus Lang-Koetz, Tim Bartram
von der GS1 Germany GmbH und Instituts-
geschäftsführer Dr. Christian Haubach.

ReDiBlock

Ressourcenschonung durch Distributed-Ledger- und Blockchain-Technologie für die industrielle Produktion und Kreislaufwirtschaft

VON LARISSA COBLENZER

In der mineralischen Rohstoffwirtschaft stehen Unternehmen vor zahlreichen neuen Informationspflichten. Neben dem Dodd Frank-Act (Sec. 1502) und der Konfliktmineralienverordnung der EU werden zukünftig noch weitere Vorgaben erwartet. Darunter auch Regelungen, die die Rohstoff- und Edelmetallwirtschaft erst auf den zweiten Blick, dafür aber umso stärker betreffen – wie die EU-Pläne für Sustainable Finance und der digitale Produktpass.

In der Vergangenheit hatten Unternehmen oftmals Schwierigkeiten, neue Pflichten rechtzeitig zu erfüllen, sobald sie in Kraft treten und von Gesetzgebern sowie Abnehmern gefordert werden.

Die Notwendigkeit, physische Stoff- und Güterströme über den gesamten Produktkreislauf hinweg zu qualifizieren, quantifizieren, analysieren und zu bewerten, um eine effiziente Steuerung zu ermöglichen, ist evident. Jedoch fehlt es in der Praxis oft an einer effektiven Datengrundlage für alle Akteure in Wertschöpfungs- und Kreislaufwirtschaftsnetzwerken. Häufig sind branchen- oder produktspezifische Insellösungen anzutreffen.

Genau hier setzt das Forschungsprojekt ReDiBlock an, an dem neben dem INEC der Thinktank Industrielle Ressourcenstrategien und das Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren am Karlsruher Institut für Technologie (KIT AIFB) sowie das Software-Unternehmen ipoint systems GmbH in Reutlingen beteiligt waren. Das Ziel war die Entwicklung einer transparenten und

manipulationssicheren Informationsaustauschplattform entlang von Wertschöpfungsketten, basierend auf der Distributed-Ledger (DLT) bzw. Blockchain-Technologie. Dadurch entstand die Grundlage für eine ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft, die einen sicheren und effizienten Austausch von Informationen – wie Material, Energie, Produktion, Verarbeitung, Qualität, Wartung und Recycling – zwischen verschiedenen Akteuren ermöglicht. In einer Zeit, in der eine nachhaltige Wirtschaftsführung immer entscheidender wird, bietet ReDiBlock eine innovative Lösung, um die Herausforderungen der Ressourcenschonung und des nachhaltigen Produktlebenszyklusmanagements anzugehen.

Konzept

Im Rahmen des Projekts wurde ein allgemeines Systemkonzept entwickelt, aus welchem ein anwendungsspezifisches Konzept abgeleitet wurde. Letzteres wurde mit der Scheideanstalt C.Hafner GmbH + Co. KG aus Pforzheim entwickelt, getestet und evaluiert. Beide Konzepte basieren auf der DLT, da sich diese für eine effektive Datengrundlage in der Wertschöpfungskette eignet. Distributed Ledger, eine dezentrale Datenbank, arbeitet durch Verschlüsselung, Konsens-Algorithmen und miteinander verknüpften Informationsblöcke, um Transaktionen unveränderbar, transparent und nachvollziehbar zu gestalten. Die somit kontinuierlich wachsende Informationskette kann von berechtigten Netzwerkteilnehmern eingesehen werden. Sie gewährleistet eine vertrauenswürdige und lückenlose Überprüfung von der Rohmaterialgewinnung bis hin zum Endkunden, wobei gleichzeitig Datenschutz, Betriebsgeheimnisse und Anonymität berücksichtigt werden.

>>

<
Das ReDiBlock Team zu Gast bei der Gold- und Silberscheideanstalt C.Hafner GmbH + Co.KG in Wimsheim. Von links: Christian Bergemann, Mikael Beyene, Larissa Coblenzer, Florian Bodrogi, Maria Dos Santos, Frauke Hänel.
Bildrechte: INEC



Der Weg zum Produktpass und Zertifikat

Der materialgebundene Produktpass (Abb. 1) verfolgt den Lebenszyklus eines Produkts von der Rohstoffgewinnung bis zum Endverbraucher und dem Recycling und nutzt die Produktketten-Modelle der Identitätssicherung¹ und der Massensegregation². Er ist immer dann Bestandteil des Systemkonzeptes, wenn es mit vertretbarem Aufwand möglich ist, digitale Produktpässe dauerhaft mit einem physischen Objekt zu verknüpfen.

Im Anwendungsfall sammelt ein Lieferant Altgold (bspw. Schmuck) und übergibt es als Schüttgut an C.Hafner. Gewicht, Herkunft und weitere Merkmale werden im DLT-System erfasst. C.Hafner nimmt das Schüttgut an, welches eindeutig als Old Scrap³ identifiziert werden kann, scheidet es in seine Materialbestandteile, erstellt einen Nachweis, dass es sich um Old Scrap, also um „echtes“ Recyclinggold, handelt und produziert einen Goldbarren aus dem Material. Da der Goldbarren als physisches Objekt durch Seriennummer, Gewicht und optische Merkmale auf der Verpackung (QR-Code) mit dem digitalen Produktpass verknüpft wird, entsteht an dieser Stelle der materialgebundene Produktpass. Der verpackte Barren inkl. Produktpass geht im nächsten Schritt an den Händler, der beim Verkauf an den Verbraucher Daten wie HändlerID und Verkaufsdatum/-ort in der Blockchain hinter-

legt. Der Verbraucher hat letztendlich die Möglichkeit den Goldbarren inkl. Produktpass erneut dem Kreislauf zuzuführen.

Neben dem materialgebundenen digitalen Produktpass gibt es auch materialungebundene Zertifikate (Abb.2). Sie ermöglichen die Nachverfolgung von Rohstoffen oder Produkten, die sich aufgrund von Verarbeitungs-/Umwandlungsprozessen physisch nicht an den digitalen Produktpass binden lassen und basieren auf dem Produktketten-Modell des „Book and Claim“⁴. Die rechnerische Nachverfolgung mittels Zertifikaten ist weniger aufwendig als die physische mittels digitaler Produktpässe. Entsprechend kann ersteres auch eingesetzt werden, wenn letzteres zu aufwändig wäre oder keinen Mehrwert bietet. Zertifikate eignen sich, wenn die massenbilanzielle Verfolgung als Nachweis genügt. Akzeptieren Abnehmer z.B., dass es sich rein bilanziell um Old Scrap handelt, eignet sich das Zertifikatsystem.

Das Zertifikat wird in diesem Fall unabhängig vom Material gehandelt, was zu einem neuen Geschäftsmodell führen kann. C.Hafner könnte in diesem Beispiel ein Recyclingnachweis-Zertifikat ohne Material an einen Verarbeiter oder Händler verkaufen. Das Zertifikat wird ausgebucht und es bleibt physisches Recyclingmaterial ohne Zertifikat zurück. Im System wird garantiert, dass nicht mehr Nachweise generiert werden, als Old Scrap-Material verarbeitet wird. Die Zertifikate können nun beim

Abbildung 1: Anwendungsspezifisches Konzept – materialgebundener Produktpass

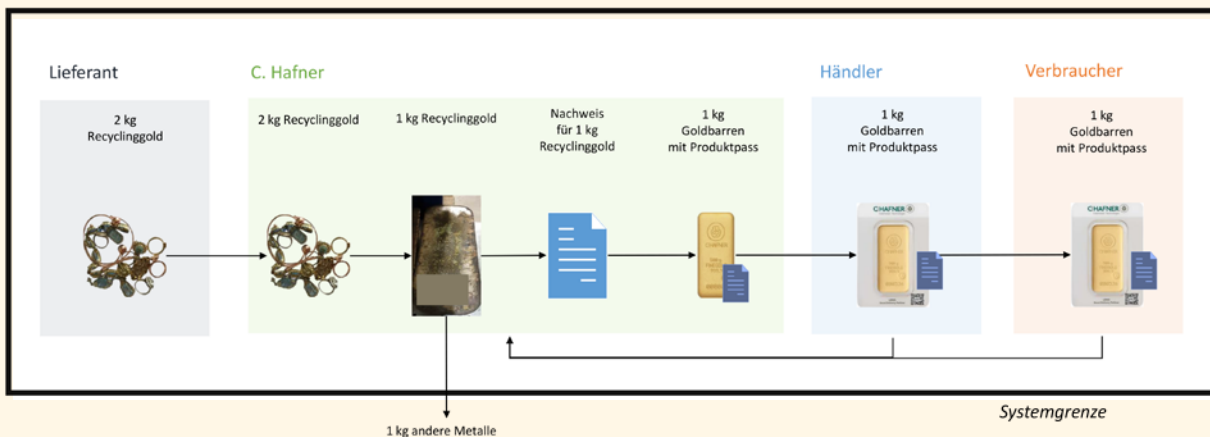
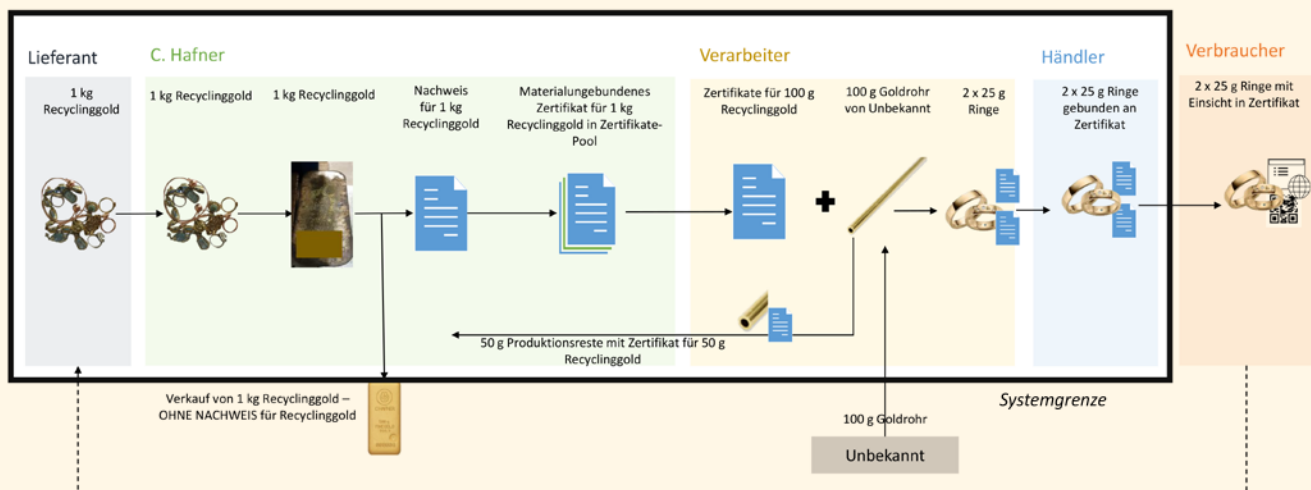


Abbildung 2: Anwendungsspezifisches Konzept – materialungebundenes Zertifikat





Das ReDiBlock-Team beim Abschlusstreffen im März 2023 an der Hochschule in Pforzheim. Von links: Mario Schmidt¹, Ali Sunyaev², Stefan Schiffer³, Sven Doleski⁴, Frauke Hänel⁴, Christian Bergemann⁵, Larissa Coblenzer¹, Christian Kühne⁵, Sandra Popp⁶, Eduard Stefanescu⁶, Florian Bodrogi¹, Carolin Hampel⁶, Mikael Beyene², Philipp Reiser⁶. Foto: INEC

1 INEC | 2 KIT (AIFB) | 3 efg - Eduard G. Fidel GmbH | 4 iPoint | 5 Thinktank industrielle Ressourcenstrategien | 6 C.Hafner GmbH + Ko.KG

Verarbeiter mit Material aus unbekannter Herkunft vereint werden, da es sich laut Massenbilanz um Recyclingmaterial handelt. Das materialungebundene Zertifikat kann auch in zirkulären Wertschöpfungsketten übermittelt werden, indem es bspw. vom Verarbeiter oder Händler zurück zum Zertifikatersteller geführt wird.

Verbraucher befinden sich außerhalb der Systemgrenze und können nicht mit dem Zertifikat handeln, da dies zu einer Zertifikate-Akkumulation am Markt führen könnte.

Die Zertifikate können von unterschiedlichen Akteuren eines DLT-Systems in Umlauf gebracht werden. Sinnvoll ist, dass sich die Akteure eines Zertifikate-Handels vorab einigen, welche Akteure die Berechtigung zum Erstellen von Zertifikaten erhalten. Die Zertifikatserstellung sollte für alle Teilnehmer des Systems sowie Stakeholder vertrauenswürdig und transparent sein, etwa durch die Durchführung von Auditierungen des Erstellers.

¹ **Identitätssicherung:** Materialien bzw. Produkte können einzeln durch eine Wertschöpfungskette hindurch nachverfolgt werden, physische Trennung von allen anderen Objekten, zu jedem Zeitpunkt eineindeutig identifizierbar, wird auch als hard IP oder track and trace bezeichnet.

² **Segregation:** physische Trennung von Materialien bzw. Produkten mit einer bestimmten Eigenschaft von den Materialien bzw. Produkten ohne diese bestimmte Eigenschaft, Unterschied zur Identitätssicherung ist: Objekte mit gleichen Eigenschaften dürfen vermischt werden, eine Vermischung mit Gütern ohne die betrachtete Eigenheit erfolgt nicht, wird auch als bulk commodity oder soft IP bezeichnet.

³ **Altschrott:** ist Metall in Produkten, welche das Ende ihrer Nutzung erreicht haben.

⁴ **Massenbilanz:** Ansatz sieht ausdrücklich vor, dass Objekte mit einer betrachteten Eigenschaft mit Objekten ohne jene Eigenschaft vermischt werden dürfen; Kontrolle, dass nicht mehr Güter mit einer bestimmten Eigenschaft einen Bilanzraum verlassen, als zuvor in diesen Bilanzraum gelangt sind; Nachverfolgung der Materialströme erfolgt nicht durch physische Trennung, sondern rechnerisch; auch als blending bekannt.

Quellen von **1, 2, 4:** ISEAL Alliance (2016): Chain of custody models and definitions. (Version 1.0) https://www.isealalliance.org/sites/default/files/resource/2017-11/ISEAL_Chain_of_Custody_Models_Guidance_September_2016.pdf; ISO 22095:2020(E): Chain of custody — General terminology and models. <https://www.iso.org/standard/72532.html>

Übertragbarkeit auf andere Branchen

Die Edelmetallindustrie eignete sich sehr gut als Fallbeispiel, da hier strenge Branchenanforderungen, vor allem was Transparenz, Nachvollziehbarkeit, Konformität und Geheimhaltung angehen, beachtet werden müssen. Anforderungen an Zertifizierungen sowie Gesetzeskonformität können mit dem entwickelten DLT-Ansatz leichter erfüllt und nachgewiesen werden. Ebenso kann das Carbon Footprinting entlang der Lieferkette in der DLT abgebildet werden. Hierfür bedarf es weiterer Gespräche und Standards innerhalb der Lieferkette sowie einer Einigung über Bilanzierungsmethoden und –grenzen. Gleichzeitig können die detaillierten Erkenntnisse der Fallstudie auch auf andere Branchen übertragen werden.

Sowohl der materialgebundene Produktpass als auch das materialungebundene Zertifikat existieren gemeinsam in einem System und bilden keine isolierten Inselösungen. Durch vielfältige Kombinations- und Erweiterungsoptionen können sie verschiedene Branchen auf künftige Informationspflichten und Gesetze vorbereiten.

Insgesamt bietet das Projekt ReDiBlock eine wegweisende Möglichkeit, den Übergang zu einer ressourceneffizienten und nachhaltigen Industrie zu fördern, indem es eine vertrauenswürdige Plattform für den sicheren Austausch von Informationen entlang von Wertschöpfungsketten schafft.

LARISSA COBLENZER

ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Industrial Ecology (INEC).

greenProd

Wie die Industrie die Herausforderungen der Energiewende meistern kann



VON FELIX BISCHOFF UND INGELA TIETZE

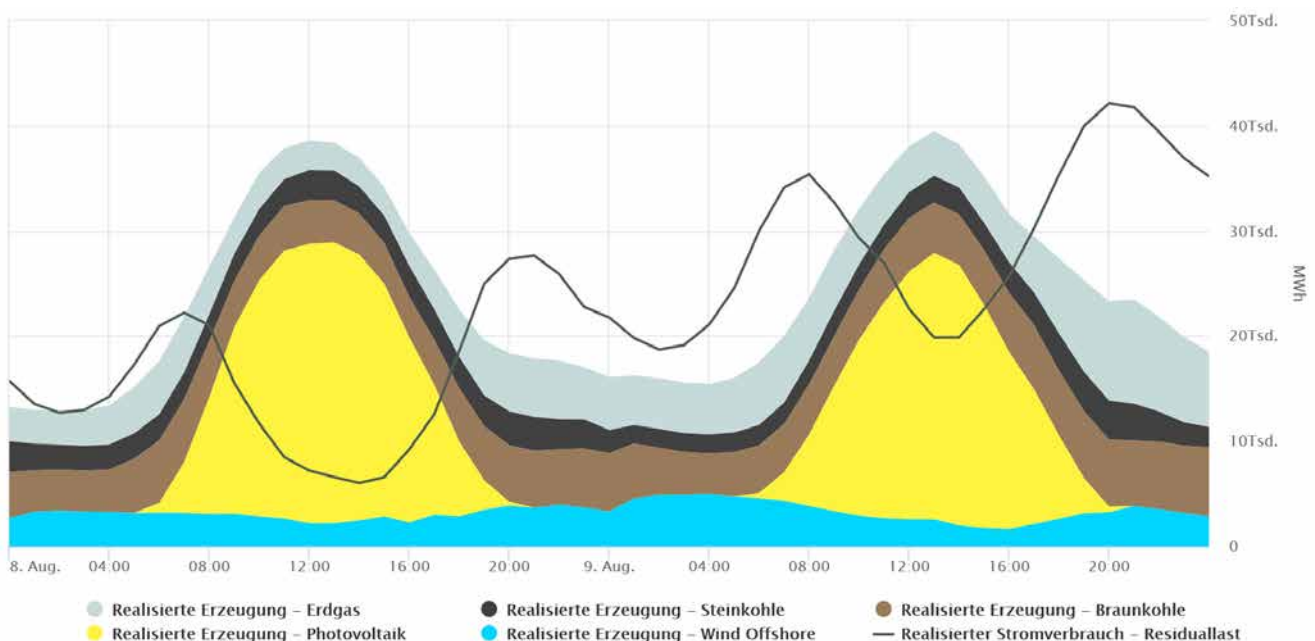
Das Forschungsprojekt »greenProd – Energieoptimierte Produktion mit Hilfe von grünen digitalen Zwillingen« wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) im Rahmen des Förderprogramms »Entwicklung digitaler Technologien« gefördert. Ein interdisziplinäres Forschungsteam mit sechs weiteren Partnern im In- und Ausland arbeitet an der Transformation der produzierenden Industrie im Hinblick auf eine verstärkte Nutzung von regenerativer Energie.

Die Zielsetzungen der Energie- und Klimapolitik erfordern eine Veränderung der gesamten Energiewirtschaft. Vor diesem Hintergrund ist in Deutschland ein tiefgreifender Umgestaltungsprozess eingeleitet worden. Die Energiewende soll den Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien voranbringen, sowie eine sichere, bezahlbare und umweltschonende Energieversorgung ermöglichen. Da die Versorgung mit regenerativer Energie maßgeblich vom Wetter abhängig ist, ergeben sich im Tagesverlauf Überschüsse und Defizite. Zwar gibt es bereits Bestrebungen, die Stromerzeugung auf die Nachfrage der

Verbraucher abzustimmen, in Zukunft bedarf es jedoch zusätzlich einer flexiblen Produktion, die dynamisch auf das veränderliche Energieangebot reagiert.

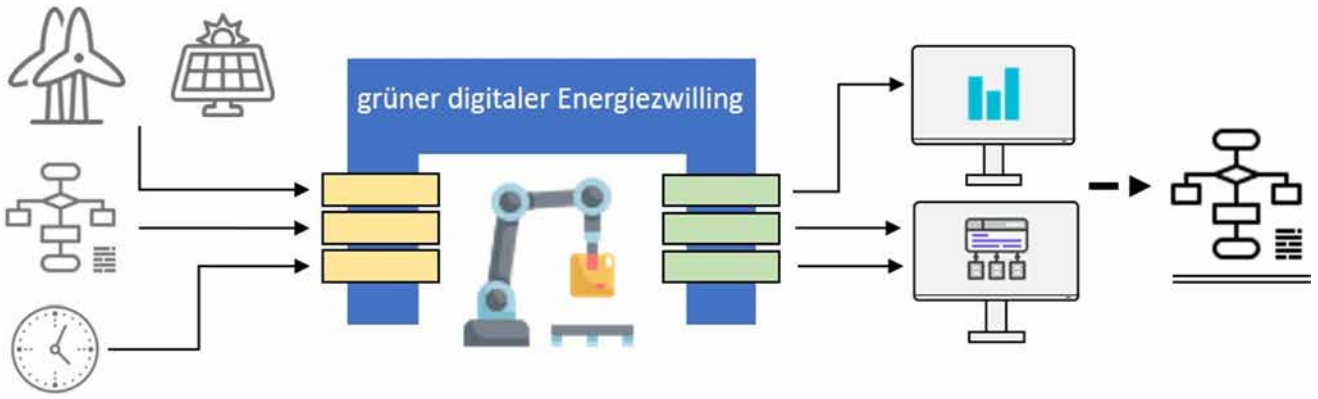
Die Defizite im deutschen Stromnetz werden zum Großteil durch den Einsatz fossiler Kraftwerke ausgeglichen, wodurch CO₂ Emissionen entstehen. Überschüsse sind ebenfalls problematisch, da das Stromnetz nur bis zu einer bestimmten Grenze belastet werden kann. Auf dem Strommarkt werden diese Überschüsse deshalb teilweise zu negativen Preisen abgegeben. Eine höhere Flexibilität auf der Verbraucherseite könnte die Preisfluktuationen am Strommarkt

Abbildung 1: Stromerzeugung in Baden-Württemberg



Quelle: SMARD Strommarktdaten

Abbildung 2: Darstellung eines gDEZ mit möglichen Schnittstellen



Quelle: Icons von icons8.com

verringern. Dies ist aktuell jedoch schwer umzusetzen, da die Produktionsanlagen der Industrieunternehmen in der Regel statisch und basierend auf dem aktuellen Bedarf betrieben werden. Eine Steuerung, die sich zum Beispiel an der Verfügbarkeit grüner Energie orientiert, ist nur begrenzt möglich. Es fehlen die notwendigen herstellerübergreifenden Schnittstellen und digitalen Modelle, die eine solche Steuerung zulassen. Darüber hinaus sind die technischen Anpassungen und der Ausbau von PV-Anlagen zur Eigenerzeugung von grünem Strom mit Investitionen verbunden. Ebenso ist es aktuell schwierig, die tatsächlich entstandenen CO₂ Emissionen direkt einem Produkt zuzuordnen.

Im Forschungsvorhaben greenProd wird untersucht, wie die Produktionsprozesse der produzierenden Industrie im Hinblick auf die Nutzung regenerativer Energiequellen optimiert werden können, um die Wettbewerbsfähigkeit zu steigern und die CO₂ Emissionen zu verringern.

Dies wird durch digitale Zwillinge realisiert, die als digitale Stellvertreter von Maschinen und Anlagen den Energieverbrauch (Strom, Wärme etc.) in einem digitalen Modell nachbilden. Dafür werden grüne digitale Energiezwillinge (gDEZ) entwickelt, die basierend auf der Industrie 4.0 Verwaltungsschale den Energieverbrauch von Produktionsschritten sowie die Verfügbarkeit grüner Energie mittels Prognosemodellen beschreiben. Ebenfalls wird eine Softwareplattform entwickelt, die die gDEZ bei den Anwendern integriert, die energieoptimierte Automatisierung der Fertigung unterstützt und Informationen für den digitalen Produktpass bereitstellt.

Dazu müssen Informationsmodelle in Form vorkonfigurierter gDEZ entwickelt und in die eingesetzten Werkzeuge integriert werden, wozu standardisierte Datenmodelle – im Format AutomationML – und eine vereinfachte Automatisierungssoftware auf der Basis einer domänenspezifischen Sprache (DSL) benötigt werden. Zur Programmierung werden definierte Schnittstellen genutzt, welche die beteiligten Softwarewerkzeuge befähigen, den gDEZ in ihre Aufgaben einzubeziehen. Da das Spektrum der Verbraucher relativ heterogen ist, werden zusätzlich entsprechende Ontologien eingesetzt.

Vision

Die Verbindung grüner digitaler Energiezwillinge von Erzeugern, Verbrauchern und Speichern zu einem Gesamtmodell (Produktionssystem bzw. Produktionskette) ermöglicht eine Analyse wechselseitiger Abhängigkeiten einzelner Produktionsschritte. Dadurch können Optimierungspotentiale abgeleitet und simuliert werden. Energieintensive Arbeitsschritte können verlagert und vorrangig dann durchgeführt werden, wenn ein Überschuss an regenerativer Energie im Netz verfügbar ist oder selbst erzeugt, grüner Strom zur Verfügung steht. Die Vision des greenProd-Teams ist es, eine optimierte Prozessplanung für Produktionsschritte und gegebenenfalls vorbereitende Aktivitäten zu ermöglichen und damit einen reduzierten CO₂-Fußabdruck der fertiggestellten Produkte zu erreichen. Dies beinhaltet auch die Betrachtung, inwieweit Investitionen in eine betriebsinterne Erzeugungstechnologie, wie zum Beispiel eine PV-Anlage, sinnvoll sind.

FELIX BISCHOFF
ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am INEC.
DR.-ING. INGELA TIETZE
ist Professorin für Nachhaltige Energiewirtschaft und Prorektorin der Hochschule Pforzheim.



Kreislauf E-Wende

Durch Recycling den Rohstoffbedarf der Energiewende mindern

VON PIA HEIDAK UND MARLON PATT

Bei dem BMBF-geförderten Projekt Kreislauf-E-Wende geht es um die Frage, welche Potentiale zur Minderung von Treibhausgasen in Materialkreisläufen von energietechnischen Anlagen stecken. Zusammen mit den Projektpartnern der TU Darmstadt, der Forschungsstelle für Energie (FfE) und Siemens Energy aus Erlangen werden Analysen durchgeführt und die erforderlichen Methoden dafür entwickelt.

Der Materialbedarf für die Umsetzung der Energiewende durch den Bau von Netzinfrastruktur, Speichertechnologien und Erneuerbaren Energie-Anlagen ist enorm. In der gesamten EU wird bis 2050 beispielsweise für den Photovoltaik-Ausbau mit einem Anstieg des Siliziumbedarfs von gut 70 % gegenüber dem heutigen Bedarf in der EU gerechnet. Der Mehrbedarf an Nickel und Zink alleine für den Windturbinenausbau wird auf knapp 10 % (Ni) und 25 % (Zn) geschätzt. Der Bedarf einiger Seltener Erden und Technologiemetalle erhöht sich noch ungleich stärker und auch Massenmetalle werden in großen Mengen verbaut. Daher ist es wesentlich, die mit der Materialherstellung einhergehenden Treibhausgasemissionen zu vermindern sowie mögliche Versorgungsrisiken durch kritische Rohmaterialien zu reduzieren. Einen wesentlichen Beitrag hierfür erwar-

tet man von Maßnahmen der Circular Economy. *Abbildung 1* zeigt beispielhaft, welche kreislaufwirtschaftlichen Maßnahmen im Lebenszyklus einer Photovoltaikanlage zur Anwendung kommen können.

Um möglichst zielgerichtete und effiziente Maßnahmen der Circular Economy zu identifizieren und die damit einhergehenden Einsparungen an Treibhausgasemissionen zu bilanzieren, ist eine Erfassung des gesamten Lebenszyklus von Anlagen und Komponenten auf Basis des Life Cycle Assessment (LCA, dt. Ökobilanz) sowie die erforderlichen Aufwendungen für Maßnahmen der Circular Economy erforderlich. Es stellt sich zum Beispiel die Frage, wann ein geeigneter Break-Even-Punkt für die Erneuerung oder den Ersatz älterer Anlagen ist, da die schnelle Transformation des Energiesystems auch den Ersatz noch funktionsfähiger, weniger effizienter Anlagen beinhaltet – also ab welchem Zeitpunkt die eingesparten Treibhausgasemissionen durch z.B. ein effizienteres Windrad jene Emissionen, die seine Herstellung verursacht, überwiegen.

Zeitabhängige Ökobilanz erforderlich

Für die Analysemethoden bedeutet dies, dass der Faktor Zeit mitberücksichtigt werden muss, was eine große Herausforderung bezüglich der Daten und der Algorithmen darstellt. In dem gemeinsamen Projektkonsortium wird an den notwendigen Bilanzierungstools gearbeitet, um diese Fragestellungen beantworten zu können. Denn eine zentrale Herausforderung für verfügbare ökobilanzielle Instrumente ist die Abbildung zukünftiger Materialkreisläufe und der zeitlichen Dynamik, die sich über die vergleichsweise lange Nutzungsdauer der Anlagen und Komponenten ergibt. Das trifft einerseits auf methodische Fragen zu, wie z.B. der Zuordnung von Treibhausgas-Einsparungen aus dem Recycling auf die unterschiedlichen Akteure, andererseits auf die zugrundeliegenden Daten, die sich üblicherweise nur auf heutige Produktionssysteme beziehen. Beide Aspekte müssen zudem in ökobilanziellen Software-Tools implementiert werden, um eine Anwendung in der Praxis zu gewährleisten. Deshalb ist auch der

Hintergrund-Foto:
© DeVice – Fotolia.

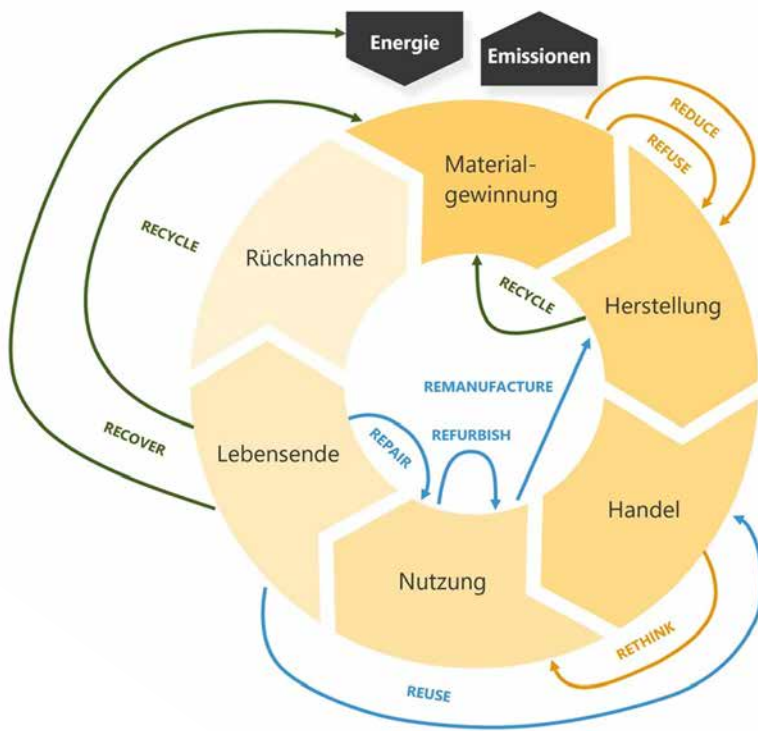


Abbildung 1: Veranschaulichung möglicher CE-Maßnahmen im Photovoltaik-Lebenszyklus

Abbildung bereitgestellt durch unseren Projektpartner FfE, nach Lacy et al. (2014): *Circular Advantage - Innovative Business Models and Technologies to Create Value in a World without Limits to Growth*. Hg. v. Accenture Strategy. Dublin.

deren Mehrbedarf besonders hohe Treibhausgasemissionen nach sich zieht. Wenig überraschend waren das vor allem die Massenmetalle Eisen und Stahl, Kupfer, Silizium, Aluminium sowie zusätzlich auch Zement und glasfaser- und carbonfaserverstärkter Kunststoff. Um die zukünftigen Entwicklungen in der Herstellung dieser treibhausgasrelevanten Materialien mit einzubeziehen, werden LCA-Modelle entwickelt, welche die wichtigsten Einflussfaktoren auf den Klimawandel parametrisieren. Die zeitspezifischen Prozesse für die Materialien werden in den LCA-Modellen der energietechnischen Anlagen und Komponenten im Gesamtprojekt verwendet.

Zur Erprobung aller im Projekt entwickelten Methodiken und Daten werden mehrere ausgewählte inhaltliche Fragestellungen beantwortet. Mit ersten Ergebnissen des Projekts Kreislauf-E-Wende ist im Sommer 2024 zu rechnen.

PIA HEIDAK UND MARLON PATT

sind wissenschaftliche Mitarbeiter*innen am INEC. Pia Heidak promoviert am Karlsruher Institut für Technologie (KIT).

Praxispartner Siemens Energy involviert, welcher die Effekte von Kreislaufwirtschaftsmaßnahmen in seiner Produktpalette methodisch fundiert wiedergeben möchte. Die Methode wird in einer Pilotanwendung von Siemens Energy implementiert.

Damit das LCA-Modell einen zeitlichen Verlauf abbilden kann, müssen einerseits zukünftige Entwicklungen des sogenannten Foreground-Systems abgebildet werden. Darunter versteht man die unmittelbar beteiligten technischen Prozesse der Herstellung, Nutzung und Verwertung der Produkte, also der energietechnischen Anlagen. Darüber hinaus sollte auch die Dynamik jener Systeme, die im Hintergrund stehen, wie z.B. die ferne Bereitstellung von Vorprodukten, Materialien oder Energie mit betrachtet

werden, da sie ebenfalls einen großen Einfluss auf die Treibhausgasemissionen haben. Das INEC arbeitet an Methoden, um die Dynamik in verfügbaren Softwarelösungen abzubilden. Die Forschenden erweitern dabei die weit verbreitete ecoinvent-Datenbank mit der speziellen Software Premise, sodass sie auch zukünftige Entwicklungen mit abdeckt. Die zeitspezifischen Versionen der Datenbank werden schließlich in einem LCA-Modell zusammengeführt.

Geplant: Ein Blick in die Zukunft

Eine verlässliche LCA benötigt gute Daten, wobei sich die Unsicherheit beim Blick in die Zukunft erhöht. Das INEC-Team hat über eine Materialbedarfs-Analyse der Stromwende jene Materialien identifizieren können,

> Das Kreislauf-E-Wende-Team zu Gast bei Siemens Energy in Erlangen. Von links: Steffi Weyand, Pia Heidak, Anne Isbert, Jessica Kilb, Marlon Patt, Kirsten Maciejczyk, Sofia Haas, Mario Schmidt, Falko Parthey.
Foto: Siemens Energy

< Bei einer Führung durch das Transformatoren-Werk von Siemens Energy. Transformatoren bilden einen Anwendungsfall für die zeitabhängige Ökobilanz.
Team-Foto: Siemens Energy



Mit DfC-Industry frühzeitig in Kreisläufen denken

Operationalisierung eines »Design for Circularity« im Produktentstehungsprozess

VON ANNIKA PRUHS, ANINA KUSCH, TOBIAS VIERE UND JÖRG WOIDASKY

Kreislaufwirtschaft bezeichnet ein Wirtschaftssystem, das das »Entsorgen« eines Produktes durch Reduzierung, Wiederverwendung, Recycling und Materialrückgewinnung in Produktions-, Vertriebs- und Verbrauchsprozessen ersetzt, um eine nachhaltige Entwicklung zu fördern. Daraus ergibt sich Zirkularität, die konkrete Umsetzung der Kreislaufwirtschaft.

Der Schlüssel für erfolgreiches Design for Circularity (DfC) liegt in der Gestaltung von Produkten und der Erfüllung der Kreislauffähigkeitsanforderungen. Im Verlauf des Produktentstehungsprozesses (PEP) müssen deshalb nicht nur Kosten, sondern auch spätere Umweltauswirkungen und die Kreislauffähigkeit von zukünftigen Produkten und Dienstleistungen beachtet werden. Derzeit erfolgt die Analyse und Verbesserung von Umweltleistung oft erst nach Abschluss des Konstruktionskonzepts, was meist zu spät ist.

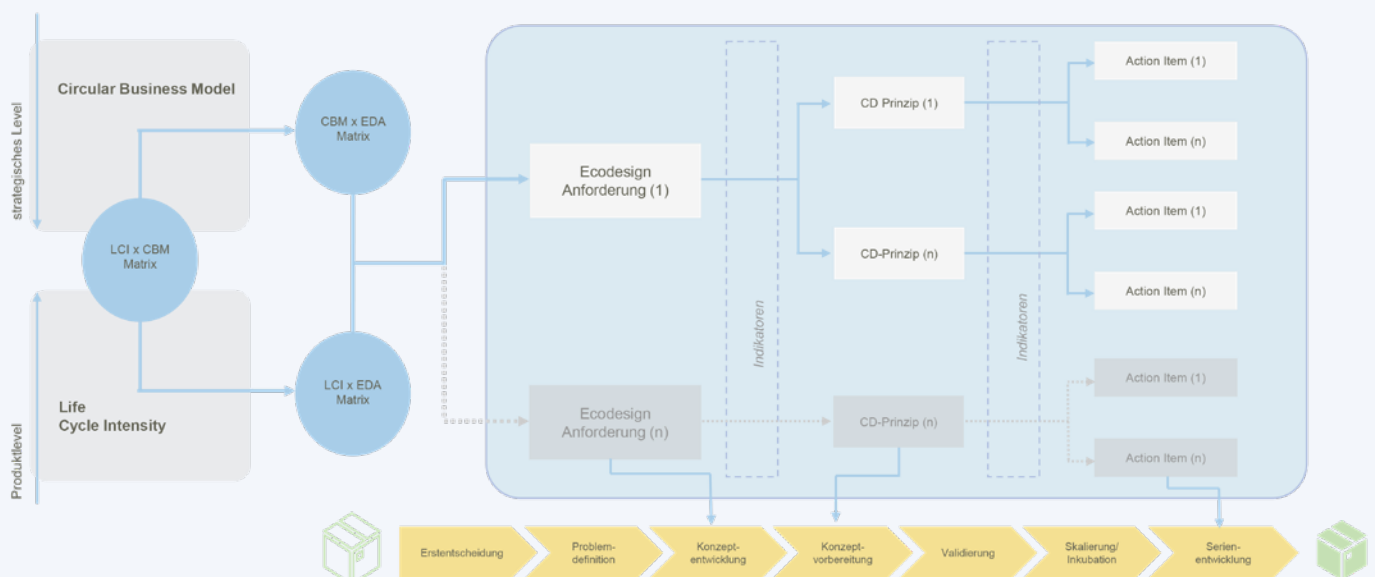
Um eine erfolgreiche Circular Economy (CE) im PEP zu realisieren, sind relevante ökologische und kreislaufwirtschaftliche Indikatoren, sowie anwendbare Bilanzierungsinstrumente und zirkuläre Geschäftsmodelle notwendig. Bisher fehlen konkrete Lösungen für diese Herausforderungen, obwohl digitale Ansätze wie Online-Handreichungen oder Ökobilanzsoftware-Add-Ons existieren. Die Integration in bestehende Software ist jedoch begrenzt. Das Forschungsvorhaben »DfC-Industry« zielt darauf ab, »Design for Circularity«-Konzepte durch automatisierte Einbindung in industrielle Produktentstehungsprozesse voranzutreiben. Dies soll mithilfe eines entscheidungsorientierten

Ansatzes auf Grundlage von kreislaufwirtschaftlichen und technischen Vorgaben erreicht werden. Das Projekt erfolgt in Kooperation mit der Robert Bosch GmbH, dem ifu Institut für Umweltinformatik Hamburg GmbH sowie der Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH. Die Forschungsannahme war, dass die Kreislauffähigkeit von Produkten nicht nur von ihren Eigenschaften, sondern auch von Faktoren wie Nutzungsphasen oder Geschäftsmodellen abhängt. Die Literaturanalyse ergab fünf Dimensionen, die die Kreislauffähigkeit beeinflussen:

- 1. Makroökonomische Rahmenbedingungen:** Gesetze, Normen und Verordnungen
- 2. Circular Business Models (CBM):** Geschäftsmodelle und Strategien.
- 3. Ecodesign Anforderungen (EDA):** Richtlinien wie die EU-Richtlinie 2009/125/EC.
- 4. Life Cycle Intensity (LCI):** Klassifizierung eines Produktes in eine Lebenszyklusphase auf Basis des umweltseitigen Hotspots abgeleitet aus einem Life Cycle Assessment, z. B. nutzungsentensives Produkt.
- 5. Indikatoren:** Diese unterstützen die Quantifizierung und Bewertung von Ecodesign-Ansätzen.

Diese Dimensionen nehmen Bezug auf verschiedene Ebenen in Unternehmen: Strategisch werden Ziele wie das gewünschte Geschäftsmodell festgelegt; Taktisch erfolgt die Planung, Priorisierung und Methodenauswahl im Produktentwicklungsprozess; Operativ werden Ökodesign-Methoden angewandt, Hotspots identifiziert und Lösungen entwickelt. Die Vielfalt der Aspekte und Ebenen stellt eine Herausforderung dar, das DfC im PEP umzusetzen. Um diese Struktur zu schaffen und Praktiker zu unterstützen, können Entscheidungsmatrizen und -bäume verwendet werden.

Abbildung 1: Entwicklungsphasen-adaptierter Entscheidungsablauf für den industriellen Produktentwicklungsprozess (CBM = Circular Business Model; LCI = Life Cycle Intensity; EDA = Ecodesign Anforderung; CD-Prinzip = Circular Design Prinzip).





<
Das DfC-Team beim Projekttreffen im April 2023 bei Ipoint in Reutlingen. Von links nach rechts: Jörg Woidasky¹, Anina Kusch¹, Jonas Brinker³, Paula Kuhn¹, Tobias Viere¹, Maria Dos Santos⁴, Annika Pruhs¹, Max König³, Jan Hedemann⁴, Michaela Stiefmann⁴, Ralf Mendgen², Torsten Hummen².

1 INEC | 2 Robert Bosch GmbH
3 Deutsches Forschungszentrum für künstliche Intelligenz GmbH-Smart Enterprise Engineering | 4 iPoint-systems gmbh.

Foto: Claus Lang-Koetz

Sie vergleichen Optionen und bieten eine Bewertungshilfe durch ein Bewertungsschema, wodurch Wechselwirkungen und Abhängigkeiten erkannt werden können. Diese bewerteten Matrizen dienen als Basis für die Erstellung eines Entscheidungsbaums für die Bewertung der Zirkularität. Ein Entscheidungsbaum visualisiert den komplexen, mehrstufigen Entscheidungsprozess transparent, indem er alle möglichen Entscheidungsoptionen darstellt.

Um die Umsetzung des DfC im PEP zu unterstützen, wurden die genannten Aspekte und Ebenen komprimiert und in einen Entscheidungsbaum übertragen (Abbildung 1). Dieser führt zu technischen Prinzipien für die Zirkularität („Circular-Design-Prinzipien“) und ordnet diesen geeignete konstruktive Ansätze („Action Items“) zu. Der Entscheidungsprozess kann entweder von einem strategischen (strategisches Level) oder produktbezogenen Standpunkt (Produktlevel) gesteuert werden. Hierfür können entweder strategische Überlegungen zu zirkulären Geschäftsmodellen oder produktspezifisches Wissen genutzt werden. So können passende Ecodesign-Ansätze ermittelt und entsprechende Circular-Design-Maßnahmen abgeleitet werden.

Der mehrstufige Auswahlprozess innerhalb des Entscheidungsbaums wird durch die Berücksichtigung der drei Dimensionen CBM, EDA und LCI bestimmt (Abbildung 1). Die Kombination der Dimensionen erfolgte durch Matrizen, die während des Vorhabens durch mehrere Expertinnen und Experten für Kreislaufwirtschaft und den PEP bewertet wurden:

- **Die LCI x CBM-Matrix** vergleicht Produktgruppen nach Phasenintensitäten und zirkulären Geschäftsmodellen, um geeignete Produktgruppen für zirkuläre Geschäftsmodelle zu identifizieren.
- **Die LCI x EDA-Matrix** stellt Ecodesign-Anforderungen Produktgruppen mit unterschiedlichen Phasenintensitäten gegenüber, um effektive Ecodesign-Ansätze zu ermitteln.
- **Die CBM x EDA-Matrix** zeigt, welche Ecodesign-Ansätze zu welchen zirkulären Geschäftsmodellen passen. Die Bewertung erfolgt binär, abhängig von der Eignung zur Umsetzung im jeweiligen Geschäftsmodell.

Der methodische Ansatz des DfC-Vorhabens sieht vor, nach dem Entscheidungsbaum technische Lösungen zur Umsetzung der CD(Circular Design)-Prinzipien im PEP bereitzustellen. Diese bereitgestellten Informationen können und sollen dann in Unternehmen durch Materialvergleichslisten, Beständigkeitsbewertungen, Verfügbarkeitsinformationen zu Rezyklaten oder durch weitere, unternehmensspezifische Hinweise ergänzt werden. Bei Bedarf können Lösungen priorisiert werden.

Das Projektziel ist die systematische Umsetzung von Zirkularitätsanforderungen in Produktentwicklungsprozessen. CE-Strategien und -Geschäftsmodelle sollten mit Hilfe eines fortschreibungsfähigen Regelwerks für die Entwicklungspraxis operationalisiert werden. Ein semi-quantitativer Ansatz verknüpft die Dimensionen „Zirkuläre Geschäftsmodelle“, „Ökodesign-Gestaltungsregeln“ und „Produkt- und Lebenszyklusphasen-spezifische Umweltauswirkungen“ in einem Entscheidungsbaum. Die PEP-Integration ermöglicht dabei die einfache Berücksichtigung kreislaufwirtschaftlicher und umweltrelevanter Informationen. Der Baum bietet individuell zugeschnittene Empfehlungen und berücksichtigt den Innovationsstand des Unternehmens. Besonders wirksam ist er dort, wo bereits ökologische Vorbetrachtungen von Produkten und/ oder existierende zirkuläre Geschäftsmodelle vorhanden sind. Der Pfad des Entscheidungsbaums mit seinen anwendungsorientierten Lösungsansätzen basiert derzeit auf der Expertise der am Projekt beteiligten Fachleute aus Wissenschaft und Praxis. Sie soll kurz- bis mittelfristig durch Integration weiterer Fachexpertise und den Abgleich mit Fallstudien aus weiteren Branchen validiert und adaptiert werden. Außerdem sollen Kennzahlen zur Zielerreichung bereitgestellt werden, indem passende Indikatoren den CD-Prinzipien zugeordnet werden. Auch die Berücksichtigung der Produktreife, um Entscheidungs- und Informationsbedarfe den jeweiligen Produkt-Entwicklungsschritten zuzuordnen sind Entwicklungsziele. Angestrebt wird zudem die Bereitstellung einer entsprechenden digitalen, interaktiven Umgebung.

ANNIKA PRUHS UND ANINA KUSCH
sind wissenschaftliche Mitarbeiterinnen am INEC.
DR. TOBIAS VIERE UND DR.-ING. JÖRG WOIDASKY
sind forschende Professoren am INEC.

Global gedacht – lokal gehandelt: Klimaresilientes Gebäudemanagement

VON HENDRIK LAMBRECHT UND MARCO PUFAL

Die Dringlichkeit des Klimaschutzes verfügt heute über breite gesellschaftliche Zustimmung und prägt die öffentliche Wahrnehmung. Der fortschreitende anthropogene Klimawandel erfordert zunehmend jedoch auch Ansätze für eine wirkungsvolle und gleichzeitig ressourceneffiziente Klimaanpassung. Dies ist Gegenstand des Forschungsprojektes **KliReGeM** und Inhalt dieses Artikels.



Abbildung 1: Daxlanden mit Sonnenschutz Fallarmmarkisen an der Federbachschule in Karlsruhe. Foto: Atelier Altenkirch

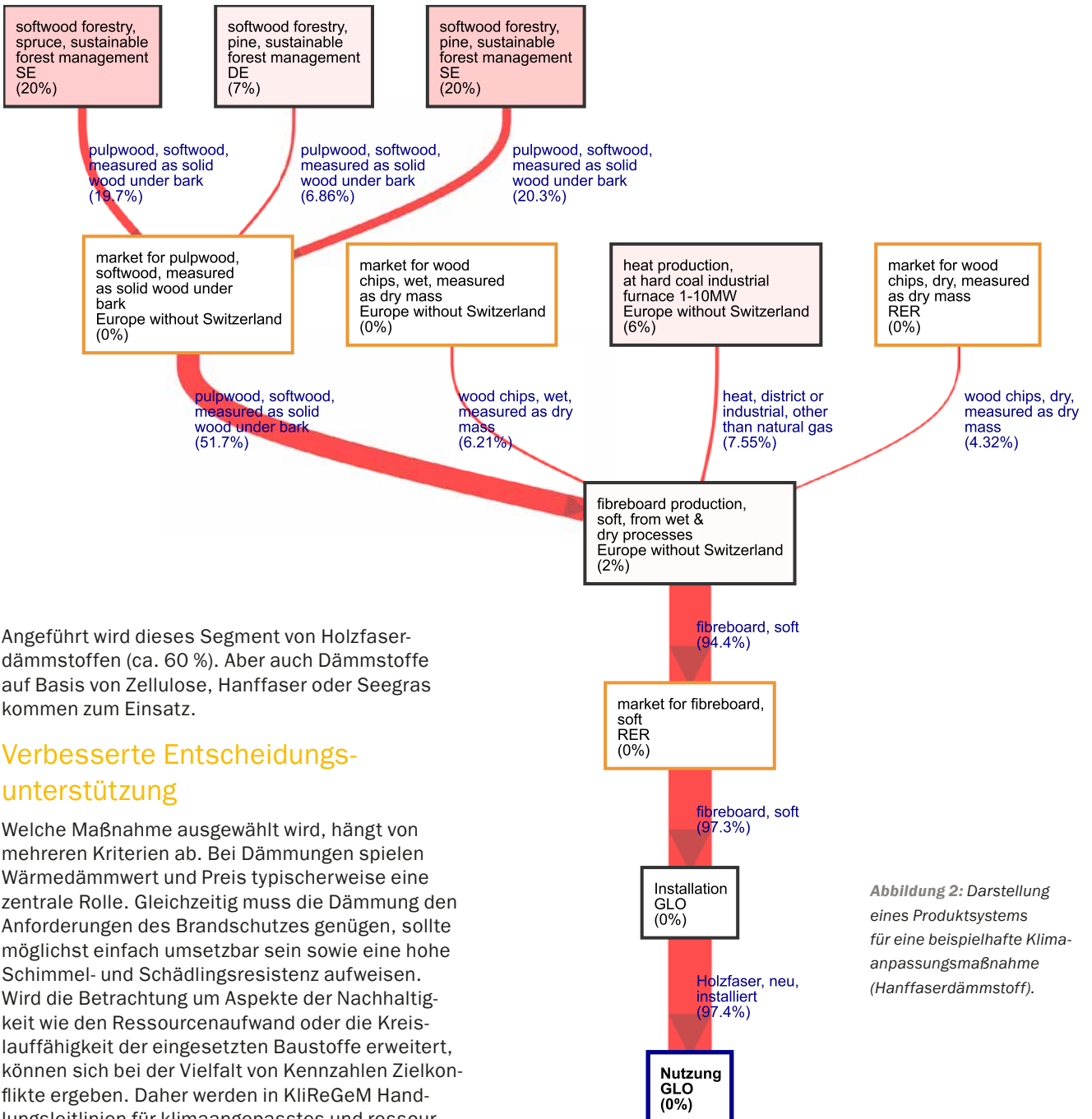
Obwohl der Gebäudesektor von zentraler Bedeutung für die Klimaanpassung im Alltag ist, werden Aspekte der Klimaanpassung in Projektausschreibungen momentan nur unzureichend eingebunden. Folgerichtig identifiziert der Entwurf des neuen Bundes-Klimaanpassungsgesetzes Gebäude als wichtiges Handlungsfeld und sieht ein Berücksichtigungsgebot von Belangen der Klimaanpassung in den Planungen und Entscheidungen der Träger öffentlicher Aufgaben vor.

Hitzeinsel Karlsruhe

Wie die Klimaanpassung im kommunalen Gebäudebestand ressourcenschonend gelingen kann, untersuchen die Autoren im Rahmen des durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) geförderten Projekts „Klimaresilientes Gebäudemanagement“ in Zusammenarbeit mit dem Amt für Hochbau und Gebäudewirtschaft der Stadt Karlsruhe. Die Stadt Karlsruhe liegt schon heute in einer der wärmsten Regionen Deutschlands. Zukünftig wird sich diese Situation durch eine überdurchschnittliche Erwärmung der Region verschärfen. Daher denkt man in Karlsruhe zunehmend über sinnvolle Lösungen für klimaangepasstes Bauen nach. Der Fokus liegt dabei auf Maßnahmen zur Steigerung der Hitzeresilienz.

Vielfalt der Klimaanpassungsmaßnahmen

Für den Hitzeschutz von Gebäuden gibt es vielfältige Maßnahmen. Diese reichen von der Dämmung der gesamten Gebäudehülle über einen Sonnenschutz bei Fenstern (*Abbildung 1*) bis hin zur Begrünung von Dach und Fassade. Die Maßnahmen können zudem auf unterschiedliche Weise ausgeführt werden. Dämmungen gibt es auf Basis fossiler Rohstoffe (Marktanteil: ca. 50 %) wie beispielsweise Styropor® oder mineralischer Rohstoffe (ca. 40 %) wie etwa Steinwolle. Auch nachwachsende Rohstoffe (ca. 5 – 10 %, Tendenz steigend) werden verwendet.



Angeführt wird dieses Segment von Holzfaserdämmstoffen (ca. 60 %). Aber auch Dämmstoffe auf Basis von Zellulose, Hanffaser oder Seegras kommen zum Einsatz.

Verbesserte Entscheidungsunterstützung

Welche Maßnahme ausgewählt wird, hängt von mehreren Kriterien ab. Bei Dämmungen spielen Wärmedämmwert und Preis typischerweise eine zentrale Rolle. Gleichzeitig muss die Dämmung den Anforderungen des Brandschutzes genügen, sollte möglichst einfach umsetzbar sein sowie eine hohe Schimmel- und Schädlingsresistenz aufweisen. Wird die Betrachtung um Aspekte der Nachhaltigkeit wie den Ressourcenaufwand oder die Kreislauffähigkeit der eingesetzten Baustoffe erweitert, können sich bei der Vielfalt von Kennzahlen Zielkonflikte ergeben. Daher werden in KliReGeM Handlungsleitlinien für klimaangepasstes und ressourcenschonendes Gebäudemanagement entwickelt, die eine möglichst einfache und doch wissenschaftlich fundierte und richtungssichere Entscheidung ermöglichen.

Vermeidung negativer Rückwirkungen

Bei der „Klima-Optimierung“ der Gebäudehülle verlagern sich Umweltauswirkungen von der Nutzungs- in die Bauphase. Bei sehr effizienten Gebäuden macht die Bauphase bis zu 90 % der Umweltauswirkungen des gesamten Lebensweges aus. Zudem können Verlagerungen zwischen Umweltmedien stattfinden. So kann eine Dämmung mit nachwachsenden Rohstoffen Treibhausgasemissionen senken, möglicherweise aber zu Konflikten in der Landnutzung oder Schadstoffeinträge aus einer intensivierten Landwirtschaft führen. Um derartigen Verlagerungen von Umweltbelastungen vorzubeugen, werden die untersuchten Maßnahmen zunächst umfassend ökobilanziell betrachtet (Abbildung 2). Die dabei gewonnenen Ergebnisse

Abbildung 2: Darstellung eines Produktsystems für eine beispielhafte Klimaanpassungsmaßnahme (Hanffaserdämmstoff).

werden anschließend in den Gesamtkontext des Klimaanpassungsbedarfs in Deutschland gesetzt, um die Auswirkungen beim Einsatz im großen Maßstab zu verstehen. So werden Maßnahmen identifiziert, die ressourcenschonende Klimaanpassung im Einklang mit den sogenannten planetaren Grenzen ermöglichen.

Übertragbarkeit der Ergebnisse

Da nicht nur die Stadt Karlsruhe vor der Problematik eines erhöhten Anpassungsbedarfs steht, werden die Handlungsleitlinien auch für die Unterstützung der Entscheidungsfindung in anderen Kommunen sowie in privatwirtschaftlichen Gebäuden entwickelt.

DR. HENDRIK LAMBRECHT
ist Professor für Industrial Ecology.
MARCO PUFAL
ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am INEC.

Warum ist die Circular Economy für den Klimaschutz wichtig?

VON ALEJANDRO ARIAS CASTILLO, CHRISTIAN HAUBACH UND TOBIAS VIERE

Die Dekarbonisierung der Produktion und des Konsums von Gütern und Materialien spielt eine kritische Rolle bei der Erreichung von ambitionierten Klimazielen. Zudem führt das aktuelle lineare Wirtschaftsmodell zur Erschöpfung der Ressourcen und zur Abfallerzeugung, während die derzeitige globale Klimapolitik noch immer nicht die Impulse gesetzt hat, die für die Umsetzung der Ziele des Pariser Klimaabkommens erforderlich wären.

Im von der EU im Rahmen des Förderprogramms Horizon Europe geförderten Projekt **CIRCUMOD – Circular Economy Modelling for Climate Change Mitigation** sollen diese Zusammenhänge dargestellt werden und es soll der mögliche Beitrag der Circular Economy zum Klimaschutz untersucht werden.

Das INEC ist Teil eines sehr renommierten Konsortiums, an dem zwölf europäische Organisationen, u.a. die Universitäten in Leiden, Lissabon, Freiburg und Trondheim, beteiligt sind und ihre jeweilige Expertise einbringen. Dabei geht es darum, die Circular Economy in den wichtigsten ökonomischen und ökologischen Modellen abzubilden und mit Hilfe der Verknüpfung der verschiedenen Modellansätze den Beitrag der Circular Economy zum Klimaschutz bestimmen zu können.

Die Kreislaufwirtschaft (Circular Economy, CE) wird oftmals als Alternative zum derzeitigen linearen Wirtschaftsmodell betrachtet. Ein neues zirkuläres Wirtschaftssystem, das auf eine Verringerung des Primärmaterialverbrauchs abzielt, kann daher in Verbindung mit Energieeffizienzmaßnahmen und dem Wechsel zu klimafreundlicheren Energieträgern sowohl die Treibhausgasemissionen verrin-

gern als auch die Ressourceneffizienz steigern. CE zielt darauf ab, mithilfe folgender Strategien den Primärmaterialverbrauch zu reduzieren:

- 1) **Reduzierung des Materialeinsatzes (»narrowing loops«)**
- 2) **Produkte und Materialien länger im Gebrauch zu halten und intensiver zu nutzen (»slowing loops«)**
- 3) **Rückgewinnung oder Recycling von Materialien und Verringerung von Verlusten (»closing loops«)**

Aktuelle Modelle und Szenarien zur Darstellung der THG-Emissionen zum Zweck der Politikberatung ignorieren allerdings in der Regel diese Entwicklungen und Strategien der Circular Economy (CE); Materialien und deren Zyklen werden kaum beachtet. Mögliche Synergien von CE und anderen gesellschaftlichen Zielen wie den Sustainable Development Goals (SDG) werden darin ebenso nicht berücksichtigt wie die Herausforderungen, die sich aus der Veränderung von Konsummustern und Lieferketten ergeben.

CIRCUMOD adressiert diese Herausforderungen indem eine neue Generation fortgeschrittener Modelle und Szenarien entwickelt wird, mit welchen untersucht werden kann, wie

CE die zukünftigen THG-Emissionen und Materialverbräuche reduziert. Das Vorhaben bringt dabei Industrial Ecology und Stoffstrommodelle, prozess-orientierte Integrated Assessment Modellierung mit makroökonomischer Modellierung zusammen.

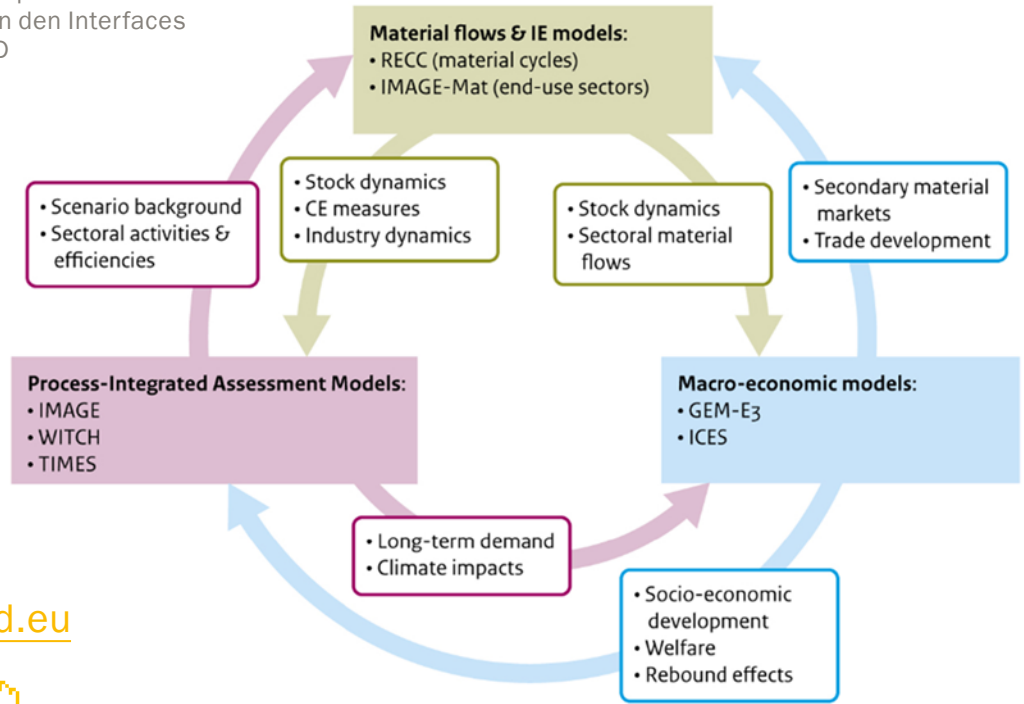
Im Rahmen von CIRCUMOD wird eine umfassende Datensammlung und Modellbildung durchgeführt, um wissenschaftliche Erkenntnisse über die Wirksamkeit und die systemweiten Auswirkungen der verschiedenen CE-Strategien zu gewinnen.

CIRCUMOD wird nationale, EU- und internationale Entscheidungsträger mit wichtigen politischen Erkenntnissen ausstatten, indem es

- (i) **die erste wissenschaftliche Modellierung des Potenzials von CE für Umwelt-, Klima- und Wirtschaftsmaßnahmen und**
- (ii) **angereicherte CE-Datensätze bereitstellt, die für politische Erkenntnisse, die Überwachung von CE-Interventionen und Wechselwirkungen mit Treibhausgasemissionen und Klima notwendig sind.**

Diese Entwicklungen werden dazu beitragen, die Umweltpolitik von einer hauptsächlich qualitativen Wissenschaft zu einer quantitativen, robus-

Aktuelle Modell-Typen und potenzieller Datenaustausch zwischen den Interfaces der Modelle in CIRCOMOD



<https://circomod.eu>



ten, datenbasierten und systembezogenen Folgenabschätzung zu entwickeln. Dadurch wird sie eine bessere politische Entscheidungsfindung (Klima-, Industrie- und Innovationspolitik) unterstützen, um die planetarischen Grenzen einzuhalten.

Diese neuen Modelle werden sich auch direkt auf die Ziele des Europäischen Green Deals auswirken, wenn sie von politischen Entscheidungsträgern genutzt werden sowie die Klima- und CE-Politik weltweit unterstützen. Da die Verfeinerung der Nationally Determined Contributions (NDCs) des Pariser Abkommens in den kommenden Jahren immer wichtiger werden,

wird CIRCOMOD ein viel besseres Verständnis der CE-Beiträge ermöglichen.

Mit CIRCOMOD soll weiterhin ein Beitrag zu internationalen Untersuchungen im Rahmen des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) und des International Resource Panel (IRP) geliefert werden. Zu den Schwerpunkten gehören die Auswirkungen der Ressourcennutzung und Szenario-Projektionen für Ressourceneffizienz und nachhaltige Produktion und Verbrauch sowie die Aussichten für die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltzerstörung.

CIRCOMOD wird Szenario-Ergebnisse unter Berücksichtigung der CE-Strategien liefern, welche die derzeit in Betracht gezogenen Strategien zur Erreichung der Klimaziele erweitern werden und dabei helfen, eine der größten Herausforderungen der kommenden Jahrzehnte anzugehen.

Für das INEC ist es eine große Ehre, gemeinsam mit den Kolleg:innen der anderen Forschungseinrichtungen diese bedeutenden Themen zu bearbeiten und sich mit den führenden Wissenschaftler:innen im Fachgebiet direkt austauschen zu können.

ALEJANDRO ARIAS CASTILLO
ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am INEC.
DR. CHRISTIAN HAUBACH
ist Geschäftsführer des INEC.
DR. TOBIAS VIERE
ist Professor am INEC.



< Gruppenfoto des Projektteams im April 2023 in Venedig.

Foto: CMCC (Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici)

Ressourcen schonen mit der Materialflusskostenrechnung

VON ALINE HENDRICH UND MARIO SCHMIDT

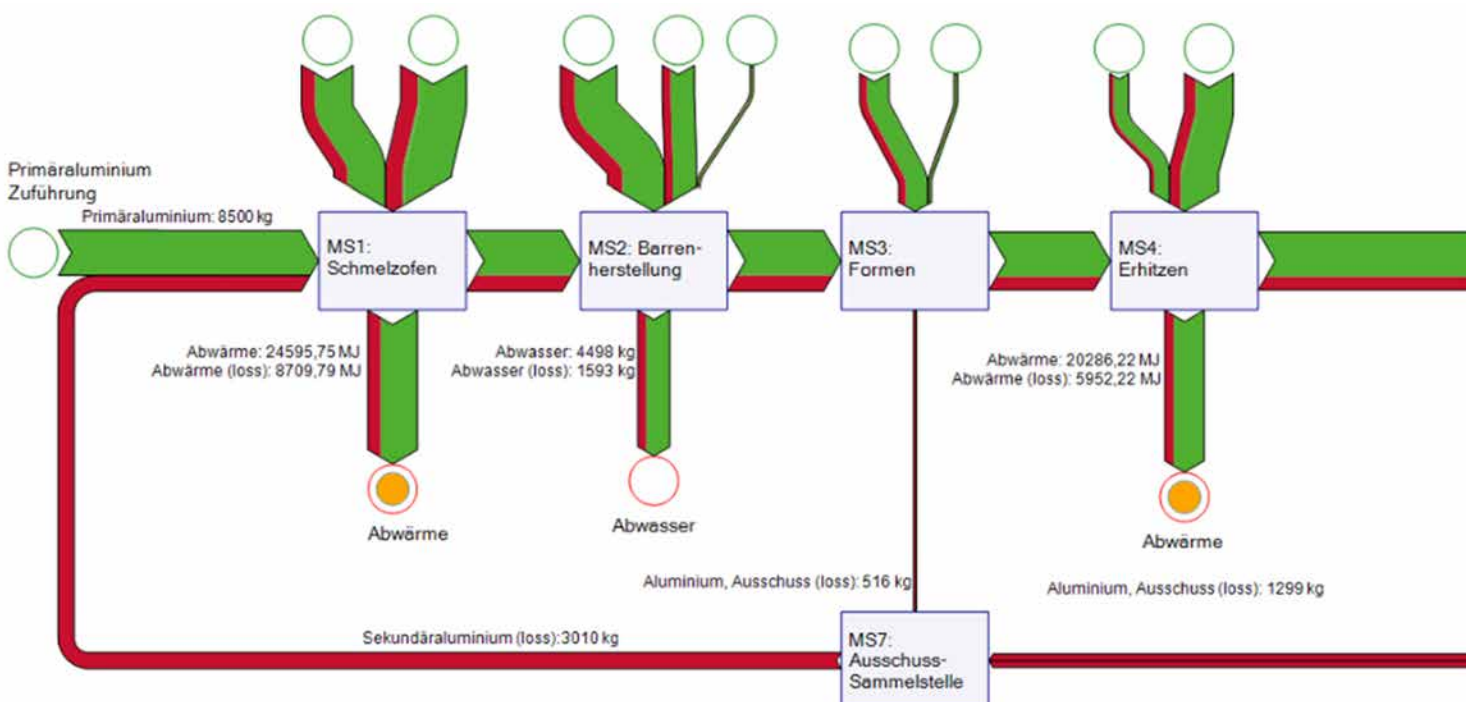
Der internationale Standard ISO 14051 beschäftigt sich mit dem **Material Flow Cost Accounting (MFCA)**, einer Methode, die die Kosten von Materialverlusten in der Produktion ganzheitlich ermittelt. Zusammen mit Professor Andreas Möller von der Universität Lüneburg und dem Software-Anbieter ifu Hamburg GmbH hat das INEC diese Methode weiterentwickelt.

Welche Kosten entstehen, wenn im Unternehmen Materialreste weggeschmissen, Fehlerprodukte ausgesondert oder überquellende Lager freigeräumt werden? Meistens denkt man nur an die Entsorgungskosten. Manchmal bekommt man dafür sogar noch Geld, etwa für Kupfer- oder Aluminiumschrott. Aber was da zu Müll wird, wurde irgendwann mal teuer eingekauft. Es wurde bewegt, bearbeitet, gelagert und hat Produktionskapazitäten gebunden. Die eigentlichen Kosten dieser Reste – im Englischen redet man von material losses – sind also viel größer und müssen über das gesamte Produktionssystem hinweg betrachtet werden. Losses bedeuten Vernichtung von Wertschöpfung und müssen vermieden werden.

Genau das steht im Fokus des sogenannten **Material Flow Cost Accounting (MFCA)**, einer Methode, die vor ca. 30 Jahren in Deutschland entwickelt wurde, dann in Vergessenheit geriet, in Japan wiederentdeckt und 2011 zu einem internationalen Standard erhoben wurde.

Seitdem gibt es zahlreiche Praxisanwendungen, auch in Baden-Württemberg. Von der Landesagentur Umwelttechnik BW wird seit ca. 10 Jahren kostenlos ein **Software-Tool (bw!MFCA)** angeboten, mit dem die wahren Kosten der Materialverluste in einem Unternehmen berechnet werden können. Dazu werden auch Schulungen angeboten.

Abbildung 1: Visualisierung der Flüsse im System als Sankey-Diagramm. Die rote Farbe zeigt die einsparbaren Kosten und Mengen an, wenn – in diesem Fall – die Recyclingströme vermieden werden können.





^
Vorstellung der Projektergebnisse durch Aline Hendrich (links) auf der EcoBalance-2022-Tagung in Fukuoka (Japan), hier mit Kolleginnen und Kollegen vom INEC (Pia Heidak, Florian Bodrogi, Marlene Preiß, v.r.n.l.). Foto: INEC

So wichtig und nützlich die Methode nach ISO 14051 ist, sie hatte auch inhaltliche Mängel. Beispielsweise ließen sich damit keine Materialkreisläufe abbilden. Denn auch hier gilt: Das Vermeiden von Abfällen ist immer noch besser als sie zu recyceln. Dazu kommt, dass die ISO 14051 nur die Kosten der Materialverluste ausweist. Aber mit den Verlusten sind auch unnötige CO₂-Emissionen verbunden, sozusagen Emissionen, die nicht unmittelbar mit dem Produkt in Verbindung stehen und deshalb theoretisch vermeidbar sind. Schließlich fehlt der ISO 14051 eine Brücke von der Kostenanalyse zu den konkreten Maßnahmen, wie man die Materialverluste auch vermeiden kann, sowie die Bewertung dieser maßnahmenbasierten Einsparungen aus Sicht des betrachteten Systems.

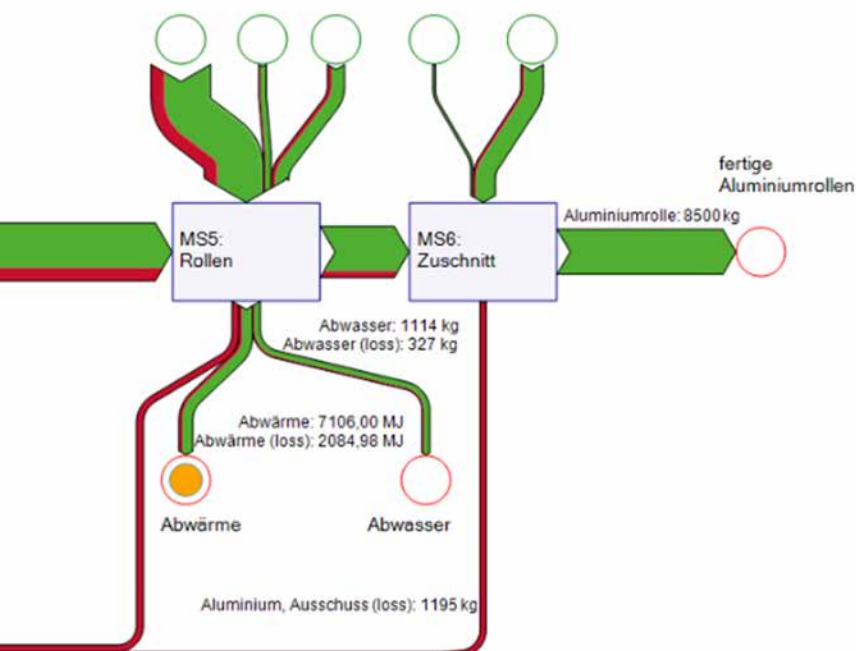
Diese Fragen standen im Vordergrund des Forschungsprojektes „**Material-Flow Based Improvement Assessment**“ (**MAFIMA**), das vom Land Baden-Württemberg gefördert wurde. Die Berech-

nungsalgorithmen wurden soweit verändert und ergänzt, dass nun auch Materialkreisläufe gerechnet werden können, Maßnahmen in unterschiedlichen Stärken bewertet werden und sich die damit eingesparten CO₂-Emissionen errechnen lassen. Prototypisch wurde von den Projektpartnern ifu Hamburg GmbH und Professor Möller aus Lüneburg auch eine Software-Lösung entwickelt, die auf einer gängigen professionellen Ökobilanz-Software basiert. Wesentlicher Ansatz ist dabei ein Szenariovergleich zwischen dem Ist-Zustand eines Produktionssystems und einem technisch oder organisatorisch verbesserten Zustand. Die Differenzen können in Mengen (kg oder kWh), in Emissionen (kg CO₂-Äquivalent) oder in Wertangaben (Euro) dargestellt werden.

In der *Abb. 1* ist ein Beispiel einer mehrstufigen Fertigung dargestellt. Interne Schrottmengen können – was grundsätzlich gut ist – im System rückgeführt und wieder als Rohstoff eingesetzt werden. Würde man allerdings diesen internen Schrott vermeiden können, so ließen sich erhebliche Kosten einsparen. Dies wird durch die roten Anteile der Flüsse angezeigt. Die Darstellung nutzt dabei ein sogenanntes Sankey-Diagramm, bei dem die Breite der Pfeile den Wert der Material- oder Energieflüsse anzeigt. Mit dieser Visualisierung können schnell Einsparpotenziale aufgezeigt werden.

Die Projektergebnisse werden eine Rolle spielen, wenn 2024 die ISO 14051-Norm international überarbeitet wird. Dann können die neuen Algorithmen in die Norm mit einfließen und den Anwendern neue Möglichkeiten eröffnen, um mit der MFCA-Methode die Ressourceneffizienz von Produktionssystemen zu erhöhen.

ALINE HENDRICH
ist wissenschaftliche Mitarbeiterin und Doktorandin am INEC.
DR. MARIO SCHMIDT
ist Professor und Direktor des INEC.



»100 Betriebe«: 10 Prozent sind immer drin – bewiesen!



VON MARIO SCHMIDT UND CHRISTIAN HAUBACH

»Ressourceneffizienz war noch nie so wichtig wie heute«, resümierte Ministerpräsident Winfried Kretschmann beim Ressourceneffizienzkongress 2022 in Karlsruhe. Das Land Baden-Württemberg gehört in Deutschland zu den Pionieren in Sachen Ressourceneffizienz und war über 10 Jahre hinweg ein wesentlicher Treiber, wenn es darum ging, das Thema in der Wirtschaft zu verbreiten. Dabei war das 100-Betriebe-Projekt des INEC der Leuchtturm.

Im Jahr 2014 startete ein Projekt, das eine lange Vorlaufzeit mit viel Überzeugungsarbeit bei Politik und Wirtschaft hatte: die „100 Betriebe für Ressourceneffizienz“. Es sollten konkrete Fallbeispiele gesammelt, angestoßen, analysiert und publiziert werden, wie in produzierenden Unternehmen sparsamer mit den natürlichen Ressourcen umgegangen werden kann. Das betrifft den Einsatz von Rohstoffen und Materialien, aber auch von Energie und ist damit zusätzlich ein Beitrag zum Klimaschutz. Bereits in den Jahren zuvor hatte das INEC das Thema immer wieder aufgegriffen, z.B. mit dem Konzept einer Awareness-Kampagne. Denn jahrelange Erfahrungen haben gezeigt, dass die Einsparpotenziale in Unternehmen beträchtlich sind und sowohl ökonomisch als auch ökologisch sinnvoll sind. Aber wie kann man diese Potenziale auch heben?

Neben den technischen Voraussetzungen in der Produktion sind es auch die mentalen Muster, die in der Unternehmensleitung und bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern auf dem Shopfloor vorherrschen und den sparsamen Umgang mit Ressourcen beeinflussen. Diese kulturellen Dispositionen und die managementbezogenen Hemmnisse wurden bereits 2008 von der ehemaligen Mitarbeiterin und Doktorandin Regina Schwegler herausgearbeitet. Bei den „100 Betrieben“ kamen diese technisch- und managementbezogenen Erfahrungen zusammen.

Zusammen mit den führenden Wirtschaftsverbänden Baden-Württembergs startete der damalige Umweltminister Franz Untersteller eine Allianz für mehr Ressourceneffizienz, in deren Kern das 100-Betriebe-Projekt stand. Das Projekt wurde gemeinsam mit der Landes-

>>

Effizienz kann man lernen!

10 bis 15 Prozent der Energie- und Materialkosten können schnell und mit vertretbarem Aufwand in der Produktion eingespart werden. Das zeigt die Erfahrung in vielen Unternehmen. Der Materialanteil beträgt im Durchschnitt fast 45 Prozent an den Gesamtkosten. Deshalb verbergen sich hier Chancen für mehr Wirtschaftlichkeit, Wettbewerbsfähigkeit und Ressourcenschonung. Das sind Potenziale, die oft übersehen werden. Im Studiengang Ressourceneffizienzmanagement wollen wir genauer hinschauen. Und das Beste tun – für die Wirtschaft und die Umwelt.

© ID-Kommunikation / Hochschule Pforzheim

> Plakatvorschlag zu einer Awareness-Kampagne für mehr Ressourceneffizienz im Jahr 2010



agentur Umwelttechnik BW unter der Leitung von Dr.-Ing. Hannes Spieth in drei verschiedenen Projekttranchen von 2014 bis 2022 durchgeführt. Eine gemeinsame Jury aus Wissenschafts- und Verbandsvertreter wählte die Fallbeispiele aus. Denn sie sollten einen Vorbildcharakter für andere Unternehmen haben, d.h. sie sollten für die jeweilige Branche entweder mengenmäßig bedeutsam oder innovativ sein und sie sollten auch ein gewisses Transferpotenzial haben. Drei deutschsprachige Bände mit den Fallbeispielen sind so entstanden, dazu kam noch eine englischsprachige Übersetzung und ein Leitfaden für die Unternehmen (s. Infokasten mit QR-Codes als Links zu den einzelnen Bänden).

Das Projekt setzte Maßstäbe und wurde sowohl auf Bundesebene als auch international beachtet. Es setzte genau das auf praktischer Ebene um, was zeitgleich vom Verein Deutscher Ingenieure (VDI) als theoretisches Rahmenkonzept für Ressourceneffizienz und als Richtlinie VDI 4800 entwickelt und veröffentlicht wurde: eine

Sammlung von Ansatzpunkten bei der Produktion und bei Produkten, wie Ressourcen eingespart werden können und welche Auswirkungen das auf die Umwelt hat. Besonders wichtig ist hierbei stets der Systemgedanke: Was bewirkt eine Maßnahme unter dem Strich, d.h. zu welchen Umwelteinsparungen führt die Reduktion von Material- und Energieeinsatz einschließlich der Vorketten.

Das Projektteam trug bis 2022 insgesamt 126 Fallbeispiele zusammen, an denen 136 verschiedene Unternehmen aus allen Branchen des Produzierenden Gewerbes und allen Landesteilen beteiligt waren. Durch die Fallbeispiele wurden Einsparungen an Treibhausgasen von insgesamt jährlich 436.000 Tonnen CO₂-Äquivalent erzielt. Allein durch die letzte Projekttranche mit 23 Fallbeispielen wurden jährlich 7.380 Tonnen Metalle, 2.682 Tonnen Kunststoffe, 3.803 Tonnen Holz, Karton und Papier, 54.351 Tonnen Steine und mineralische Materialien sowie 6.922 Tonnen chemische Erzeugnisse eingespart.



<

Zwei wichtige Wegbereiter der „100 Betriebe“: der ehemalige Umweltminister Franz Untersteller und der ehemalige Präsident des Landesverbandes der Industrie Dr. Hans-Eberhard Koch. Fotos: Martin Stollberg

>

PR-Erfolg für Baden-Württemberg: 100-Betriebe-Buch (im Bild rechts) als Grundausstattung beim Amtsantritt der ehemaligen Bundesumweltministerin Svenja Schulze in ihrem Büro (Quelle: <https://www.bmu-kids.de/ministerium/organisation/leitung-und-struktur/> (aufgerufen: 10. Mai 2018).

↳

Erste Keimzelle für Ressourceneffizienz: Projekt mit der IHK Südlicher Oberrhein 2003 in Freiburg zum Energie- und Stoffstrommanagement in produzierenden Unternehmen. Foto: IHK Südlicher Oberrhein



»Ressourceneffizienz bedeutet zwar nicht automatisch Nachhaltigkeit, aber Nachhaltigkeit ist ohne Ressourceneffizienz nicht vorstellbar. Denn es geht genau darum, nur so viel einzusetzen wie nötig ist, um das gewünschte Ergebnis zu erzielen.«

Winfried Kretschmann

Sind diese Einsparungen viel? Ja, denn viele der Maßnahmen haben nur wenig gekostet bzw. sich nach kurzer Zeit amortisiert. Deshalb liegen die Vermeidungskosten für eine Tonne CO₂-Äquivalent durch dieses Projektdesign äußerst niedrig. Dabei hat sich auch gezeigt, dass die mit dem Material verbundenen CO₂-Rucksäcke sehr bedeutend für die Vermeidung von Treibhausgasen sind. Ein Umstand, der zuvor nur wenig Berücksichtigung fand. Material- oder Energiesparen geht nicht zulasten des Produktoutputs oder der Produktqualität. Daher ist dies immer noch die vorteilhafteste Strategie für alle Beteiligten und sollte überall an erster Stelle stehen. Auch dies wurde mit einem Bonmot des baden-württembergischen Ministerpräsidenten Kretschmann kom-

mentiert: „Ressourceneffizienz bedeutet zwar nicht automatisch Nachhaltigkeit, aber Nachhaltigkeit ist ohne Ressourceneffizienz nicht vorstellbar. Denn es geht genau darum, nur so viel einzusetzen wie nötig ist, um das gewünschte Ergebnis zu erzielen.“ Schließlich ist mit der Ressourceneffizienz auch eine mitunter nicht unerhebliche Kosteneinsparung verbunden, insbesondere, wenn sich z.B. große Mengen eines Roh-, Hilfs- oder Betriebsstoffs bzw. eines wirtschaftskritischen Rohstoffs einsparen lassen.

Das wohl schönste Lob zu dem Projekt kam aus dem Ausland, von dem inzwischen 91-jährigen US-amerikanischen Pionier der Industrial Ecology, Robert U. Ayres: „I just got back to my office at INSEAD today and found your book on efficient resource management waiting. ... It seems you have succeeded in creating an institute doing exactly what I wanted to do 30 years ago. Maybe the times are changing.“

DR. MARIO SCHMIDT ist Professor und Direktor des INEC.
DR. CHRISTIAN HAUBACH ist Geschäftsführer des INEC.

100 Betriebe für Ressourceneffizienz

Links zu den Bänden und zum Leitfaden für Unternehmen



Band 1 – Praxisbeispiele aus der produzierenden Wirtschaft (Springer Link)



Band 2 – Praxisbeispiele und Erfolgsfaktoren (Springer Link)



Band 3 - Praxisbeispiele und Klimabilanz (hs-pforzheim.de)



100 Pioneers in Efficient Resource Management: Best practice cases from producing companies (Springer Link)



Leitfaden betriebliche Ressourceneffizienz und Ressourcenschonung (hs-pforzheim.de)

1-2-3: Wie berechne ich meinen Carbon Footprint?

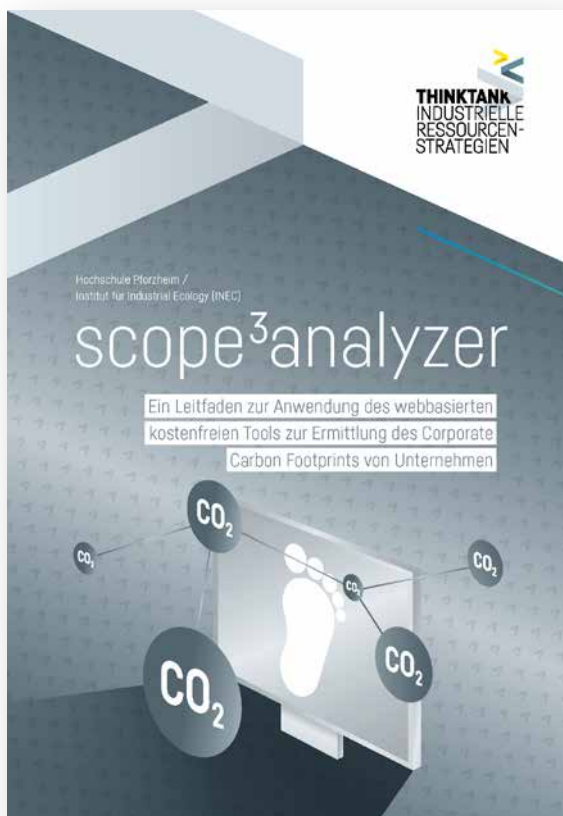
VON MARIO SCHMIDT UND CHRISTIAN HAUBACH

Mit einem Anteil von bis zu 80 % wird der weitaus größte Teil der Treibhausgase (THG) des produzierenden Gewerbes in der Lieferkette emittiert (sogenannte Scope 3-Emissionen). Im Rahmen des vom Land Baden-Württemberg geförderten KLIWER-Projekts wurde der »Scope3Analyzer« entwickelt – ein einfaches Werkzeug zur Abschätzung der Scope3-THG-Emissionen, das Unternehmen im Internet frei zur Verfügung steht.

Nachdem viele Unternehmen in Deutschland ihre unmittelbaren und energiebedingten THG-Emissionen (sogenannten Scope 1 und 2-Emissionen) an ihren Standorten bereits ermitteln und unternehmensspezifische Maßnahmen zu deren Minderung eingeführt haben, geraten zunehmend die THG-Emissionen in der Lieferkette in den Fokus. Die Berechnung stellt die meisten Unternehmen vor große Herausforderungen. Verlässliche Angaben von Lieferanten sind nur selten zu bekommen, insbesondere wenn es sich um globale Lieferbeziehungen handelt. Generische Werte aus öffentlich und kostenlos verfügbaren Datenbanken sind kaum belastbar, veraltet oder von zweifelhaftem Wert, wie z.B. die vom Umweltbundesamt betriebene Datenbank Probas. Selbst kommerziell angebotene Datenbanken sind nur

begrenzt valide, denn sie decken in den seltensten Fällen die konkreten Verhältnisse der jeweiligen Lieferbeziehungen ab. Was auf den ersten Blick trivial erscheint – die Erstellung einer Klimabilanz – erweist sich in der Praxis als ein schwieriges Terrain mit einigen Untiefen.

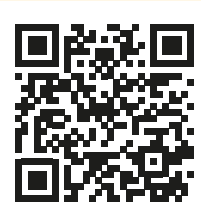
Besonders unter methodischen Gesichtspunkten sind diese unternehmensbezogenen Bilanzen oft zweifelhaft. Denn sie beziehen sich auf ein ganzes Unternehmen, nicht auf ein einzelnes Produkt. Während das Unternehmen seine Unternehmensbilanz erstellen will, braucht es von seinen Lieferanten Daten, die sich auf die gelieferten Vorprodukte, Rohstoffe usw. beziehen, also produktbezogene Daten. Hat der Lieferant auch nur eine unternehmensbezogene Bilanz – für sein ganzes Unternehmen – erstellt, gibt es ein Problem. Wie rechnet er seine Unternehmensbilanz auf die einzelnen Produkte um? Wer validiert diese Zahlen? Werden solche Zahlen auch international zur Verfügung stehen und wie belastbar sind sie?

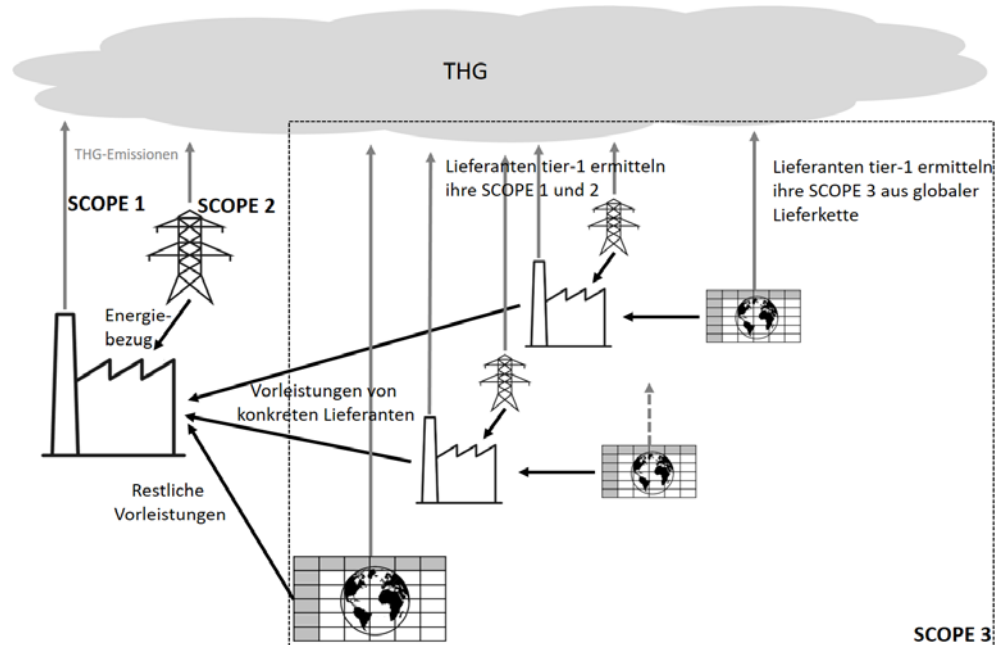


Links zu Leitfaden und Webtool:



Weiterführende Informationen:





> Die Daten aus der Lieferkette können entweder aus der globalen Handelsverflechtung (unten) stammen, oder mit konkreteren Angaben für Scope 1 und 2 von den Lieferanten (Mitte), die für Scope 3 selbst wiederum auf die Handelsdaten zugreifen (rechts). Hieraus ließe sich eine Rekursion mit hoher Genauigkeit entwickeln.

Eine weitere Herausforderung ist beispielsweise der Zeitbezug. Der Quasi-Standard für diese Scope-1-2-3-Bilanzen von dem sogenannten Greenhouse Gas Protocol, einer privatwirtschaftlichen Initiative, fasst unter den Scope-3-Emissionen nicht nur die Lieferantenkette eines Unternehmens zusammen, sondern auch die Emissionen bei den nachgelagerten Kunden, also „downstream“. Diese können zwar fakultativ angegeben werden. Aber wenn sie mit einbezogen werden, kommt es zu Doppelzählungen in der Wertschöpfungskette. Abgesehen davon sind Emissionsangaben über das, was danach passiert, also wenn die Produkte das Werkstor verlassen haben, meistens spekulativ. Solche Bilanzen kommen eher aus der Welt der Produktbilanzen, des sogenannten Life Cycle Assessments, und haben einen anderen methodischen Ansatz. In der praktischen Anwendung werden diese Ansätze derzeit wild durcheinandergeworfen.

Trotzdem ist es für Unternehmen wichtig, Anhaltspunkte zu bekommen, wie groß der Beitrag ihrer Lieferkette zu ihrem Klimafußabdruck ist und wo das Unternehmen am ehesten mit Maßnahmen ansetzen muss. Entsprechende Berechnungen sollten möglichst einfach sein. Schon die Datenbeschaffung stellt eine Schwierigkeit dar: Müssen die eingekauften Produkte alle in Kilogramm erfasst und zurückverfolgt werden? In welcher Detaillierung und Feinheit? Oft sind davon Zehntausende Einzelpositionen und Tausende von Lieferanten betroffen. Der Aufwand für solche Erhebungen steht selten in Relation zu der mangelnden Qualität der damit erhaltenen Bilanz.

Als praxisnahe Alternative wurde zusammen mit dem Thinktank Industrielle Ressourcenstrategien am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und Wissenschaftlern von dem Beratungsunternehmen Sustain aus dem Hamburger Otto-Konzern ein Software-Tool zur Ermittlung der Scope3-THG-Emissionen entwickelt - der „Scope3Analyzer“. Er basiert auf statistischen Daten über die globalen Handelsströme und die jeweiligen nationalen Emissionsbilanzen. Methodisch wird dazu auf sogenannten multiregionalen Input-Output-Analysen (MRIOA) aus der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung aufgebaut, die entsprechend konfiguriert und weiterentwickelt wurden. Für die Berichterstattung der THG-Emissionen hat dieser Ansatz entscheidende Vorteile: Die Daten sind einheitlich erhoben, nach dem gleichen System. Sie werden konti-

nuiertlich nach der gleichen Methode fortgeschrieben. Sie berücksichtigen globale Handelsverflechtungen und sie lassen sich auch auf nicht homogene Vorprodukte anwenden, für die selten Datenbankwerte vorliegen.

Für den Praktiker gibt es noch einen weiteren Vorteil: Die Eingabedaten sind statt der üblichen Kilogramm nun Wertangaben, also in Euro, die von den Einkaufsabteilungen schnell bereitgestellt werden können. Tatsächlich korreliert der Carbon Footprint vieler Produkte eher mit dem Preis als mit der Menge in kg, da mit steigender Wertschöpfung meistens auch mehr Energieeinsatz verbunden ist. Insbesondere Unternehmen, die eine komplexe Zulieferstruktur mit vielen Lieferanten und zahlreichen Vorprodukten haben, profitieren von diesem Tool. Denn es fasst bestimmte Gütergruppen zusammen. Das vereinfacht deutlich die Ermittlung und Eingabe der erforderlichen Zahlen – und zwar ohne, dass die Aussagekraft darunter leidet.

Natürlich liefert eine solche Bilanz auch nur Schätzungen und keine exakten spezifischen Werte. Aber sie kann einer Hotspotanalyse dienen. Hat man festgestellt, welche Lieferketten besonders relevant sind, kann man dort gezielt nachrecherchieren und die Datenbasis verbessern. Doch es gibt noch einen weiteren Vorteil dieser Vorgehensweise: Falls die Lieferanten eine ähnliche Methode oder Bilanz anwenden und diese Werte an ihre Kunden melden, könnte sich eine rekursive Struktur entlang der Wertschöpfungskette ergeben, bei der jeder Lieferant seine direkten und energiebezogenen Emissionen (Scope 1 und 2) exakt erfasst, und die Emissionen der Lieferkette sich dann aus dieser Rekursion ergeben. Je mehr Lieferantestufen daran teilnehmen, desto genauer und spezifischer wird dann der Wert für die eigene Lieferkette eines Unternehmens. Dieses System würde funktionieren, ohne dass man aufwendige Produktbilanzen erstellen müsste. Aber es würde eine verstärkte Kooperation mit den Lieferanten und Vorlieferanten erfordern, die nach dem gleichen System bilanzieren müssten.

DR. MARIO SCHMIDT
ist Professor und Direktor des INEC.
DR. CHRISTIAN HAUBACH
ist Geschäftsführer des INEC.

Glasklar mit viel Luft nach oben

Industriekonsortium gewinnt Förderprojekt zur Acrylglas-Kreislaufführung

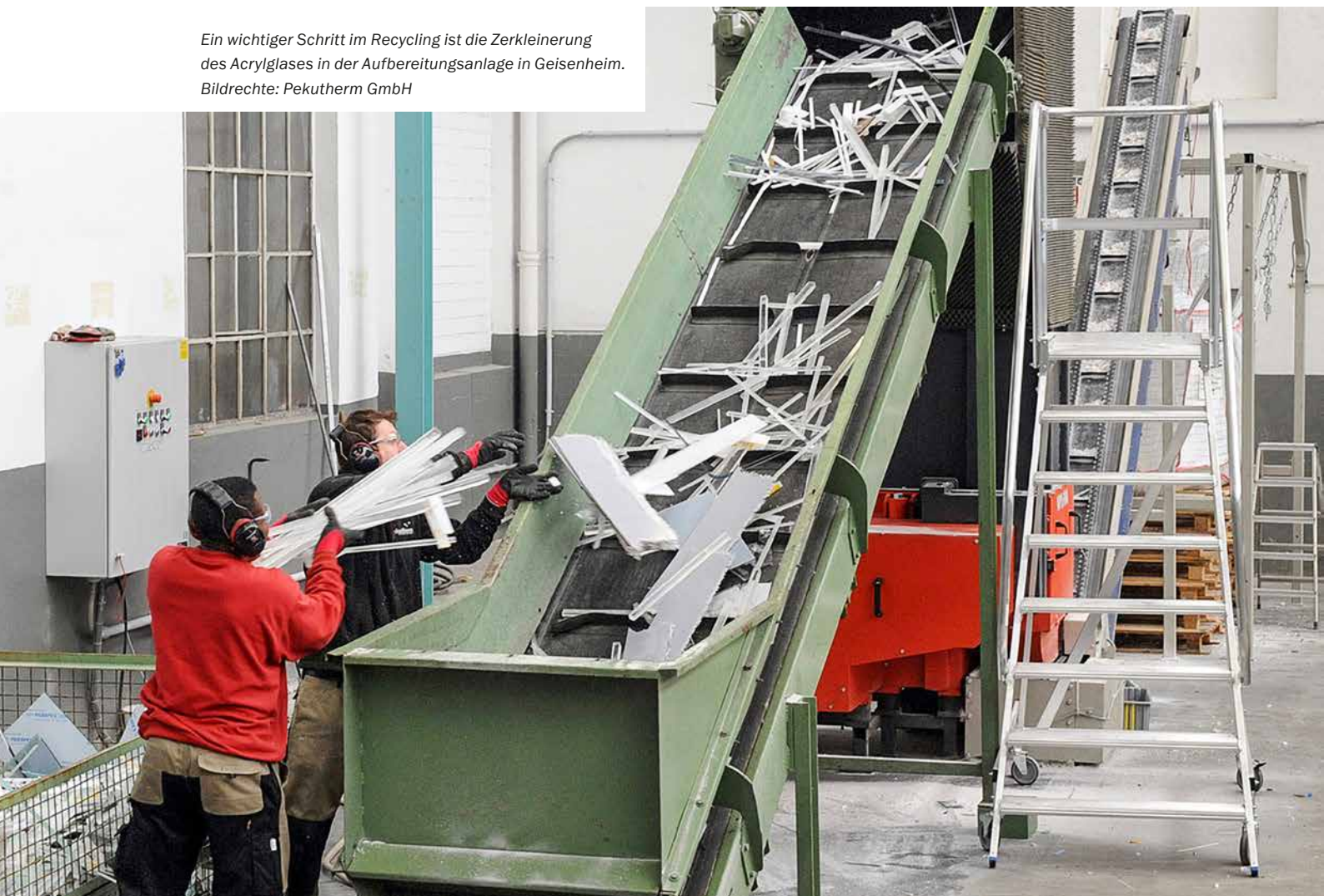
Das Acrylglas-Recyclingunternehmen Pekutherm Kunststoffe GmbH entwickelt gemeinsam mit der Polysecure GmbH, der Hochschule Pforzheim und einem Acrylglas-Anbieter eine innovative Recycling-Lösung, um hochwertige transparente Kunststoffe erkennen und sortenrein verwerten zu können.

VON JÖRG WOIDASKY | erschienen in den KONTUREN HSPF 2023

Der Ansatz wird von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) mit insgesamt knapp 250.000 Euro gefördert. Das Projekt PACE – „PMMA in der Circular Economy“ soll innerhalb von zwei Jahren ein durchgängiges Konzept zur Wiederverwertung für gebrauchtes Acrylglas entwickeln, von dem deutschlandweit derzeit erst 10 % recycelt werden.

Während der Pandemie wurde Acrylglas flächendeckend für Hygiene-Schutzscheiben an Tresen oder in Wartezonen eingesetzt. Auch im Bau-, Kfz- oder Innenausbaubereich, im Messebau oder bei Beleuchtungselementen hat der Werkstoff PMMA eine so hohe Bedeutung, dass das Volumen des europäischen Halbzeug-Marktes für Acrylglas 2020 etwa 230.000 Tonnen

Ein wichtiger Schritt im Recycling ist die Zerkleinerung des Acrylglases in der Aufbereitungsanlage in Geisenheim.
Bildrechte: Pekutherm GmbH





»Aus vielen anderen Vorhaben wissen wir, dass die werkstoffliche Verwertung von Polymeren fast immer die nachhaltigste Entsorgungslösung ist.«

betrug. Die Steigerung des Rezyklatanteils in Acrylglas-Produkten kann zur Verbesserung der Kreislaufwirtschaft beitragen und ist ein starker Antrieb für die an diesem Industriekonsortium beteiligten Unternehmen. Acrylglas ermöglicht in zahlreichen Anwendungen, zum Teil mit sehr hohen Anforderungen an die Optik, sehr lange Nutzungszeiten. Daher sind für eine funktionierende Kreislaufführung höchste Reinheitsanforderungen an die verwendeten Rezyklate einzuhalten.

Dieser Herausforderung stellt sich die Pekturm Kunststoffe GmbH aus Geisenheim. Das Unternehmen ist eines der wichtigsten PMMA-Recyclingunternehmen Deutschlands und wird von Geschäftsführer Heiko Pfister geleitet: „Wir sehen derzeit einen starken Anstieg der Nachfrage nach unseren qualitätsgesicherten Rezyklaten. Um den Markt weiter gut bedienen zu können, müssen wir weitere Materialquellen erschließen, ohne Abstriche an unserer Produktqualität zu machen. Hierfür haben wir mit Polysecure und der Hochschule Pforzheim starke und innovative Partner gefunden.“

Im Rahmen des Projektes „PACE“ soll die Kreislaufwirtschaft von PMMA-Abfällen in Deutschland systematisch entwickelt werden. Ausgangspunkt sind folien- und plattenförmige PMMA-Halbzeuge sowohl aus Post-Industrial als auch aus Post-Consumer-Quellen. Neben der systematischen Prüfung von Erkennungsverfahren sowie der sichtbaren Kennzeichnung von Halbzeugen wird im Rahmen des Vorhabens mit dem Einsatz von Fluoreszenzmarkern ein weiterer, völlig neuer Ansatz verfolgt. Die anorganischen Fluoreszenzmarker werden als

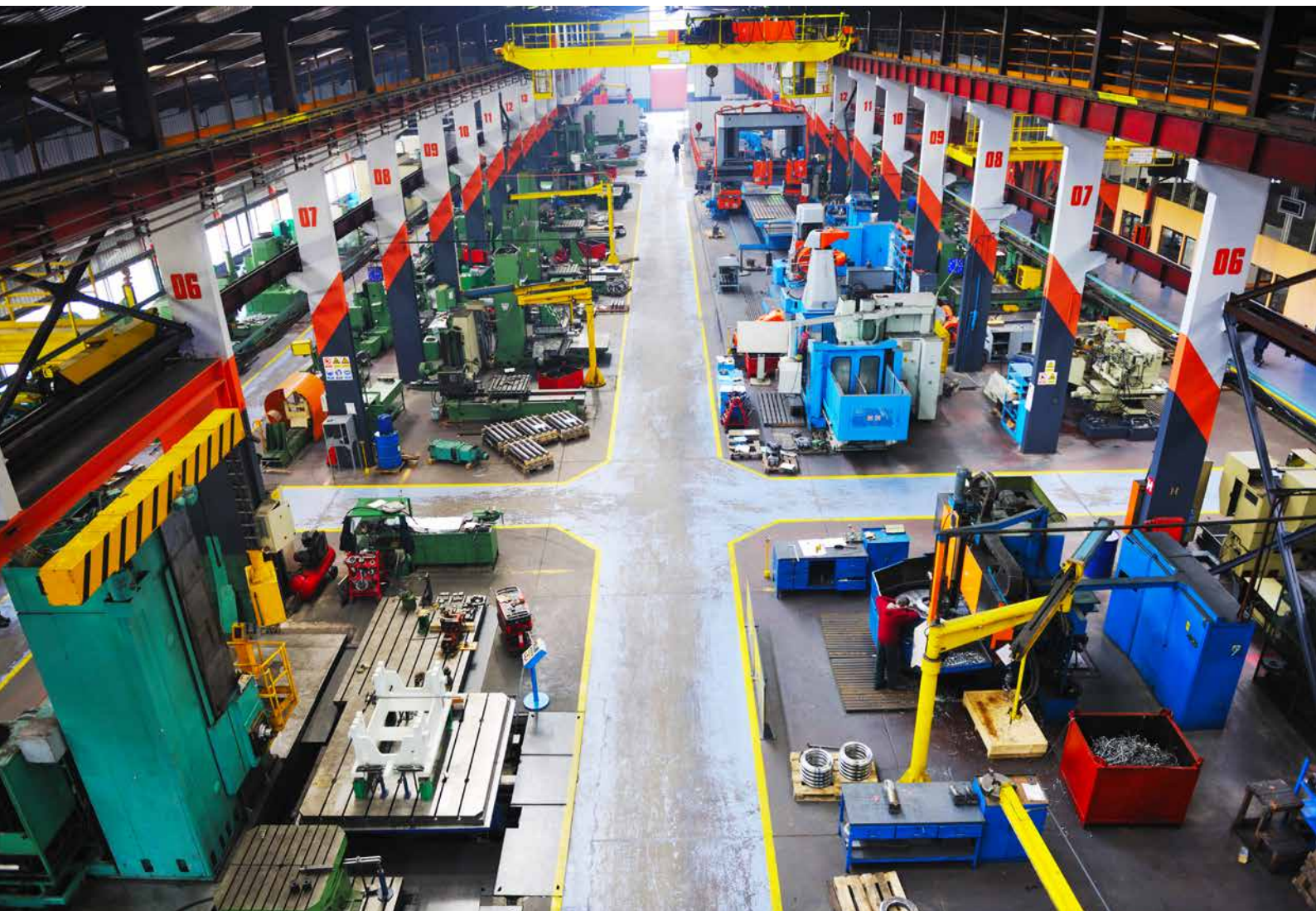
Kennzeichnung in ppm-Konzentrationen den Acrylglas-Produkten zugegeben und ermöglichen in der Herstellungs-, Nutzungs- und Nachnutzungsphase die eindeutige Materialerkennung. „Unsere Fluoreszenzmarker können wie andere Kunststoff-Additive einfach bei der Kunststoff-Formgebung eingearbeitet werden. Sie sollen die Produktnutzung nicht beeinflussen, und im Recycling sind sie einfach und unschlagbar sicher zu erkennen – und genau das ist für das Acrylglas-Recycling erforderlich. Hierbei kann die Erkennung sowohl manuell als auch automatisiert im SORT4CIRCLE®-Prozess von Polysecure umgesetzt werden,“ betont Polysecure-Projektleiter Reiner Just. Im Rahmen des Vorhabens soll u. a. ein mobiler Detektor entwickelt und getestet werden, mit dessen Hilfe insbesondere große, plattenförmige Halbzeuge vor einer Zerkleinerung verlässlich identifiziert werden können.

Für eine überzeugende kreislaufwirtschaftliche Lösung für Acrylglas müssen nicht nur unterschiedlich stark vernetzte PMMA-Qualitäten erkannt, sondern auch andere glasklare Polymere wie Polycarbonat (PC), Polystyrol (PS), Styrol-Copolymere oder PET separiert werden. „Wir werden die technischen Entwicklungen systematisch durchführen und mit einer ökobilanziellen Bewertung begleiten“, kündigt Professor Jörg Woidasky an: „Aus vielen anderen Vorhaben wissen wir, dass die werkstoffliche Verwertung von Polymeren fast immer die nachhaltigste Entsorgungslösung ist. Wir sind deshalb davon überzeugt, dass wir im PACE-Vorhaben mit diesem schlagkräftigen Konsortium einen deutlichen Beitrag zur Umweltentlastung durch Recycling in Deutschland leisten werden.“

DR.-ING. JÖRG WOIDASKY

ist Professor für Nachhaltige Produktentwicklung im Bereich Wirtschaftsingenieurwesen an der Fakultät für Technik.

Lean und Green ergänzen sich!



VON FRANK BERTAGNOLLI

Das aus Japan stammende Toyota Produktionssystem (TPS), welches als Basis für den in produzierenden Unternehmen weit verbreiteten Lean-Ansatz gilt, hat den Fokus auf effiziente Prozesse, um Ressourcen einzusparen. Nach dem zweiten Weltkrieg hatte Japan kaum Ressourcen zur Verfügung, um Produkte herzustellen. So musste mit den vorhandenen Materialien äußerst sorgsam umgegangen werden. Verbunden mit dem Kaizen-Gedanken (stetige Verbesserung der Prozesse) entstand in Japan in einigen Unternehmen eine sehr effiziente und effektive Produktion von Gütern. Allen vorneweg Toyota.

Lean und Ressourceneffizienz verfolgen dasselbe Ziel: mit wenig Input viel Output erreichen. Während bei Lean „Muda“ (jap. für sich abmü-

hen) vermieden werden soll, fokussiert die Ressourceneffizienz auf den effizienten Rohstoff- und Energieeinsatz. Die klassischen sieben Arten von Muda, welche als Verschwendungsarten übersetzt wurden, sind: Überproduktion, Bestände, Transporte, unnötige Bewegung, Warten/Suchen, Prozessübererfüllung und Defekte/Ausschuss/Nacharbeit.

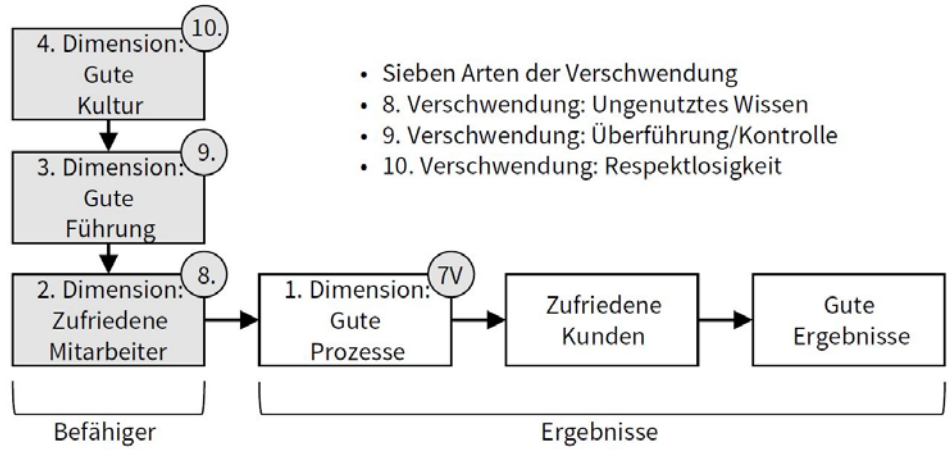
Lean-Prinzipien, welche sich um die Verbesserung von Abläufen und die Vermeidung von Verschwendung annehmen, sind beispielsweise „Jidoka“ oder „Just-in-Time“. Jidoka legt den Fokus auf die Qualität und reduziert Fehler, Ausschuss sowie Nacharbeit. Die ansonsten eingesetzten Materialien und Ressourcen müssten dann entsorgt werden. Damit wären Materialien, Energie und Arbeitskraft verloren. Bei Nacharbeit

müssten zusätzliche Ressourcen eingebracht werden. Just-in-Time (JIT) betrachtet die Prozesse im Sinne der Zeit und der Vermeidung von Beständen, die unnötigerweise durch eine Push-Produktion entstehen. Weiterhin werden Verschwendungen wie Wege, Transporte oder Warten reduziert. Just-in-Time meint dabei die direkte und nahegelegene Anlieferung im Fluss-Prinzip.

Aus ökologischer Perspektive wurde der Lean-Ansatz meistens nur hinsichtlich des Just-in-Time-Themas bewertet und wegen des damit oft zusätzlich erzeugten Güteverkehrs kritisiert. Dabei ist der Grundgedanke von Lean der Idee der Ressourceneffizienz sehr ähnlich. Deshalb führt das Institut für Industrial Ecology (INEC) Forschungsprojekte mit Industriepartnern durch und integriert

> *Lean Empowerment: Zusammenhänge der vier Dimensionen: 1. Prozess, mit den sieben Arten der Verschwendung (7V), 2. Mensch (achte Verschwendungsart) sowie 3. Führung (9. Verschwendungsart) und 4. Kultur (10. Verschwendungsart).*

< *Standardisierte Arbeit in der Produktion: Sicherheit, Ordnung und Sauberkeit sind die Basis für eine Produktion nach Lean-Gesichtspunkten.
Foto: Shutterstock/dotshock*



- Sieben Arten der Verschwendung
- 8. Verschwendung: Ungenutztes Wissen
- 9. Verschwendung: Überführung/Kontrolle
- 10. Verschwendung: Respektlosigkeit

beide Themenfelder in öffentlich geförderten Projekten. Im Fokus steht hierbei die Operational Excellence, die Vermeidung von Verschwendungen und die damit verbundene Ressourceneffizienz.

Im Rahmen von Projekten werden verschiedene Lean-Prinzipien angewendet und weiterentwickelt, um Prozessabläufe effizienter zu gestalten. Die Spanne reicht hierbei von der einfachen Verschwendungssuche und Prozessverbesserung bei Produktionsabläufen, über die Integration von Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz in das Shopfloor-Management (Führen vor Ort) sowie die „Lean-Logistic“ mit neu entwickelten Methoden und der Integration von logistischen Informationsflüssen in Wertstromanalysen. Der Fokus liegt dabei auf den genannten Themen der Ressourceneffizienz, den Menschen, der Produktqualität und der Prozesszeit.

Im Projekt „RE-Plan – Planspiele für Ressourceneffizienz“ wurden beispielsweise eines der sechs Planspiele mit einem Schwerpunkt auf Lean und der damit verbundenen Ressourceneinsparung entwickelt. Es zeigt Möglichkeiten von Lean im Nachhaltigkeitsumfeld spielerisch auf. Integriert wurden dabei auch Maschinen und logistische Tätigkeiten. Zum Einsatz kommen ein um das Thema Nachhaltigkeit ergänztes Shopfloor-Management-Board oder ein effizienter Routenzug nach dem Warenkorb-Prinzip.

Weitere Forschungsfelder ergeben sich im Bereich der Produktentwicklung, die eine Auswirkung auf die spätere Planung und Produktion hat, sowie die Einfachautomatisierung (Karakuri), mit effizienten und intelligenten Lösungen zur Vermeidung von unnötiger Arbeitskraft und Energie.

Publiziert werden zum Thema Lean neben dem Lehr- und Praxisbuch „Lean Management“ (2. Auflage, Springer, Heidelberg) auch Journalartikel mit dem Schwerpunkt „Lean and Green“.

Das aktuelle Forschungsthema am INEC sind die passende Führung und Kultur im Kontext von Lean mit „Lean Empowerment“ (Schäffer-Poeschel). Lean Empowerment geht einen Schritt weiter, als der Gedanke von Lean Leadership und berücksichtigt neben dem Menschen und der Führung auch die Lean-Werte in der Unternehmenskultur. Damit wird die Brücke zum Themenfeld Change-Management geschlagen. Die Begleitung von Veränderungen ist sowohl bei Lean als auch der Ressourceneffizienz notwendig, denn die Ansätze erfordern einen kulturellen Wandel in Unternehmen und bei den Menschen.

DR. FRANK BERTAGNOLLI
ist Professor für „Lean Production und Ressourceneffizienz“ und Leiter des Bachelor-Studiengangs Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz.



< *Lean-Projekt in der Praxis mit dem Einsatz von Cardboard Engineering in Kooperation mit einem Pforzheimer Unternehmen.
Foto: INEC*

Sechs Planspiele für Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz



RE:MATERIAL

RE:MFKR

RE:LEAN

RE:GEBÄUDE

RE:PRODUKTION

RE:DESIGN

Spielerisch ressourceneffizientes Handeln zu verstehen und in der Praxis umzusetzen, so dass CO₂ eingespart werden kann, ist das Ziel einer Reihe von sechs Planspielen, die das Institut für Industrial Ecology (INEC) zusammen mit ihren Projektpartnern RKW Projekt GmbH und Umwelttechnik BW GmbH entwickelt hat.

www.replan-spiele.de



VON FRANK BERTAGNOLLI | erschienen
in den KONTUREN HSPF 2023

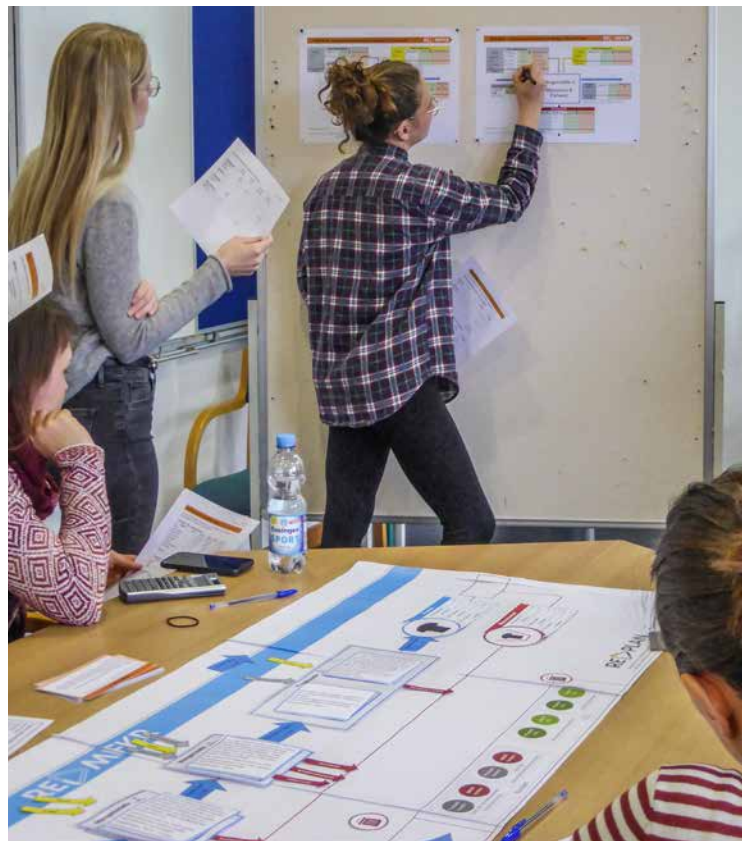
Ausgangspunkt war ein Forschungsprojekt der nationalen Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit mit dem Fokus auf den Themen Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz.

„Sie sind Leiter*in der Produktion und müssen sich für eine der folgenden Möglichkeiten entscheiden...“ mit dieser Instruktion werden Teilnehmende in unterschiedlichste Rollen der Industrie gebracht und müssen sich überlegen, wie sie effizient und effektiv agieren können, um die gesteckten Ziele der Betriebswirtschaft und Nachhaltigkeit zu erreichen.

Die sechs Planspiele bilden unterschiedliche Themengebiete ab: Produktentstehung mit Ecodesign, Lean Production und Logistik, Materialflusskostenrechnung, Energie- und Stoffstrommanagement, Energieeffizienz in Verwaltungsgebäuden sowie bei Querschnitts-



< *Lean in Aktion: Beim Planspiel zu Lean Production werden unterschiedliche Produktvarianten zusammengebaut und dabei alle Produktions- und Logistikprozesse auf deren Ressourceneffizienz überprüft und schrittweise verbessert. Foto: Nadja Flad*



^ *Aktivitäten und Berechnungen im Planspiel über Energie- und Stoffstrommanagement. Foto: Michael Karalus*

^ *Studierende des Masterstudiengangs Lifecycle & Sustainability (MLICS) im Planspiel zur Materialflusskostenrechnung. Foto: Nadja Flad*

technologien. Egal mit welcher Methodik oder Thematik man sich dem Thema nähert, die unterschiedlichen haptischen Planspiele zeigen auf, wie Kosten, Energie, Ressourcen und CO₂ eingespart werden können.

Spielerisch werden in den sechs unterschiedlichen Planspielen Alltagssituationen und notwendige Entscheidungen simuliert. Im geschützten Raum des Planspiels sind Fehler erlaubt, um daraus für die Realität zu lernen. Alle Entscheidungen und Handlungen können anhand von Kennzahlen über mehrere Runden immer wieder überprüft werden und geben so eine Rückmeldung zum eigenen Handeln. Methoden, Vorgehensweisen und Einflussfaktoren für eine spätere praktische Umsetzung in der Wirtschaft werden hierbei geübt und identifiziert.

Die in den Spielen vermittelten Kenntnisse und Methoden qualifizieren Mitarbeiter*innen, bestehende Strukturen in den Unternehmen zu hinterfragen und darüber hinaus eine Verhaltensänderung hin zu einem ressourcenschonenderen und damit auch klimafreundlicheren Handeln anzustoßen. So stellen alle Planspiele eine sehr gute Möglichkeit dar, die Kreativität der Mitarbeiter*innen zu nutzen und die Zusammenarbeit über Abteilungs- und Hierarchiegrenzen hinaus zu fördern. Dabei ergeben sich neue Ideen für einen Transfer in die eigene unternehmerische Praxis. Langfristiges Ziel der Spiele ist

es, Klimaschutz- und Ressourceneffizienz-Maßnahmen dauerhaft in Prozessen zu verankern.

Die Planspiele stehen kostenfrei zum Download zur Verfügung und wurden mit ihren Konzepten und Vorgehensweisen durch die Herausgeber Kerstin Anstatt, Frank Bertagnolli und Mario Schmidt in einem 420-seitigen Buch veröffentlicht: **Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit – Sechs Planspiele für die betriebliche Weiterbildung** (2022, Springer, Open Access, <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-64071-5>). Zusammen mit dem Buch können sich Interessierte alle Planspielunterlagen herunterladen, diese selbst aufbauen und durchführen.

Neben der Industrie interessieren sich auch andere Hochschulen und Universitäten für die Planspiele. An der Hochschule Pforzheim kommen sie zum Beispiel im Masterstudiengang Lifecycle & Sustainability (MLICS) zum Einsatz. Ganz nach dem Motto: Spielen, Erfahrung sammeln, in der Praxis umsetzen und Nachhaltigkeitsziele erreichen.

DR. FRANK BERTAGNOLLI

ist Professor für Lean Production und Ressourceneffizienz und forscht am Institut für Industrial Ecology (INEC). Er war im Projekt RE:Plan vor allem für das Planspiel mit dem Schwerpunkt „Lean Production“ verantwortlich.

IDEEN FRÜH BEWERTEN,
WENN EINFLUSSMÖGLICHKEITEN
AM HÖCHSTEN SIND.

green-check-your-idea.com



L-BANK
Landesbank für Baden-Württemberg

Annika Reischel präsentiert
die Ergebnisse von Green Check
Your Idea auf dem Ressourcen-
effizienz-Kongress 2019.
Foto: Mario Schmidt



KONGRESS BW

Nachhaltigkeitsorientierte Innovationen in Unternehmen initiieren und umsetzen

VON CLAUD LANG-KOETZ UND SVEN SCHIMPF | erschienen in den KONTUREN HSPF 2022

Leitlinien und Methoden für die Praxis

Nachhaltigkeit spielt für Wirtschaft und Industrie eine immer wichtigere Rolle, auch in Bezug auf Produkte und Lösungen – und damit auch für Innovationsaktivitäten von Unternehmen.

Im Innovationsmanagement wird die Grundlage für die Produkte und Lösungen der Zukunft gelegt. Es adressiert die Organisation der „Generierung und Umsetzung von neuen Ideen in marktfähige Leistungen“.

Wie können nun Nachhaltigkeitsaspekte in den Innovationsaktivitäten des Unternehmens verankert werden? Eine Schlüsselrolle nehmen hier nachhaltigkeitsorientierte Innovationen ein. Dies sind Innovationen, die nicht nur ökonomischen Nutzen, sondern auch sozialen und ökologischen Mehrwert schaffen.

Um solche Innovationen auf den Weg zu bringen, müssen Nachhaltigkeitsaspekte in das Innovationsmanagement integriert werden. Zum Stand der Dinge in der Industrie haben wir 110 Unternehmen mit folgenden Ergebnissen befragt: 58 Prozent der Teilnehmenden haben konkrete Ziele in Bezug auf Nachhaltigkeit in ihrer Innovationsstrategie verankert. Ebenfalls 58 Prozent nutzen bereits ökologische Kriterien zur Bewertung von Innovationsideen, nur 40 Prozent jedoch berücksichtigen soziale Kriterien. Es zeigt sich auch, dass Nachhaltigkeits- und Innovationsmanagement in der Praxis nur wenig miteinander verzahnt

sind: Lediglich 24,5 Prozent der befragten Unternehmen beziehen Expert*innen aus dem Nachhaltigkeitsmanagement in Innovationsaktivitäten des Unternehmens mit ein.

Diese Ergebnisse und viele Gespräche mit Praktikern aus der Industrie zeigen: Nachhaltigkeit scheint noch kein integraler Bestandteil des Innovationsmanagements von Unternehmen zu sein. Es wird häufig als einschränkender Faktor gesehen, mit dem zusätzliche Anforderungen einhergehen, weniger als Chance für Innovation.

Hinterfragt man jedoch klassische Denkmodelle und Paradigmen und denkt Lösungen komplett neu, dann können klare Vorteile gegenüber Wettbewerbern im Zusammenspiel sozialer, ökologischer und ökonomischer Faktoren entstehen. Dazu sollten im klassischen Innovationsprozess von der Anforderungsermittlung über die Ideengenerierung bis zur Umsetzung auch ökologische und soziale Aspekte berücksichtigt werden.

In den letzten Jahren haben wir uns in Forschungsprojekten intensiv mit der Integration von Nachhaltigkeitsmanagement und Innovationsmanagement und der methodischen Unterstützung bei der Umsetzung nachhaltigkeitsorientierter Innovation beschäftigt.

Name	Zweck	Weitere Informationen
Methodenkoffer für nachhaltige Innovationsideen	Methodenset zur Einbringung von ökologischen und sozialen Nachhaltigkeitsaspekten in Kreativitätsprozesse <i>Leitfaden, entwickelt an der Hochschule (Design Factory-Projekt und INEC) siehe Beitrag von Preiss et al. in diesen KONTUREN, Seite 076</i>	https://tinyurl.com/nachhaltigkeitkeitscoach
Geschäftsmodelle für Circular Economy	Entwicklung von Ideen für zirkuläre und nachhaltigere Geschäftsmodelle <i>Methode, entwickelt in Masterarbeit im Studiengang Life Cycle & Sustainability</i>	https://tinyurl.com/ce-businessmodel
Impulse durch grüne Startups	Ideen von grünen Startups nutzen, um Innovationen voranzubringen <i>Konzept für Unternehmen, entwickelt im Forschungsprojekt GrüNetz durch INEC, Umwelttechnik BW und Grünhof</i>	https://www.pure-bw.de/de/gruenetz
Green Check Your Idea	Ermittlung und Verbesserung der Umweltwirkungen von Innovationsideen <i>Web-Tool, entwickelt von INEC, Annika Reischl und Umwelttechnik BW, siehe auch Infokasten</i>	https://www.green-check-your-idea.com

Daraus haben wir folgende Aspekte abgeleitet, die wir bei der Entwicklung nachhaltigkeitsorientierter Innovationen als zentral erachten und die als Handlungsleitlinien für Unternehmen dienen können:

➤ **Nachhaltigkeitstrends im Unternehmensumfeld erkennen**

Unternehmen sollten aktuelle Entwicklungen und Trends mit Bezug zu Nachhaltigkeitsthemen und deren Einfluss auf Innovationsaktivitäten kontinuierlich betrachten. Anforderungen aus gesetzlichen Regeln zu CO₂-Fußabdruck, Umweltwirkungen und Lieferkettentransparenz sind zu ermitteln und zu konkretisieren. Weiterhin empfiehlt es sich, eine Priorisierung auf Basis möglicher Auswirkungen betrachteter Trends durchzuführen und konkrete Nachhaltigkeits-Innovationsziele und -aktivitäten abzuleiten. So wird der strategische Rahmen für ein nachhaltigkeitsorientiertes Innovationsmanagement gesetzt.

➤ **Lösungen komplett neu denken**

Nachhaltigkeitsorientierte Innovationen erfordern ein komplett neues Denken. Anstatt bestehende Lösungen inkrementell zu verbessern, sollten etablierte Vorgehensweisen und Paradigmen hinterfragt werden. Als Leitfragen eignen sich hier beispielsweise: Wie muss eine Lösung für Kund*innen gestaltet werden, um einen bestmöglichen Beitrag zur Umsetzung der Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen leisten? Wie kann der Hauptnutzen einer bestehenden Lösung erzielt werden, ganz ohne CO₂-Fußabdruck? Hier sind neue Ideen gefragt, um Innovationssprünge zu ermöglichen.

➤ **Auswirkungen gezielt analysieren**

Als Grundlage für die Ermittlung von Verbesserungsmöglichkeiten dient eine fundierte Informations- und Datenbasis. Daher sollten ökologische und soziale Auswirkungen der eigenen Produkte und Lösungen über ihren Lebenszyklus hinweg ermittelt und transparent gemacht werden. Dabei sind sämtliche Phasen eines Produktsystems von der Rohstoffbeschaffung oder Erzeugung aus natürlichen Ressourcen über die Produktion, Logistik und Nutzung des Produkts bis hin zur Entsorgung zu betrachten.

Natürlich existieren im Innovationsmanagement und im Nachhaltigkeitsmanagement bereits vielfältige Methoden, beispielhaft genannt seien hier Trendmanagement / Corporate Foresight, Kreativitätstechniken zur Unterstützung der Ideenfindung oder Ökobilanzierung zur Analyse der Umweltwirkungen bestehender Produkte. Diese können die oben genannten Aspekte bzw. Handlungsleitlinien teilweise, jedoch nicht gänzlich abbilden.

Zur Unterstützung eines nachhaltigkeitsorientierten Innovationsmanagements sind in den letzten Jahren daher eine stetig wachsende Zahl frei verfügbarer Methoden und Tools entstanden. Einige wurden an der Hochschule Pforzheim entwickelt und sind in der Tabelle dargestellt. Sie können sowohl von Unternehmen als auch in der Lehre eingesetzt werden. Für die aufgeführten Methoden stehen weitere Erläuterungen und Arbeitsmaterialien zur Verfügung.

Anmerkung: Kernaussagen dieses Artikels wurden in ähnlicher Form im IHK-Magazin Nordschwarzwald Nr. 5, Mai 2022 veröffentlicht.

DR.-ING. CLAUD LANG-KOETZ ist Professor für Nachhaltiges Technologie- und Innovationsmanagement und stellvertretender Leiter des Instituts für Industrial Ecology (INEC).
DR.-ING. SVEN SCHIMPF ist Geschäftsführer des Fraunhofer-Verbunds Innovationsforschung sowie Professor für Innovations- und Interdisziplinaritätsforschung und Direktor des Instituts für Human Engineering & Empathic Design (HEED).

Ermittlung und Verbesserung der Umweltwirkungen von Innovationsideen mit dem kostenfreien Tool »Green Check Your Idea«:
www.green-check-your-idea.com





<
Gruppenbespre-
chung im Rahmen
des „Startup
Summer Camp
Sustainable
Innovation“ im
Creative Space
Bildrechte: HS PF

Innovationen nachhaltiger gestalten

Ein Werkzeugkoffer für das
Nachhaltigkeitscoaching.

VON PHILIPP PREISS UND CLAUS LANG-KOETZ | erschienen in den KONTUREN HSPF 2022

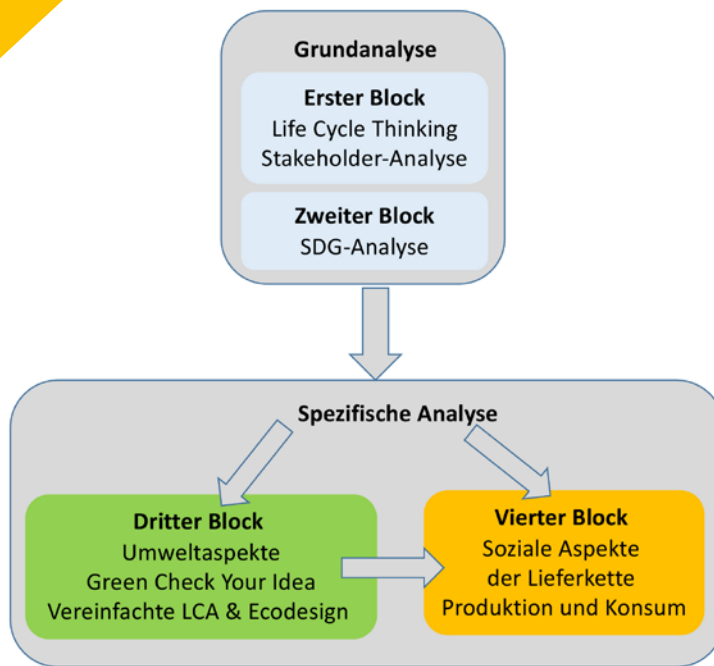
Ideen, kleine wie große, sind Nährboden für Innovationen. Sie sind mehr denn je relevant für unsere Gesellschaft. Wie sieht ein Umfeld aus, in dem Innovationen gelingen?

Ein wichtiger Aspekt ist deren Bewertung, um die richtige Auswahl zu treffen und so nachhaltigkeitsorientierte Innovationen voran zu bringen. Umweltaspekte wie Klimawandel oder der Verlust der biologischen Vielfalt, aber auch soziale Aspekte wie Auswirkungen auf Arbeitsplätze und Gesundheit sollten berücksichtigt werden. So können mögliche Auswirkungen einer Innovationsidee ermittelt und im Idealfall noch verbessert werden.

Die siebzehn Ziele für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen (SDGs) sollen bis 2030 erreicht werden.⁴ Im dazu

nötigen Wandel der Wirtschaft hin zu einer nachhaltigen Entwicklung spielen Startups eine wichtige Rolle. Sie können einen Beitrag dazu leisten, die politisch gesetzten Nachhaltigkeitsziele zu erreichen.

Zur Integration von Nachhaltigkeitsaspekten in den Innovationsprozess benötigen gerade Gründerteams Unterstützung. Daher wurde im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) geförderten Projekts „Design Factory Pforzheim“ (DFPF) ein Leitfaden für Nachhaltigkeitscoaching weiterentwickelt, um eine methodische Unterstützung zu bieten. Ein



Das Coaching-Konzept ist in einem Leitfaden für Praktiker detailliert beschrieben und steht zusammen mit weiteren Arbeitsmaterialien kostenfrei zum Download zur Verfügung:

www.hs-pforzheim.de/nachhaltigkeitscoaching



Ziel des Projekts ist es, unternehmerisch denkende und handelnde Persönlichkeiten – die Entrepreneure wie auch die Intrapreneure von morgen – zu befähigen und zu fördern. Das Coaching-Konzept ist in enger Kooperation der DFPF mit dem Institut für Industrial Ecology (INEC) entstanden. Aus verschiedenen Perspektiven wird die Frage adressiert, wie Innovationsideen mit einem Nachhaltigkeitsbeitrag entwickelt und bewertet werden können. Es enthält die vier in der folgenden Abbildung dargestellten Elemente und basiert auf einem iterativen Prozess aus konzeptioneller Arbeit sowie Anwendungstests zur Validierung und Optimierung.²

Die im Konzept enthaltenen Methoden können als Ergänzung zur Ideengewinnung eingesetzt werden, um einen ganzheitlichen Fokus auf Nachhaltigkeitsaspekte einzubringen. Voraussetzung ist eine vorhandene Innovationsidee. Diese wird dann aus den Nachhaltigkeitsperspektiven betrachtet.

Wie läuft nun ein entsprechendes Nachhaltigkeitscoaching ab? Zunächst erhalten Teilnehmende einen inhaltlichen Input zu den Zielen der nachhaltigen Entwicklung. Die Betrachtung der Innovationsidee erfolgt dann mit den Konzepten Ökobilanzierung, Bewertung von sozialen Aspekten, Einschätzung des Beitrags zu den SDGs, Life Cycle Thinking und Ökodesign. Die Teilnehmenden können

die eine oder andere Methode dann nutzen, um die eigene Geschäftsidee nachhaltiger zu entwickeln. Das Konzept ist für kleine Gruppen bis zu ca. sechs Personen geeignet, die gemeinsam an einer Idee arbeiten. Weiterhin wird das Bewertungsinstrument „Green Check Your Idea“ (GCYI) vorgestellt und Teile davon genutzt, um die Ideen der Teilnehmenden aus der Umweltperspektive zu betrachten, zu analysieren und zu verbessern.³ Damit kann ein erstes Verständnis für die Komplexität der Entstehung von Umweltauswirkungen unter Berücksichtigung des gesamten ökologischen Produktlebenszyklus vermittelt werden. Das Coaching-Konzept bietet eine praxiserprobte Zusammenstellung von geeigneten Methoden zur Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten im Innovationsprozess. Es ist nicht nur für Gründerteams, sondern auch für Innovationsentwickler in Industrieunternehmen geeignet.

DR.-ING. PHILIPP PREISS ist wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der Design Factory Pforzheim und am Institut für Industrial Ecology (INEC).
DR.-ING. CLAUS LANG-KOETZ ist Professor für Nachhaltiges Technologie- und Innovationsmanagement und stellvertretender Leiter des Instituts für Industrial Ecology (INEC).

¹ Sustainable Development Goals UN DESA 2015

² Das Coaching-Konzept wurde im Rahmen der Entrepreneurship Education an der Hochschule Pforzheim entwickelt und seit 2018 jährlich in der Veranstaltung „Startup Summer Camp – Sustainable Innovation“ angewendet.

³ Das Tool ist kostenfrei verfügbar unter <https://www.green-check-your-idea.com>

Beidhändigkeit im Innovationsmanagement

VON CLAUD LANG-KOETZ, STEPHAN FISCHER, SABRINA WEBER
UND ANNIKA REISCHL | erschienen in den KONTUREN HSPF 2021



Neue Ideen verfolgen und gleichzeitig vorhandene Ressourcen bestmöglich nutzen

Eine hohe Innovationsfähigkeit ist mehr denn je relevant für das Überleben von Unternehmen. Als Treiber wirkt die fortschreitende Technologieentwicklung, insbesondere im Bereich der Digitalisierung, aber auch der Trend zur Nachhaltigkeit und Veränderungen des Marktes und der Kundenbedürfnisse. In manchen Bereichen ist ein disruptiver Wandel möglich: ganze Geschäftsmodelle fallen weg, und bestehende Produkte und Dienstleistungen werden komplett in Frage gestellt.

Durch die Corona-Pandemie werden diese Effekte in den Unternehmen nochmals beschleunigt. Viele Unternehmen stehen daher vor der Aufgabe, besonders innovativ zu sein, um diese Herausforderungen zu bewältigen. Sie müssen daher kontinuierlich Innovationen entwickeln, um den Kunden attraktive Lösungen anbieten zu können: Produkte und Verfahren, aber auch neuartige Geschäftsmodelle.

Im Innovationsmanagement kommen hier zwei unterschiedliche Perspektiven zusammen: Unternehmen sollten einerseits eine klare Ausrichtung auf die bestmögliche Nutzung von Ressourcen haben, dies bezeichnet man als Exploitation. Andererseits sollten sie neue Ideen und Innovationsansätze entwickeln (als Exploration bezeichnet). Diese beiden Perspektiven werden mit dem Begriff Ambidextrie (Beidhändigkeit) charakterisiert. Beide gleichzeitig zu verfolgen, stellt viele Unternehmen in der Praxis vor Herausforderungen.

^
Professor Dr. Stephan Fischer,
Herbert Wackenhut (Wirtschafts-
förderung Nordschwarzwald
GmbH) und Professor Dr. Claus
Lang-Koetz.

Bildrechte: Wirtschaftsförderung
Nordschwarzwald

Um beide Perspektiven umzusetzen, können Unternehmen eine strukturelle Trennung (Exploitation und Exploration verteilt auf verschiedene Einheiten), eine zeitliche Trennung (Exploitation und Exploration verteilt über die Zeit) oder eine kontextuelle Trennung (Individuen verteilen ihre Zeit zwischen Exploitation und Exploration) vornehmen. Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) haben jedoch nur begrenzte Ressourcen und können daher in den meisten Fällen keine spezifischen Organisationseinheiten aufbauen, um Exploitation und Exploration parallel zu bearbeiten.

Im Forschungsprojekt „InnoDiZ - Selbstorganisiertes Innovationsmanagement im digitalen Zeitalter“ untersuchen Forschende aus der Fakultät für Wirtschaft und Recht an der Hochschule Pforzheim unter anderem das Exploitations- und Explorationsdilemma. Das Projektteam unter der Leitung der Professoren Dr. Claus Lang-Koetz (Institut für Industrial Ecology (INEC)) und Dr. Stephan Fischer (Institut für Personalforschung (IfP)) arbeitet mit Projektpartnern aus Beratung und Industrie an praxisnahen Ansätzen zum Umgang mit Ambidextrie in KMU.

Das Projekt läuft noch bis Ende 2021 und wird im Rahmen des Förderprogramms „Zukunft der Arbeit“ als Teil des Dachprogramms „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und dem Europäischen Sozialfond gefördert (Förderkennzeichen 02L17C500). Der Projektverbund besteht aus zwei weiteren Entwicklungspartnern und fünf Anwendungspartnern – KMU aus verschiedenen Branchen mit Sitz in Süddeutschland.

Die beiden Institute INEC und IfP erforschen und entwickeln im Kontext der Blended-Learning-Weiterbildung „Innovationsmanagement in KMU“ relevante Inhalte für die Unterstützung der Anwendungspartner beim Thema des selbstorganisierten Innovationsmanagements im digitalen Zeitalter. Dazu gehört die Auswahl geeigneter klassischer und agiler Innovationsmanagement-Methoden, die in der Praxis benötigt werden und eine hohe Akzeptanz erfahren. Diese werden didaktisch sinnvoll in Form von Lernvideos und anderen Lernmaterialien auf einer Lern- und Kollaborationsplattform aufbereitet. Übergreifend wird ein entsprechendes Vorgehensmodell für das Innovationsmanagement in KMU entwickelt.

Die Keynote von Prof. Dr. Stephan Fischer beim Innovationstag können Sie hier abrufen: www.youtube.com/watch?v=LdxPa_EbxhM

Den Workshop von Prof. Dr. Claus Lang-Koetz beim Innovationstag können Sie hier abrufen: www.youtube.com/watch?v=RxDg-4cnREQ

Zur Website des BMBF-Projekts InnoDiZ geht es hier: www.innodiz.com



Aktuelle Ergebnisse aus dem Projekt stellte Professor Dr. Stephan Fischer auf dem „Innovationstag Nordschwarzwald“ im März 2021 vor, einer gemeinsamen virtuellen Veranstaltung von Wirtschaftsförderung Nordschwarzwald und Hochschule Pforzheim, an der knapp 160 Interessierte teilnahmen. Dort zeigten namhafte Referierende aus Wirtschaft und Wissenschaft, wie man erfolgreich innoviert, welche Methoden und Konzepte dabei hilfreich sind und wie man den „Nährboden für Innovation“ im Unternehmen schafft. In Workshops wurden diese Themen mit den Teilnehmenden diskutiert und vertieft.

In seiner Keynote mit dem Titel „Innovationsmanagement in einer ambidextren Arbeitswelt: kreativ und effizient neue Lösungen finden“ stellte Professor Fischer dar, wie das Modell der kontextuellen Ambidextrie für das Innovationsmanagement von KMU angewendet werden kann. Durch Nutzung von Ansätzen und Methoden eines klassischen und eines agilen Innovationsmanagements kann es kleinen und mittelständischen Unternehmen gelingen, die Herausforderung von Exploitation und Exploration zu lösen. Er ging weiterhin darauf ein, wie dies im Kontext der Entwicklung von Innovationsstrategie, Innovationsprozess und generell Innovationsaktivitäten ausgestaltet werden kann. Professor Dr. Claus Lang-Koetz diskutierte in seinem Workshop gemeinsam mit den Teilnehmenden, welche Barrieren für Innovation in KMU auftreten und wie diese überwunden werden können.

Das Thema Ambidextrie im Innovationsmanagement in KMU hat das InnoDiZ-Projektteam auch in einem Beitrag zu einer internationalen, aufgrund der Pandemie virtuell stattgefundenen, Konferenz im vergangenen Jahr aufgegriffen (Reischl, Annika; Lang-Koetz, Claus; Weber, Sabrina; Fischer, Stephan (2020): Contextual ambidexterity: Tackling the exploitation and exploration dilemma in SMEs through two different innovation management approaches. In: International Society of Professional Innovation Management (Hg.): Proceedings of The ISPIM Innovation Conference – Innovating in Times of Crisis, 7-10 June 2020: LUT Scientific and Expertise Publications).

DR. CLAUD LANG-KOETZ

ist Professor für Nachhaltiges Technologie- und Innovationsmanagement und forscht am Institut für Industrial Ecology (INEC).

DR. STEPHAN FISCHER

ist Professor für Personalmanagement und Organisationsberatung und Direktor des Instituts für Personalforschung (IfP).

DR. SABRINA WEBER

ist Senior Research Associate am Institut für Personalforschung (IfP).

ANNIKA REISCHL

ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Industrial Ecology (INEC).

»Green Check your Idea«

VON ANNIKA REISCHL, CLAUS LANG-KOETZ UND FLORIAN SORG | erschienen in den KONTUREN HSPF 2020


Neues Online-Tool ermöglicht Bewertung von Innovationsideen unter ökologischen Gesichtspunkten

Unternehmerisches Denken fördert neue Ideen. Viele motivierte Menschen entwickeln als Gründer ihre eigene Geschäftsidee und bringen sie auf den Weg in Markt und Gesellschaft. Wie können sie aber sicherstellen, dass aus einer Innovationsidee auch ein umweltfreundliches Produkt wird? Hier setzt das neue Online-Tool „Green Check your Idea“ an. Es zeigt auf, wie Innovationsideen nach ökologischen Gesichtspunkten bewertet und optimiert werden können.

Entstanden ist das Tool in einer Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Industrial Ecology (INEC) der Hochschule Pforzheim und Umwelttechnik BW, der Landesagentur für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz Baden-Württemberg (UTBW). Es steht Interessierten seit Herbst 2019 zur Verfügung. „In den frühen Phasen eines Innovationsprojekts bestehen die größten Einflussmöglichkeiten auf die Merkmale und Eigenschaften eines Produkts, die später zu negativen Umweltwirkungen führen können“, erläutert Dr. Claus Lang-Koetz, Professor für Nachhaltiges Technologie- und Innovationsmanagement an der Hochschule Pforzheim.

Die Idee, ein Tool zu entwickeln, griff Annika Reischl, wissenschaftliche Mitarbeiterin am INEC, auf und arbeitete sie im Rahmen ihrer Bachelorarbeit detailliert aus. „Die Herausforderung bestand darin, eine möglichst einfache und praxisnahe Vorgehensweise zu entwickeln, und dabei sicher zu stellen, dass grundlegende wissenschaftliche Prinzipien eingehalten werden können“, so Annika Reischl. In Coaching-Sessions mit Start-ups fanden erste Tests statt. Das Feedback war positiv, sodass entschieden wurde, das Konzept in ein Online-Tool umzusetzen. „Für uns ist wichtig, grüne Ideen schon in der Frühphase kennenzulernen, damit wir unterstützen oder vernetzen können“, so Dr.-Ing. Hannes Spieth, Geschäftsführer von Umwelttechnik BW, „neben den Coaching-Angeboten während unserer Start-up-Events ist ein ganzjähriges, niederschwelliges Angebot wie ein Online-Tool ein logischer Schritt.“ Die Landesagentur vergab daher einen Auftrag zur informationstechnischen Umsetzung und setzte in Zusammenarbeit mit einer Agentur und dem INEC das Online-Tool um.

In einem ersten „Quick Check“ können Nutzer*innen ihre Idee und bisherigen Aktivitäten bewerten. Anschließend können sie mit Lehrvideos, in denen erste Ansätze der Bewertung von ökologischen Aspekten erklärt werden, tiefer in die Thematik einsteigen. Das neue Wissen kann schließlich in interaktiven Elementen des Tools auf die eigene Idee angewendet werden. Ergebnisse sind speicher- und exportierbar, um die Thematik auch im Laufe der Weiterentwicklung der Idee weiterverfolgen zu können.

Das Tool ist unter www.green-check-your-idea.com verfügbar. Start-ups und andere interessierte Unternehmen können es kostenfrei nutzen. 



Professor Dr. Claus Lang-Koetz

„Für uns ist wichtig, grüne Ideen schon in der Frühphase kennenzulernen, damit wir unterstützen oder vernetzen können.“ Dr.-Ing. Hannes Spieth

„Es ist uns wichtig, mithilfe des Tools aufzuzeigen, dass ein Blick auf den gesamten Lebenszyklus eines Produkts bereits von Anfang an von hoher Bedeutung ist und auch im Sinne einer Circular Economy gedacht wird“, betont Florian Sorg, Projektleiter Kreislaufwirtschaft und Ökodesign bei Umwelttechnik BW. Im Online-Tool können der ökologische Produktlebenszyklus skizziert und Prozesse von der Rohstoffgewinnung und -bereitstellung, über die Produktion, die Verpackung und den Transport sowie die Nutzung bis hin zum Recycling und der Entsorgung näher betrachtet werden. Auf diese Weise werden Schwachstellen aufgedeckt und potenzielle Umweltwirkungen analysiert. Welche Maßnahmen ergriffen werden können, um Produkte hinsichtlich ökologischer Aspekte zu optimieren, wird anhand von Ökodesignprinzipien für die unterschiedlichen Lebenszyklusphasen dargestellt. Hier können Handlungsbedarf und erste Angriffspunkte zur Optimierung der eigenen Idee identifiziert werden.

ANNIKA REISCHL

ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Industrial Ecology (INEC).

DR. CLAUS LANG-KOETZ

ist Professor für Nachhaltiges Technologie- und Innovationsmanagement und forscht am INEC.

FLORIAN SORG

ist Projektleiter bei der Landesagentur Umwelttechnik BW in Stuttgart.

Recyceltes Gold aus der Goldstadt ist auch ökologisch goldig

VON MARIO SCHMIDT |
erschiene*n* in den KONTUREN HSPF 2020



^
Ein Goldnugget aus
den Goldgruben
des brasilianischen
Regenwaldes
(ca. 2,5 cm Länge)

Wie kaum ein anderer Rohstoff begleitet Gold die Menschheitsgeschichte, löst Emotionen und Begehrlichkeiten aus und steht für Erfolg und Reichtum. Aber mit der Goldgewinnung ist Mühsal und Verderben verbunden, wissenschaftlicher: soziale und ökologische Begleitumstände, die immer häufiger auch beim Endverbraucher in Frage gestellt werden. Wie sieht die Ökobilanz der Goldgewinnung aus?

Was für Arbeitsbedingungen herrschen beim Goldabbau? Gibt es auch Fair Gold oder Green Gold? Ein wichtiger sozialer und ökologischer Brennpunkt ist die Gewinnung von Gold im handwerklichen Kleinbergbau. Sie erfolgt immer noch mit Methoden wie im Mittelalter und belastet die Umwelt durch hohe Quecksilberfreisetzungen, z.B. im Amazonas Regenwald in Brasilien. Ein vom Bundesforschungsministerium gefördertes Forschungsprojekt am Institut für Industrial Ecology (INEC) ging dem sozialen und ökologischen Fußabdruck des Goldes nach.

Gold ist auch aus anderen Gründen ein interessantes Beispiel. In der Menschheitsgeschichte wurden bislang ca. 190.000 t Gold abgebaut. Das meiste davon befindet sich noch im Umlauf, nur max. 15% davon sind bislang verloren gegangen. Gold ist also ein Paradebeispiel für funktionierendes Recycling, nicht zuletzt durch den hohen ökonomischen Wert. Gold wird wiedergewonnen z.B. aus Elektroschrott. Diese Prozesse sind bekannt, und die Zahlen über die dort auftretenden Umweltbelastungen fließen



in zahlreiche Ökobilanzen von Produkten mit ein, z.B. von Elektronikprodukten, in denen Gold verwendet wird. Ebenso sind die enormen Umweltbelastungen aus dem Bergbau bekannt. Gerne wird kolportiert, dass an einem Ehering aus Gold mehrere Tonnen an umweltschädlichen Abfällen und Emissionen hängen. Doch das ist nur die halbe Wahrheit.

Gerade in der „Goldstadt“ Pforzheim sind viele Scheideanstalten angesiedelt. Sie recyceln Edelmetalle und insbesondere auch Gold, teilweise aus Elektroschrott. Aber den größten Anteil macht sogenannter High-Value-Scrap aus, also Schrott, der einen sehr hohen Goldanteil hat, z.B. von Schmuck oder Zahngold. Dieser High-Value-Scrap hat mit 90% Anteil beim weltweiten Recycling eine viel größere Bedeutung als beispielsweise das Recycling aus Elektroschrott, der nur etwa 10% ausmacht. Dazu kommt, dass das in Deutschland produzierte* Gold weitgehend aus dem Recycling stammt, die Lieferquellen relativ gut nachvollziehbar sind und praktisch kein Doré-Gold aus zweifelhaften Quellen eingesetzt wird. Was die letzte Verwendungs- und Verwertungsstufe angeht, ist dieses Gold quasi frei von den unmittelbaren sozialen Bedingungen des Goldabbaus.

Die Umweltauswirkungen dieses Goldrecyclings waren bisher unbekannt, da sie weitgehend dem Betriebsgeheimnis unterlagen. Die Auswertung interner Prozessdaten von führenden Pforzheimer Scheideanstalten im Rahmen des NaGold-Projektes zeigte nun, dass das Recycling von Altgold im Vergleich zu industriellen und kleinbergbaulichen Minen sowie zum Elektroschrottreycling um Zehnerpotenzen besser abschneidet. Die Produktion von einem Kilogramm Gold verursacht einen Klima-

fußabdruck von ca. 53kg Kohlendioxid-Äquivalent (CO₂-Eq), und ist damit um Faktor 300 geringer als die rund 16 Tonnen CO₂-Eq der gleichen Menge an Gold aus einer Minenförderung. Diese Ergebnisse weichen deutlich von den derzeit verwendeten Daten in gängigen Ökobilanz-Datenbanken und in der Fachliteratur ab. In der Grafik rechts ist ein Vergleich mit den ermittelten Werten dargestellt. Auch der kumulierte Energieaufwand ist mit 820 MJ pro kg Gold deutlich niedriger. Quecksilberemissionen fallen praktisch nicht an.

Gold aus dieser Quelle und produziert mit diesem technologischen Standard, den man als derzeit beste verfügbare Technologie bezeichnen kann, hat also deutliche soziale und ökologische Vorteile. Dieses erstaunliche Ergebnis setzt voraus, dass die Lieferkette von Gold tatsächlich nachvollziehbar ist und kein Primär- oder Sekundärgold aus zweifelhaften Quellen zum Einsatz kommt. Die Transparenz der Lieferkette spielt deshalb eine entscheidende Rolle. Sie ist in den meisten Produktionsländern nicht gegeben.

Im kleinbergbaulichen Bereich bei der Gewinnung von sogenanntem Seifengold über Waschrinnen (wie auf dem Foto) liegen die Werte in ähnlichen Bereichen wie beim kommerziellen Bergbau, also deutlich höher als beim Recycling. Dies ergaben Abschätzungen aus Untersuchungen von ca. 20 verschiedenen informellen Minen im brasilianischen Amazonas Regenwald im Rahmen dieses Projektes. Der Klimafußabdruck liegt mit ca. 43 t CO₂-Eq pro kg Gold verhältnismäßig hoch trotz des hohen Anteils an „Handarbeit“. Dazu kommen deutliche Quecksilberemissionen, die momentan aber noch nicht ausreichend validiert sind.

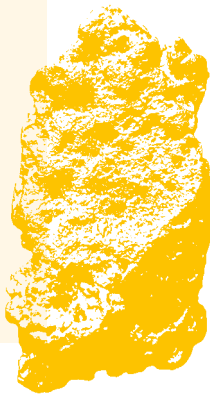
Doch der Kleinbergbau ist komplex. Zum einen kommen hier massive soziale Probleme und die Frage der Legalität hinzu. Zum anderen ist der Kleinbergbau die Lebensgrundlage von vielen Menschen

* Das gilt nicht für das gehandelte Gold, das auch aus anderen Ländern stammen kann.



<
 Goldgewinnung in einem Stich von Agricola aus dem Jahr 1557 und heute bei Goldgräbern im Amazonasgebiet mit einer Waschrinne bzw. caixa (auf Portugiesisch). Die Methode ist die gleiche

Fotos: Mario Schmidt



gerade aus ärmsten Verhältnissen. Die brasilianische Region am Fluss Tapajös ist ein Zentrum des kleinbergbaulichen Goldabbaus. Im Rahmen dieser Studie wurden auch die sozialen Probleme mit Hilfe der Methode des Social Life Cycle Assessments (SLCA) untersucht. Es zeigten sich Schwächen der neuen SLCA-Methode, und es konnten neue Aspekte aufgezeigt werden, z.B. die Bedeutung von Autonomie und Freiheit für die Goldgräber, was ein großes Hemmnis für Transformationsprozesse weg vom schädlichen Goldabbau in der Amazonasregion ist (in Konturen 2019, S. 148 hatten wir davon berichtet). Es zeigte sich außerdem der enge Zusammenhang zwischen der Urbanisierung des brasilianischen Regenwaldes und dem Goldabbau. Seit den 70er Jahren ist die Flächen von Goldgruben im brasilianischen Regenwald um das 17fache gestiegen. Die Flächen durch sonstige Nutzung sind in derselben Zeit um das fast Tausendfache angestiegen. Besonders auffällig bei einer Vor-Ort-Erhebung im Brasilien war der verstärkte Einsatz von Baggern, der nicht nur für die Goldgruben selbst, sondern auch für die Erschließung unwirtlicher Regionen und das Anlegen von Straßen und Wegen genutzt wird. In dem Gefolge des Goldabbaus, dessen

ökologische Auswirkungen meistens nur lokal sind, ziehen dann andere und weitaus raumgreifendere Nutzungen nach. Der Baggereinsatz der Goldgräber beschleunigt diese Prozesse.

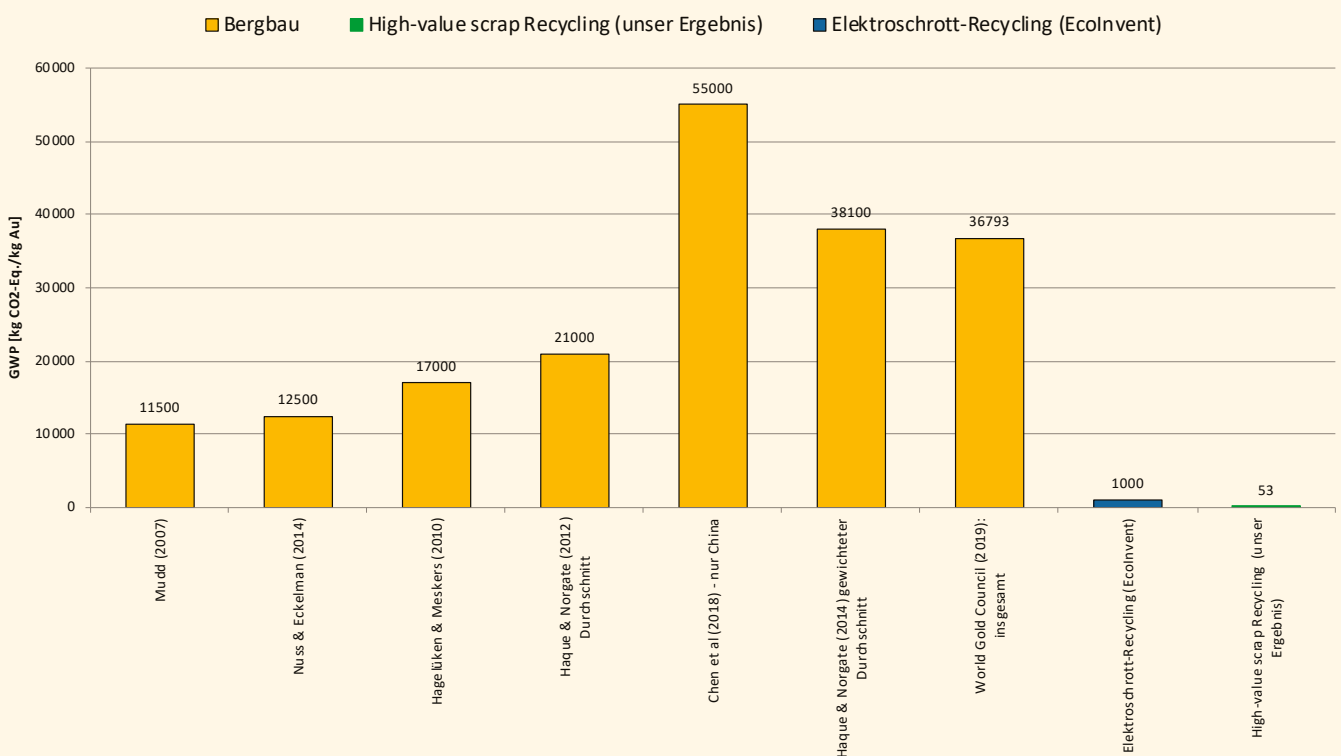
Als Konsequenz aus dem Projekt folgt, dass in Wissenschaft und Praxis gängige Gold-Datensätze für die Ökobilanzierung korrigiert und an die neuen Analysen angepasst werden müssen. Ebenso fraglich ist die Qualität anderer Edelmetall-Daten, die derzeit im Einsatz sind. Die Zahlen spiegeln allerdings nur deutsche Produktionsverhältnisse wider, ausländische Bedingungen müssten detailliert recherchiert werden, was aber schwierig erscheint. Besonders wichtig ist die Transparenz und Nachverfolgbarkeit der Lieferkette. Dies müsste auch von der deutschen Branche offensiver verfolgt und kommuniziert werden.

Im Kleinbergbau ist die Lösung der sozialen Frage entscheidend für eine Verringerung der Umweltbelastung, z.B. durch den Quecksilbereinsatz im brasilianischen Regenwald. Trotz des öffentlichen Interesses an dem Thema ist die Datenlage über die sozialen und ökologischen Bedingungen des Goldabbaus verhältnismäßig schlecht. Es fehlen verlässliche quantitative Daten, um die Belastungssituation und die Entwicklung der letzten Jahre – abgesehen von Einzelbeobachtungen – repräsentativ einschätzen zu können. Dafür kursieren jede Menge Gerüchte, Räuberpistolen und reißerische Reportagen, deren Wahrheitsgehalt man stets vorsichtig hinterfragen sollte, wenn es um Gold geht. Denn Gold veranlasst die Menschen zum Träumen – seit Jahrtausenden.

DR. MARIO SCHMIDT

ist Professor für Ökologische Unternehmensführung und Direktor des Instituts für Industrial Ecology (INEC) an der Hochschule Pforzheim.

Vergleich von Literatur- und Datenbank-Werten mit dem Klimafußabdruck aus dieser Studie (rechts).



Goldbagger sind die Vorhut der Regenwaldkiller

VON BENJAMIN FRITZ | erschienen in den KONTUREN HSPF 2019

Professor Bernhard Peregovich (Universität Santarem), Professor Dr. Mario Schmidt und der „Dono“ (Besitzer) der Goldmine vor einer Waschrinne im Amazonas Regenwald.

Ale Fotos: INEC



Eine Forschungsreise an den Amazonas zeigt eine deprimierende Entwicklung

Viele nennen Pforzheim die Goldstadt, denn hier wird tonnenweise Gold verarbeitet und auch „produziert“ – in den zahlreichen Scheideanstalten. Übrigens, wie ein aktuelles Forschungsprojekt des Instituts für Industrial Ecology (INEC) zeigt, mit phantastisch günstigem Klimafußabdruck, denn in Deutschland wird fast nur Recycling-Gold eingesetzt.

Das ist leider nicht überall so, wie eine Forschungsreise in den brasilianischen Regenwald des Amazonas unter Leitung von Professor Dr. Mario Schmidt gezeigt hat. Dort wird in unzähligen kleinen Goldgruben, so genannten Garimpos, nach Gold geschürft. Meistens illegal, aber das ist ein schwieriger Begriff, denn vom Staat ist hier kaum etwas zu sehen – keine Polizei, keine Schulen, keine Infrastruktur. Ein bisschen Wild West, und die „Freiheit“ ist es auch, die von den Garimpeiros als größtes Gut angesehen wird, selbst wenn sie oft bittere Armut bedeutet.

Der Goldabbau schlägt Schneisen in den Regenwald. Aber das Abholzen ist nicht das eigentliche Problem – der wachsende Sojaanbau oder die Rinderzucht sowie das Einschlagen von Edelhölzern sind viel raumgreifender. Schlimmer ist der Eintrag von Quecksilber und Cyaniden in die Umwelt, denn mit diesen einfachen Gewinnungsmethoden kann auch ohne großen technischen Aufwand Gold gewonnen werden. Die meisten Garimpeiros gehören zu der ärmsten Schicht in Südamerika, sind überwiegend Analphabeten und können sich keine großen Investitionen leisten. Oft ist es nur ein Gramm Gold pro Tonne Sediment, das dem Boden abgerungen wird, mit einem großen Umsatz an Schlamm, der in den Nebenflüssen des Amazonas landet.

Diese ökologischen Einwirkungen untersuchte Professor Mario Schmidt gemeinsam mit seinen Mitarbeitern Benjamin Fritz und Sally Springer sowie dem Geologen, Professor Bernhard Peregovich von der brasilianischen Bundesuniversität in San-

tarem. Professor Schmidt war vor fünf Jahren schon einmal hier. Im Sommer 2018 war im Rahmen des BMBF-geförderten Forschungsprojektes „NaGold“ ein Team im Amazonas Regenwald unterwegs, fernab der Zivilisation, hat 15 teils illegale Goldminen besucht und ca. 50 Interviews mit Garimpeiros und anderen Personen geführt. Im Mittelpunkt stand eine Region am Tapajós. Der „Nebenfluss“



>
INEC-Mitarbeiterin
Sally Springer lässt
sich in einen Minen-
schacht abseilen.



des Amazonas führt viermal so viel Wasser wie der Rhein, die weitgehend unerschlossene Region ist so groß wie Baden-Württemberg.

Die Goldminen sind gar nicht mal die schlimmsten Eingriffe in die Natur. Sie sind meist nur Nadelstiche in den Weiten des Regenwaldes, der sich über Tausende von Kilometern erstreckt. Erreichbar sind die Goldminen nur langwierig über Boote entlang der Seitenflüsse des Amazonas oder schneller mit Buschtaxis und auf einer der zahlreichen illegalen Landepisten im Urwald. Der Einsatz von schwerem Gerät ist fast unmöglich, lediglich die Dieselpumpen zum Wegschlännen des Sediments sind unverzichtbar. So war es zumindest früher.

Doch inzwischen haben Bagger in den Minen Einzug gefunden. Waren es vor fünf Jahren nur wenige, so ist das heute fast Standard in den Garimpos des Tapajós. Damit steigt die Produktivität der Minen. In gleicher Zeit kann fast viermal so viel Fläche bearbeitet werden. Schlimmer noch: Mit den Baggern können Wege und Straßen durch den Urwald geschlagen werden. Die Region wird plötzlich erschlossen. Siedlungen bilden sich. Der Regenwald wird damit auch für die Holzfäller, Rinderfarmer und Sojabauern erreichbar. Diese sekundären Effekte sind das, was die Forscher besonders sorgt. Der Druck auf den Regenwald nimmt damit zu, die Folgen davon sind noch nicht absehbar.

Kann man den Goldabbau im Regenwald nicht einfach verbieten? Das war in der Vergangenheit schon schwierig und wird jetzt unter der neuen Regierung in Brasilien prak-

tisch unmöglich. Es finden kaum noch Kontrollen statt. Die ohnehin schon knappen Mittel der Umweltbehörde werden weiter eingeschränkt. Vergessen wird aber meistens, dass allein in der Tapajós-Region schätzungsweise 100.000 Menschen in den Goldminen arbeiten. Sie betrachten das als ihren Beruf, der ihnen einen bescheidenen Wohlstand ermöglicht. Will man etwas für den Regenwald tun, so muss man das soziale Problem lösen.

Doch mit Arbeitsplätzen durch die Ansiedlung von Industriebetrieben oder legal arbeitenden Minen, die dann auch gewisse Umweltauflagen einhalten, ist es nicht getan. Sie finden kaum Mitarbeiter. Die Garimpeiros winken ab: in einer Firma arbeiten, mit festem Gehalt? Undenkbar. In den Goldminen gibt es einen Spruch: „Es ist einfach, aus einem Menschen einen Garimpeiro zu machen, aber unmöglich, aus einem Garimpeiro wieder einen Menschen zu machen“. Die Freiheit und die

Hoffnung auf den großen Goldfund entpuppen sich als die große soziale Falle. Nachhaltigkeit wird zu einem komplexen ökologischen und sozialen Problem.

Für die Konsumenten in den reichen Ländern bedeutet das, auf die Herkunft ihres Schmucks zu achten. Woher kommt das Gold? Unter welchen sozialen oder ökologischen Bedingungen wurde es gewonnen? Oder stammt es aus dem Recycling vorhandenen Goldes? Etwa 200.000 Tonnen Gold wurden in der Menschheitsgeschichte bisher gewonnen und ist immer noch irgendwo verfügbar – in den Tresoren der Banken oder in Schmuckschatullen zuhause. Und recyceln können zum Beispiel die Pforzheimer Scheideanstalten...

BENJAMIN FRITZ

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Industrial Ecology INEC.

„Luxusbungalows“ der verhältnismäßig wohlhabenden Garimpeiros in Mamoal.

v

Eine Cyanid-Küche mitten im Amazonas Regenwald.

v

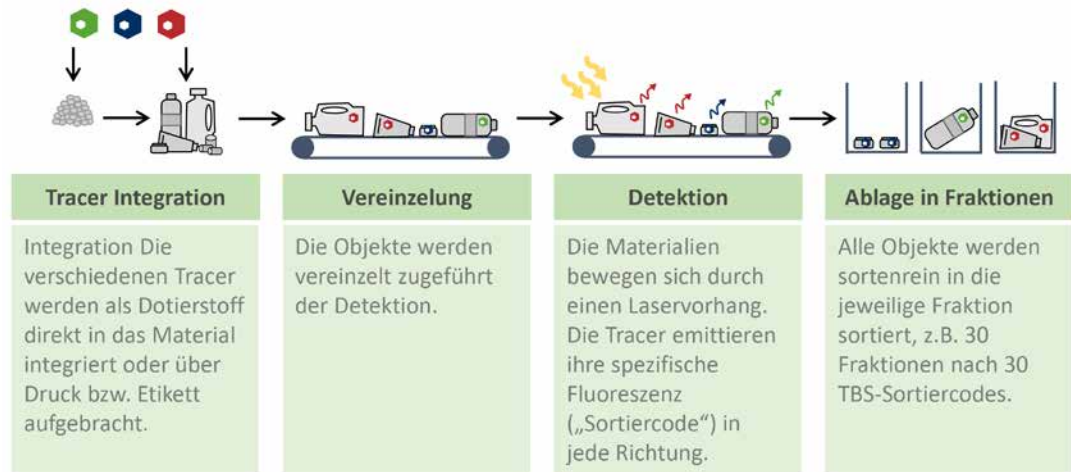


Fluoreszenz-Tracer zur Identifikation von Kunststoffabfällen

VON JANNICK SCHMIDT, MAXIMILIAN AUER UND JÖRG WOIDASKY | erschienen in den KONTUREN HSPF 2022

> **Abbildung 1:**
Darstellung des Tracer-Based-Sorting-Verfahrens.

Quelle: A. Treick, Evaluation der Ablagetechnologie identifizierter Artikel in Fraktionen, Bachelorarbeit, Hochschule Offenburg 2019.



Die Verpackungsindustrie ist mit Abstand der größte Kunststoffverbraucher in Deutschland und die daraus resultierende Abfallmenge von Kunststoffverpackungen haben sich zwischen 1991 (1,64 Mio. t) und 2018 (3,26 Mio. t) fast verdoppelt. Zu den Gründen für diesen Anstieg zählen unter anderem die Zunahme von Einpersonenhaushalten in Verbindung mit kleineren Verpackungsgrößen sowie der zunehmende Verzehr von Convenience-Food.

Nach der Entsorgung werden die Leichtverpackungen (LVP) in einer der rund 60 in Deutschland befindlichen Sortieranlagen nach kreislaufwirtschaftlichen Spezifikationen sortiert und schließlich in separaten Recyclinganlagen verwertet. Bei der Sortierung der LVP wird als zentraler Identifikationsschritt die FT-NIR-Technik eingesetzt, um den Kunststoffstrom nach Kunststoffarten zu trennen. Sowohl die verfahrensbedingten Einschränkungen der NIR-Technik als auch die hohen Durchsatzmengen in Sortieranlagen führen dazu, dass übereinanderliegende, schwarze, schmutzige, bedruckte Verpackungsoberflächen oder Multilayer-Verpackungen nicht richtig identifiziert und abgetrennt werden können. Dies führt im Ergebnis zu einer Verringerung der stofflich verwerteten Mengen und gleichzeitig zu nicht optimalen Wertstoffqualitäten und Rezykleeigenschaften.

Diese Problematik wird durch eine Veränderung der Verwertungs-Definition und das Verpackungsgesetz (VerpackG) von 2019 verschärft, welches eine Erhöhung der werkstofflichen Verwertungsquoten von Kunststoffen auf 63 Gew.-% ab 2022 fordert. Dazu bedarf es neuer Lösungen.

Tracer-Based-Sorting und das Forschungsprojekt Marek

Das durch den BMBF geförderte Verbundforschungsprojekt „Markerbasiertes Sortier- und Recyclingsystem für Kunststoffverpackungen (Marek)“ (Laufzeit 07/2017 bis 12/2020, www.hs-pforzheim.de/marek) sowie dessen Folgeprojekt „Tracer-Based-Sorting – ein effizientes und flexibles Sortier- und Recyclingsystem für Kunststoffe (Tasteful)“ (Laufzeit 2/2021–01/2023, www.hs-pforzheim.de/tasteful) entwickelt die neuartige „Tracer-Based-Sorting“ (TBS)-Technologie zur Identifikation und Sortierung von Kunststoff-Leichtverpackungen. Ziel der Vorhaben ist es, die Kreislaufführung von Verpackungen zu verbessern. Im Zentrum dieser Technologie stehen anorganische Fluoreszenz-Tracer, welche in oder auf den Packstoff oder Etiketten in ppm-Konzentrationen eingebracht werden (Abbildung 1) und eine Sortierung unabhängig von den physikalischen Eigenschaften des Materials oder Produktes ermöglichen. Das physikalische Prinzip von TBS ist die Upconversion-Fluoreszenz, bei der die Anregungswellenlänge länger (energieärmer) als die Emissionswellenlänge ist. Dieser einzigartige Effekt bedingt, dass das entsprechende Tracer-Signal sehr präzise mit praktisch keinem Hintergrundrauschen detektiert werden kann. Dabei liegt bei den eingesetzten Tracern die Anregungswellenlänge bei 980 nm und ist somit für den Menschen unsichtbar, die Fluoreszenz der Tracer liegt jedoch im sichtbaren Spektrum und ist mit konventionellen Kamerasystemen detektierbar. Die Kombination verschiedener Tracer-Substanzen unterschiedlicher Fluoreszenz-Farben ermöglicht zahlreiche Sortiercodes. Folglich können z.B. Lebensmittel-Verpackungen gegenüber Nicht-Lebensmittelverpackungen oder verschiedene Polymertypen wie Spritzguss- oder Extrusionswaren unterschiedlich gekennzeichnet und damit sortiert werden. Dieser Ansatz ist mit weiteren Identifikationsverfahren kombinierbar.

Methode

Genauere Kenntnisse über die Abfalleigenschaften sind für die abfallwirtschaftliche Planung von zentraler Bedeutung – das gilt gerade für die Verpackungsabfallwirtschaft, deren Systeme derzeit unter Optimierungsdruck stehen. Für die Systemoptimierung und auch die Bewertung innovativer Identifikationsverfahren reichen Informationen über die verwendeten Packstoff-Basispolymere daher nicht mehr aus. Weitere Informationen über den Anteil von Lebensmittel-Kontakt-Materialien, die Eigenschaften von Multilayersystemen, die Packstoff-Farben oder verwendete Verschlusssysteme geben Aufschluss über das volle kreislaufwirtschaftliche Potenzial der LVP-Abfälle. Wichtige Ergebnisse hierzu wurden durch eine Studie der Hochschule Pforzheim gewonnen, bei der deutschlandweit 248 Haushalte über 2 Wochen ihre Leichtverpackungen sammelten. Dabei wurden insgesamt 27.394 Einzelobjekte mit einer Gesamtmasse von 207 kg erfasst, fotografiert und umfassend unter anderem nach Masse, Farbe und Packstoffen, Etiketten- und Verschlusseigenschaften, Füllgut sowie Lagerungsanforderungen und Verschluss- und Etikettenvarianten ausgewertet. Diese Studie ermöglicht unter anderem eine Prognose der Restfüllgehalte sowie die Identifizierung und Tiefencharakterisierung von Multilayer-Verpackungen.

Veränderung des Abfallstroms aufgrund der neuen Getränke-Bepfandung

Seit Jahresbeginn sind Verpackungen von Frucht- und Gemüsesaft, Smoothies, alkoholische Mischgetränke (in Flaschen und Dosen), Energydrinks sowie ab 2024 Milch und Kaffee- und Milch-Getränke bepfundet. Damit werden rele-

vante LVP-Anteile aus der haushaltsnahen Erfassung in den Pfandstrom angesteuert. Dieser Effekt ist in *Abbildung 2* dargestellt. Insgesamt führt die Bepfandung zu einer Umleitung von 3,7 % des LVP-Abfallaufkommens in die Pfandrouten. Dies entspricht einer Gesamtmasse von etwa 118 kt⁷. Der Abfluss in die Pfandrouten setzt sich aus PET (87,6 %), Aluminium (5,3 %), Weißblech (3,3 %), PP (1,9 %) und PEHD (1,9 %) zusammen. Erwartungsgemäß führt die Bepfandung dazu, dass vor allem PET-Verpackungen umgeleitet werden, so dass zukünftig mehr PET-Rezyklat für den Lebensmitteleinsatz zur Verfügung steht.

Fazit

Das Recycling von Kunststoff-Verpackungen konnte im Jahr 2020 in Deutschland die gesetzliche Anforderung von 58,5 % überschreiten und liegt bei 60,6 %⁸. Die erforderliche Verwertungsquote von 63 Gew.-% im Jahr 2022 ist damit jedoch noch nicht erreicht. Das Schließen dieser Lücke erfordert eine Kombination innovativer Sortier- und Recyclingtechnologien. Des Weiteren können auch bessere Verbraucher-Informationen zur Entsorgung sowie detaillierte LVP-Input-Analysen das Recycling verbessern.

Danksagung

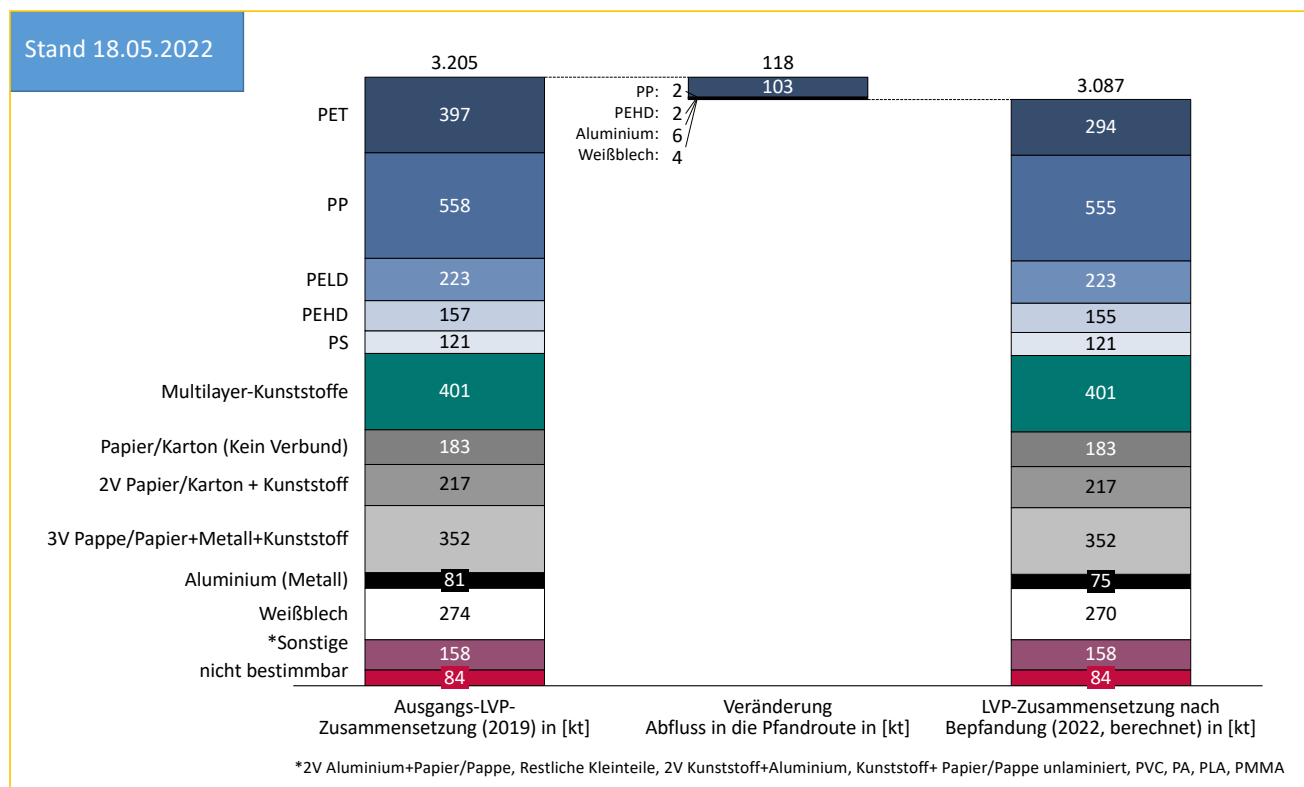
Der Großteil der hier vorgestellten Ergebnisse wurde ermöglicht durch eine Zuwendung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unter Betreuung des Projektträgers Jülich (PTJ). Ihnen sowie allen Projektpartnern sei herzlich gedankt.

Der Beitrag wurde in der Zeitschrift *Entsorgung* (Ausgabe 2.22) veröffentlicht.

Abbildung 2:

Zusammensetzung des Materialstroms vor und nach dem Inkrafttreten der Bepfandung. Quelle: J. Schmidt, M. Auer, J. Moesslein, P. Wendler, S. Wiethoff, C. Lang-Koetz, J. Woidasky, *Chemie Ingenieur Technik* 2021, 9 (7), 105. DOI: <https://doi.org/10.1002/cite.202100110>.

JANNICK SCHMIDT UND MAXIMILIAN AUER sind wissenschaftliche Mitarbeiter im Bereich der Nachhaltigen Produktentwicklung.
DR.-ING. JÖRG WOIDASKY ist Professor für Nachhaltige Produktentwicklung in der Fakultät für Technik.



Verpackungsabfälle zum **Leuchten** bringen

VON JANNICK SCHMIDT, MAXIMILIAN AUER, ANINA KUSCH, CLAUS LANG-KOETZ
UND JÖRG WOIDASKY | erschienen in den KONTUREN HSPF 2021

Erfolgreicher Abschluss des Forschungsprojekts MaReK

In Deutschland fallen jährlich knapp 19 Millionen Tonnen Verpackungsabfälle an, davon etwa 3,2 Millionen Tonnen Kunststoffe oder 40 Kilogramm Kunststoff pro Kopf und Jahr. Ab 2022 müssen 63 Prozent dieser Menge wieder für die Herstellung neuer Kunststoffprodukte rezykliert werden. In der Diskussion stehen darüber hinaus Mindest-Rezyklatanteile in Verpackungen.

Der Aufwand zum Trennen und Verwerten gebrauchter und verschmutzter Kunststoff-Verpackungen ist jedoch hoch und führte bisher dazu, dass nur knapp die Hälfte der Verpackungs-Kunststoffe werkstofflich verwertet und der größere Teil vor allem als Ersatzbrennstoff entsorgt wurden. Weltweit werden sogar derzeit nur knapp zehn Prozent aller Verpackungen stofflich verwertet. So gehen nicht nur wertvolle Werkstoffe verloren: Wenn Kunststoffe nicht gezielt gesammelt und verwertet werden, können Sie die Umwelt und die Gewässer verschmutzen und gelangen oft in die Ozeane mit gravierenden Folgen unter anderem für viele Tierarten.

Im über dreieinhalb Jahre laufenden Projekt „Markerbasiertes Sortier- und Recyclingsystem für Kunststoffverpackungen“ (MaReK) wurde diese Thematik interdisziplinär und unter Nutzung neuester Methoden bearbeitet: Das Team bestand aus zwei Arbeitsgruppen der Hochschule (Professor Woidasky und Professor Lang-Koetz, beide am Institut für Industrial Ecology tätig) und den Projektpartnern Polysecure GmbH, Werner & Mertz GmbH, Der Grüne Punkt – Duales System Deutschland GmbH sowie dem Institut für Mikrostrukturtechnologie des KIT und als assoziiertem Partner die Landesagentur Umwelttechnik BW GmbH. Das Projekt wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmenprogramm „Forschung für Nachhaltige Entwicklung“ (FONA3) in der Fördermaßnahme „Plastik in der Umwelt“ gefördert (Förderkennzeichen: 033R195A).

Der technische Kern des Vorhabens lag in der Anwendung von anorganischen, fluoreszierenden Marker-substanzen. Ziel des Konsortiums war die Entwicklung einer deutlich verbesserten Sortiertechnologie zur Sortierung von Leichtverpackungsabfällen durch Fluoreszenzmarker. Diese Technologie wird als „Tracer-Based-Sorting“ (TBS) bezeichnet und nutzt geringste Mengen von Fluoreszenz-Markern auf Verpackungen oder Etiketten. Diese bilden – anders als bei bestehenden Sortiertechniken – ein vom Packstoff unabhängiges Trennmerkmal. Außerhalb der Sortieranlage sind die Marker für das menschliche Auge nicht sichtbar, da die sichtbare Fluoreszenz nur nach Anregung mit Infrarot-Licht hervorgerufen wird. Die Fluoreszenz ist für jeden Markerstoff einzigartig wie der Fingerabdruck des Menschen.

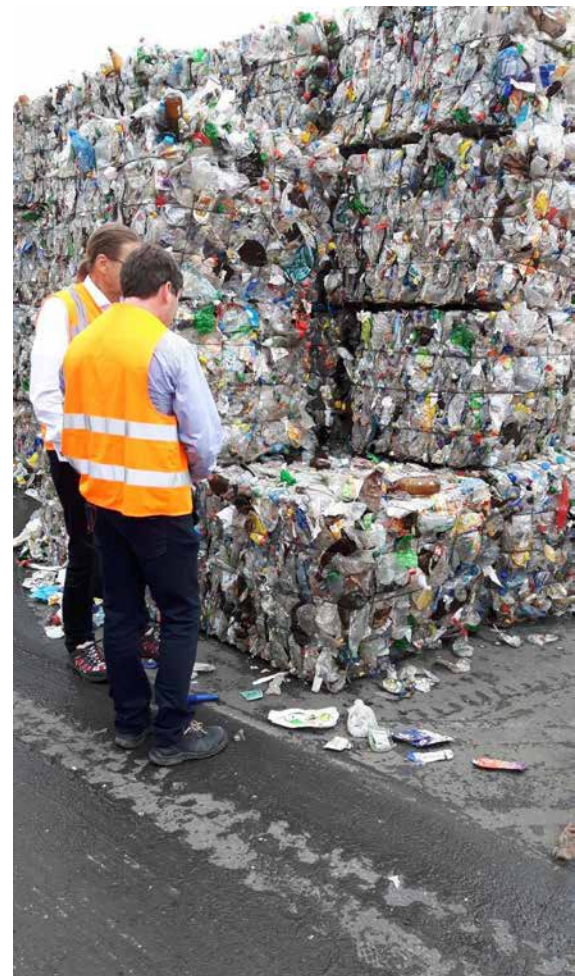
Die Markierung funktioniert unabhängig von der Verpackungs-gestaltung und weitgehend auch von der Verschmutzung des Packmittels. So können Verpackungen einfach erkannt und aussortiert werden. Bisher wurden bei der Sortierung von Kunststoff-Verpackungen nur die Kunststoffarten (zum Beispiel PE, PP, PS, PET) getrennt. Das TBS ermöglicht nun viel genauere Trennungen, etwa von Kunststoffen für spezifische Verarbeitungsverfahren oder von Verpackungen für Lebensmittel, Nicht-Lebensmittel oder Gefahrstoffe. Durch dieses leistungsfähige Verfahren können hochwertige Rezyklate hergestellt werden, die sich für den erneuten Einsatz in Verpackungen eignen. TBS bietet somit eine effiziente und zuverlässige Methode zur

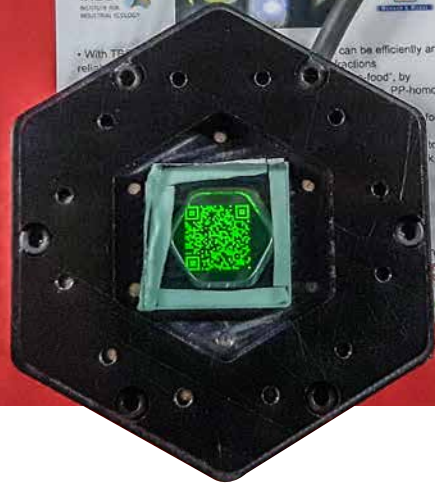
> Musteretiketten zur Marker-Demonstration: Fluoreszenzmarker aktiviert auf mittlerem Etikett, nicht sichtbar auf den Markerfeldern der seitlichen Etiketten.

Bildrechte: HS PF

Aussortierte Verpackungs-Kunststoffe werden als Ballenware für die Verwertung bereitgestellt.

v





Identifizierung von Verpackungen mit dem Potenzial, die Sortierung und das Recycling von Kunststoffabfällen zu verbessern.

Das Projekt MaReK wurde im Dezember 2020 erfolgreich abgeschlossen. Ein Ergebnis des Gesamtprojekts ist die Techniksanlage zur Verpackungssortierung beim Projektpartner Polysecure. Zusätzlich konnten mehrere optimierte Markersubstanzen bereitgestellt und die Aufbringung der Markersubstanzen auf die Kunststoffverpackungen mittels Druckverfahren erprobt werden.

Eine von der Hochschule Pforzheim durchgeführte ökobilanzielle Bewertung des Verfahrens zeigt, dass TBS umweltfreundlicher als das bestehende System der Verpackungsverwertung ist und eine Einsparung von durchschnittlich ca. 2,2 kg CO₂-Äquivalenten je kg Kunststoff ermöglicht. Zudem wurden Geschäftsmodelle entwickelt und der Umsetzungsprozess für diese umweltrelevante Innovation detailliert und transferorientiert untersucht. Als Grundlage hierfür diente eine deutschlandweite Analyse von Leichtverpackungen. Die dabei entstandene Fotodatenbank von über 25.000 gebrauchten Einzelverpackungen ermöglicht umfangreiche wissenschaftliche Folgearbeiten, die in mindestens einer Doktorarbeit Anwendung finden. Weiterhin zeigen die über zwölf wissenschaftlichen Veröffentlichungen während der Laufzeit des MaReK-Vor-

habens, dass das dreieinhalb Jahre dauernde Projekt eine außerordentlich intensive und produktive Zeit war.

Zusammen mit den Projektpartnern konnte so ein wegweisendes neuartiges Recyclingverfahren erfolgreich auf den Weg zu einer kommerziellen Umsetzung gebracht werden.

Und es geht weiter: Seit Februar 2021 beschäftigt sich das Tasteful-Konsortium (Tracer-Based-Sorting – ein effizientes und flexibles Sortier- und Recyclingsystem für Kunststoffe) bestehend aus den Forschungseinrichtungen Hochschule Pforzheim, Institut für Mikrostrukturtechnologie des KIT und das Fraunhofer Institut für Gießerei, Composite und Verarbeitungstechnik (IGCV) sowie den Unternehmen Polysecure GmbH und HD Vision Systems GmbH mit dem Aufbau einer industriellen TBS-Pilot-Sortieranlage für Verpackungen. Mehr dazu erfahren Sie im folgenden Beitrag.

JANNICK SCHMIDT UND MAXIMILIAN AUER sind wissenschaftliche Mitarbeiter im Bereich der nachhaltigen Produktentwicklung.
ANINA KUSCH ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für industrial ecology (INEC).
DR. CLAUS LANG-KOETZ ist Professor für Nachhaltiges Technologie- und Innovationsmanagement.
DR. JÖRG WOIDASKY ist Professor für nachhaltige Produktentwicklung.

Klimaschutz = Umweltschutz!?!

Projekte nehmen vielfältige Umweltwirkungen der Transformation des Energiesystems in den Blick

VON HEIDI HOTTENROTH, HENDRIK LAMBRECHT, STEFFEN LEWERENZ, INGELA TIETZE UND TOBIAS VIERE

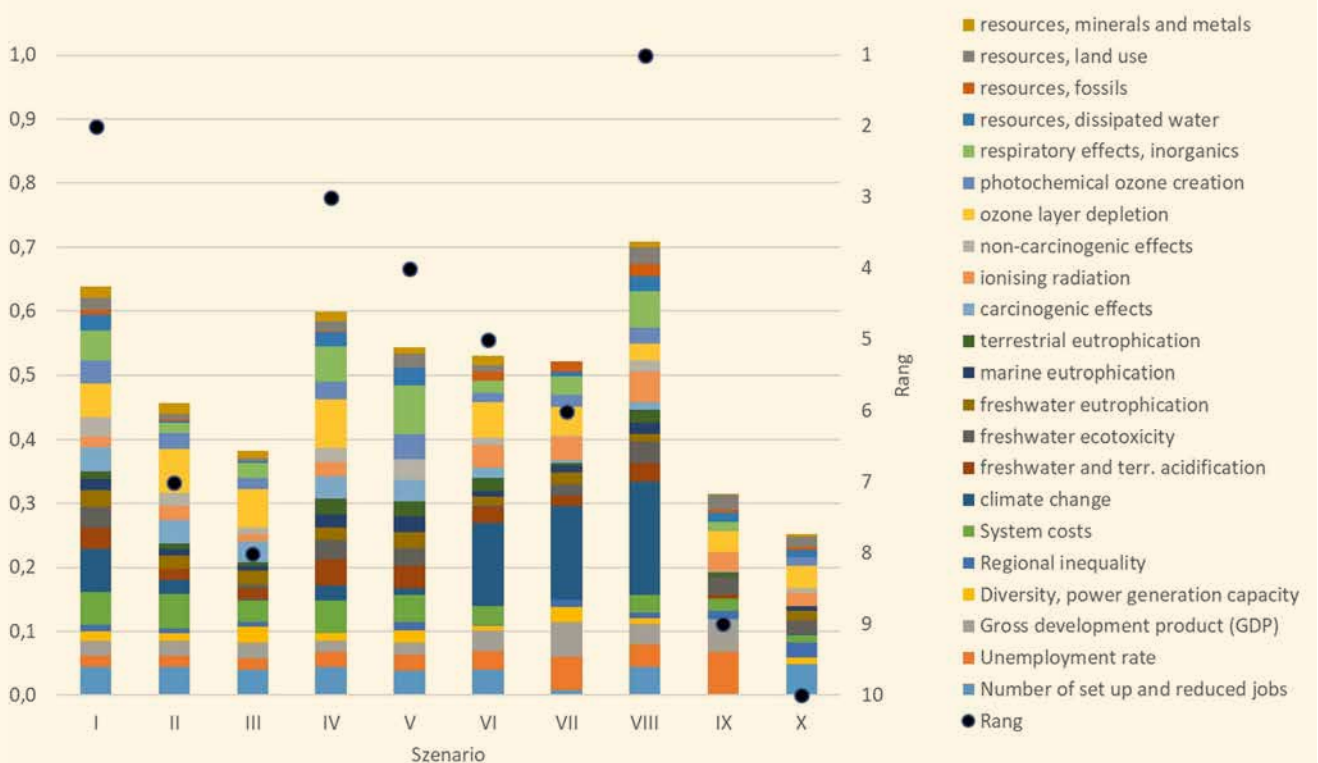
Um die Ziele des Pariser Klimaschutzabkommens einzuhalten, ist eine Transformation des Energiesystems hin zu erneuerbaren Energien notwendig. Das reduziert die bisher steigenden Treibhausgasemissionen – doch was passiert mit anderen Umweltwirkungen, wenn mehr nachwachsende Rohstoffe, Batterien oder Photovoltaik-Anlagen eingesetzt werden?

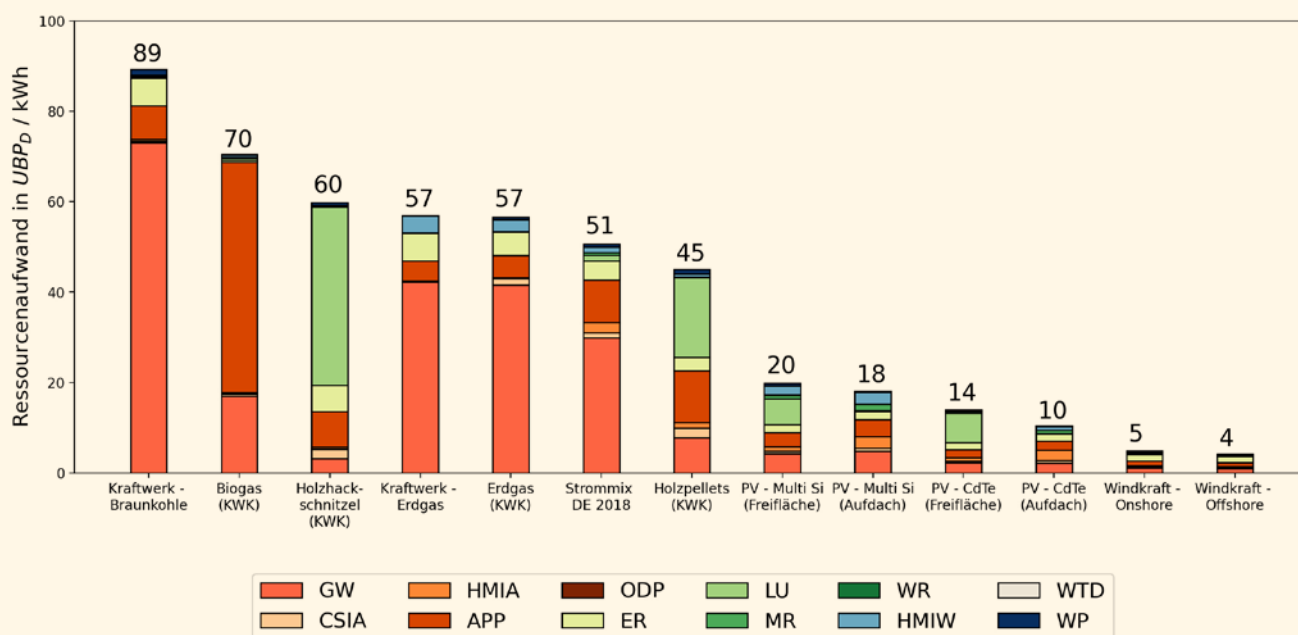
Eine solche Verlagerung in den Blick zu nehmen, ist Voraussetzung für eine nachhaltige Energiewende.

Zur Planung klimafreundlicher Transformationspfade kommen Energiesystemmodelle zum Einsatz. Stand der Technik ist es, Energiesysteme unter der Randbedingung geringer Treibhausgasemissionen in Hinblick auf die Kosten zu optimieren. Weitere Umweltwirkungen bleiben meistens außen vor, ebenso wie indirekte Treibhausgase, die bei der Herstellung von Anlagen oder Brennstoffen entstehen. Hier kommt die Ökobilanz

(engl. Life Cycle Assessment) ins Spiel, denn sie berücksichtigt sowohl den gesamten Lebenszyklus (hier z.B. einer Energieerzeugungstechnologie) als auch wesentliche Umweltwirkungen. Durch die Kopplung von Energiesystemmodellen und Ökobilanzen können kostenoptimale Energieszenarien auf ihre Umweltwirkungen hin analysiert werden. Zugleich besteht die Möglichkeit, Energiesysteme auf minimale Umweltwirkungen hin zu optimieren. Bei einer multi-kriteriellen Optimierung können Kompromisslösungen gefunden werden, die alle Aspekte im Blick haben.

Abb. 1:
Ergebnisse des Projekts InNO-Sys: Ränge von zehn verschiedenen Energiesystemszenarien (Szenario I - V: 80 %, Szenario VI - X: 95 % CO₂-Minderung 1990 bis 2050) auf Basis der Beiträge von 22 Nachhaltigkeitsindikatoren zur gewichteten Summe





Am Institut für Industrial Ecology (INEC) wurde und wird dieser Ansatz auf verschiedenen Ebenen in mehreren Forschungszusammenhängen verfolgt. Wesentliche Voraussetzung für die Ermittlung von Umweltwirkungen sind geeignete Ökobilanzdatensätze der zum Einsatz kommenden Energietechnologien.

Hierbei vorhandene Lücken zu schließen war die Hauptaufgabe des INEC im Verbundprojekt „InNO-Sys – Integrierte Nachhaltigkeitsbewertung und –optimierung von Energiesystemen“, das unter der Leitung vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Stuttgart im Februar 2021 abgeschlossen wurde.

Neben den Umweltwirkungen wurden in diesem Projekt von weiteren Projektpartnern auch sozio-ökonomische und sozio-technische Wirkungen ermittelt. Ziel war es, eine umfassende Nachhaltigkeitsbewertung verschiedener Transformationspfade für Deutschland vornehmen zu können.

Dazu wurden vom INEC verschiedene multi-kriterielle Entscheidungsunterstützungsmethoden daraufhin untersucht, inwiefern bei 22 oft gegenläufigen Nachhaltigkeitsindikatoren richtungsweisende Aussagen über mehr oder weniger nachhaltige Transformationspfade möglich sind.

Auch im Rahmen des kürzlich abgeschlossenen Zentrums für angewandte Forschung „ENsource – Urbane Energiesysteme und Ressourceneffizienz“ haben Mitarbeiter*innen des INEC zukünftige Energieversorgungszenarien einer umfassenden Umweltbewertung unterzogen, um Empfehlungen für die Gestaltung möglichst ressourcensparsamer Energiesysteme geben zu können. Im Fokus der Forschungsaktivitäten stand dabei die Wirkungsabschätzung der Ökobilanz. Konkret wurde die so genannte Methode der ökologischen Knappheit aktualisiert, erweitert und auf die Belange von Energiesystemen angepasst. Die Methode ermöglicht die Zusammenfassung vielfältiger Umweltwirkungen auf einen Einzelindikator. So können insbesondere Technologien, die

^

Abb. 2:

Ergebnisse des Projekts ENsource: Umweltbelastungspunkte (UBP) für Deutschland für verschiedene Stromerzeugungstechnologien (Datenbasis: ecoinvent v3.5, allocation, cut-off; GW = Klimawandel; CSIA = Krebserregende Stoffe in Luft, HMIA = Schwermetalle in Luft, APP = Hauptluftschadstoffe und Partikel, ODP = Ozonschichtabbau, ER = Energie-Ressourcen, LU = Landnutzung, MR = Mineralien und Metalle, WR = Wasser-Ressourcen, HMIW = Schwermetalle in Wasser, WP = Wasserschadstoffe, WTD = Nicht radioaktive Abfälle in Deponie)

>>

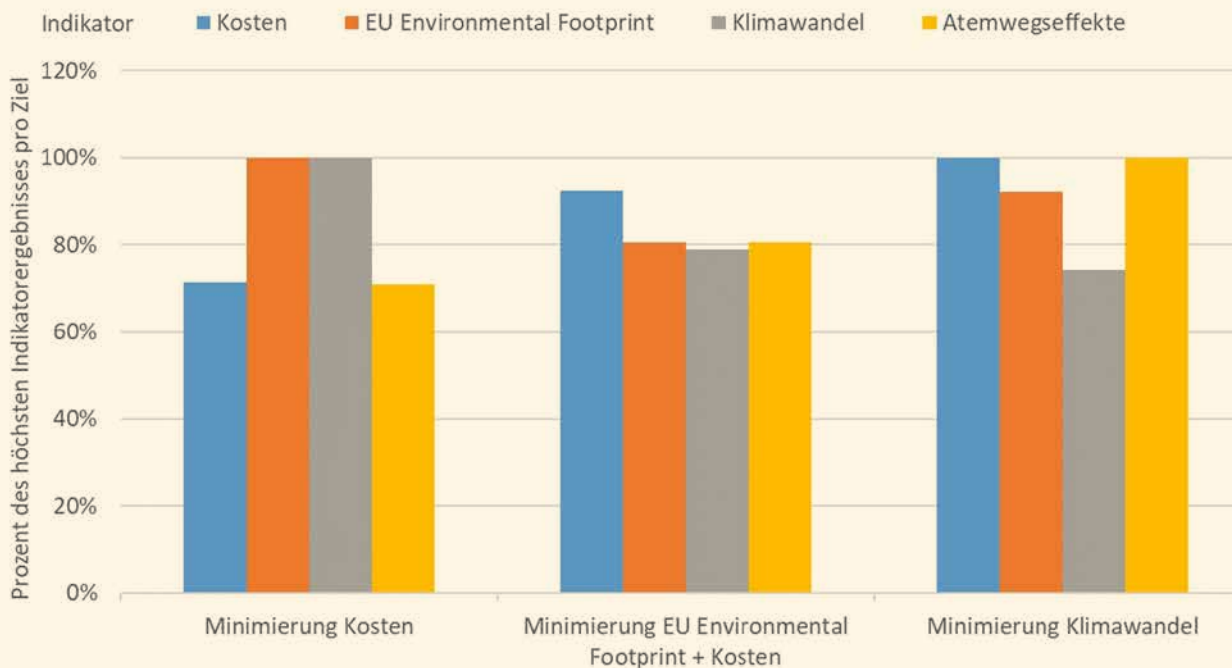


Abb. 3: Ergebnisse des Projekts InPEQt: Indikatoren Kosten, EU Environmental Footprint (aggregierte Umweltwirkungen) und Klimawandel für drei Energiesystemkonfigurationen (Minimierung von Kosten, EU Environmental Footprint plus Kosten und Klimawandel) für die Fallstudie Wiernsheim.

unterschiedliche natürliche Ressourcen verbrauchen, leichter miteinander verglichen werden. Das ist insbesondere bei gegenläufigen Tendenzen wichtig für die praktische Entscheidungsunterstützung: So lässt sich beispielsweise die Frage beantworten, ob eine Reduktion von Treibhausgasemissionen gesamtökologisch auch dann noch sinnvoll ist, wenn dafür beispielsweise die Landnutzung oder die Emission toxischer Substanzen bei der Gewinnung von Technologierohstoffen steigen.

Im Projekt »InPEQt – Integrierte kosten- und lebenszyklusbasierte Planung dezentraler Energiesysteme für eine energie- und ressourcenschonende Quartiersentwicklung« erfolgte eine Weiterentwicklung und Anwendung des Energiesystemmodells LAEND.

LAEND fokussiert auf die Optimierung der Energieerzeugung in Quartieren, also kleinen räumlichen Einheiten innerhalb von Städten und Gemeinden.

Für LAEND wurden am INEC die Methoden der Energiesystemmodellierung und der Ökobilanzierung (engl. Life Cycle Assessment) gekoppelt. Dies bietet die Möglichkeit, ein Energiesystem multi-kriteriell zu optimieren, um Kompromisslösungen zu finden, bei denen Kosten und Umweltwirkungen ausgeglichen sind. Quartiere in Konstanz, Gerstetten und Wiernsheim wurden zur Sicherstellung der Praxistauglichkeit des Modells im Projekt untersucht. Um die Umsetzungschance der klimaneutralen und umweltschonenden Energieversorgungskonzepte in den Beispielquartieren zu erhöhen, waren Stakeholder-Dialoge in den Quartieren Bestandteil des Vorhabens.

HEIDI HOTTENROTH

ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Industrial Ecology (INEC).

DR. HENDRIK LAMBRECHT

ist Professor für Industrial Ecology und Quantitative Methoden an der Hochschule Pforzheim.

STEFFEN LEWERENZ

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter für Energiemanagement und Klimaschutz an der Hochschule Pforzheim.

DR. INGELA TIETZE

ist Professorin für Nachhaltige Energiewirtschaft an der Hochschule Pforzheim.

DR. TOBIAS VIERE

ist Professor für Energie- und Stoffstromanalyse an der Hochschule Pforzheim.

Klimaneutralität – realistische Vision oder Mogelpackung?

VON MARIO SCHMIDT |
erschieden in den KONTUREN HSPF 2021

Fridays for Future fordert sie; Weltkonzerne proklamieren sie schon jetzt; ganze Städte wollen sie bis 2030 erreichen: die Klimaneutralität. Doch wissen die alle, wovon sie reden? Wahrscheinlich eher nicht oder es ist ein geschickter PR-Coup, der inzwischen den globalen Sprachgebrauch prägt.

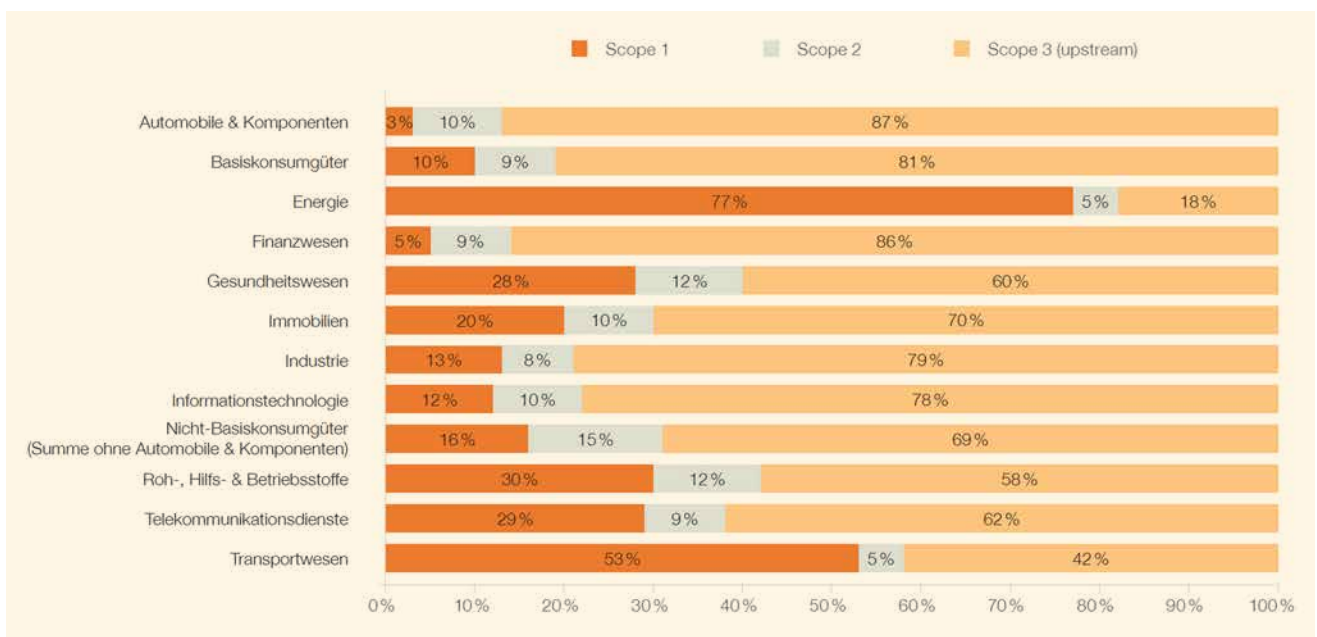
Das Bundesverfassungsgericht erwähnt in seinem bahnbrechenden Beschluss zur Klimapolitik über dreißigmal das Wort klimaneutral. Dabei ist dieser Begriff rechtlich gar nicht definiert. Er taucht im Bundesklimaschutzgesetz zwar beiläufig auf, jedoch wird dort die „Treibhausgasneutralität“ bis 2050 proklamiert, das Gleichgewicht zwischen den anthropogenen Emissionen von Treibhausgasen aus Quellen und dem Abbau solcher Gase durch Senken. Das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), also die höchste wissenschaftliche Instanz zum Klimawandel, definiert „carbon neutrality“ als globale Netto-Null-CO₂-Emissionen und stellt an deren Seite noch die Netto-Null-Treibhausgas-Emissionen – wohlgemerkt: global betrachtet! Der Treibhausgasansatz geht weiter als nur der Blick auf CO₂, hier kommen noch andere Stoffe hinzu. Unter „climate neutrality“ versteht IPCC schließlich einen „Zustand, in dem menschliche Aktivitäten zu keinem Nettoeffekt auf das Klimasystem führen“, also ein hoher Anspruch, mehr als nur eine Netto-Null-Treibhausgas-Bilanz.

Natürlich kann man eine solche Bilanz aufstellen und versuchen die Emissionen auszugleichen, was mit all diesen Begriffen offensichtlich gemeint ist. Aber man muss dazu sagen, in welchem Rahmen bilanziert wird. Auf staatlicher Ebene geht es stets um die sogenannten territorialen Emissionen, also das, was auf dem Gebiet Deutschlands unmittelbar freigesetzt wird. Für ein Unternehmen muss man schon dazu sagen, was gemeint ist: Die Emissionen auf dem Betriebsgelände und der eigenen Organisation? Oder zählen auch die mittelbaren Emissionen durch den Strombezug hinzu, also jene, die bei den Kraftwerken (außerhalb der Unternehmensgrenze) freigesetzt werden? Und was ist gar mit den Emissionen der Lieferanten?

Die Frage ist keine Haarspalterei. Sie hat weitreichende Konsequenzen. So kann ein Unternehmen seine Emissionsbilanz schnell auf Null bringen, wenn nur der eigene Standort betrachtet wird und alle emissionsträchtigen Anlagen oder Aktivitäten ausgelagert oder verkauft werden. Dieses Thema wird in Fachkreisen seit vielen Jahren ernsthaft diskutiert. Man unterscheidet zwischen sogenannten Scope-1-Emissionen, das sind die direkten Emissionen des Unternehmens, Scope-2-Emissionen, das sind die mittelbaren Emissionen durch den Energiebezug, und den Scope-3-Emissionen, das sind die sonstigen Emissionen, die durch die Tätigkeit des Unterneh-

>>

Abb.1: Verhältnis der Scope 1,2 und 3-Emissionen in verschiedenen Wirtschaftsbereichen. Quelle: Sustain (2014) <https://www.sustain.com/?ddownload=6426> (21.5.2021).



mens verursacht werden. Zu letzterem zählen vor allem auch die Emissionsrucksäcke der eingekauften Rohstoffe und Güter, also jene Emissionen, die in der vorgelagerten Lieferkette erfolgen. Bilanziert man über alle drei Scopes, so führen Verlagerungen innerhalb der Wertschöpfungskette zu keinen Scheinverbesserungen in den Emissionsbilanzen. Deshalb sind sie in der Summe die zuverlässigsten Bilanzen.

Auswertungen der vergangenen Jahre zeigen, dass diese Scope-3-Emissionen bei den meisten Branchen den Löwenanteil ausmachen. Im Schnitt sind die Scope-3-Emissionen der Lieferkette dreimal so hoch wie die Summe aus Scope 1 und Scope 2, manchmal sogar noch deutlich höher (Abb. 1). Die Herausforderung für die Unternehmen besteht darin, diese Emissionen in der Lieferkette zu bestimmen. Dazu wären Angaben von den Lieferanten und deren Vorlieferanten erforderlich. Für Unternehmen mit einigen Tausend oder Zehntausend Vorprodukten ist das angesichts der globalen Handelsverflechtungen eine kaum zu bewältigende und insbesondere kaum bezahlbare Aufgabe. Am Institut für Industrial Ecology (INEC) wurde dieses Problem schon vor über 10 Jahren zusammen mit der Firma Witzmann GmbH mittels volkswirtschaftlicher Input-Output-Analysen gelöst. Das INEC hat nun zusammen mit dem Thinktank „Industrielle Ressourcenstrategien“ am KIT Karlsruhe, dem Beratungsunternehmen Sustain Consulting Hamburg und Praxisanwendern, wie z.B. der Robert Bosch GmbH oder der Carl Zeiss AG, die Methode weiterentwickelt und bietet ein Online-Tool an, wie solche Emissionen verlässlich abgeschätzt werden können.

Was die betriebliche Klimaneutralität angeht, hat z.B. die Robert Bosch AG sie öffentlichkeitswirksam bereits 2019 angekündigt - für das Jahr 2020. Aber Bosch hat sehr genau nach den Scopes unterschieden und relativiert auf seiner Homepage die Ankündigung für die Scope-3-Emissionen, wohlwissend, welche Herausforderung das darstellt. Denn für diesen Bereich Klimaneutralität zu verlangen, heißt, dies auch weltweit für die Lieferanten durchzusetzen.

»Bosch ist mit seinen weltweit über 400 Standorten seit 2020 klimaneutral (Scope 1 und 2). Eine unabhängige Prüfungsgesellschaft hat dies offiziell bestätigt. Doch damit nicht genug: Wir wollen den Klimaschutz über unseren unmittelbaren Einflussbereich hinaus gestalten und auch die vor- und nachgelagerten Emissionen (Scope 3) systematisch verringern – bis 2030 sollen sie um 15 % sinken.«

Quelle: <https://www.bosch.com/de/unternehmen/nachhaltigkeit/umwelt/> (21.5.2021)

Wie sieht es aber mit der territorialen Bilanz für ganz Deutschland aus? Würde man dieses Scope-Konzept aus dem Unternehmensbereich übertragen, dann hätte sich Deutschland – streng genommen – nur dazu verpflichtet, seine Scope-1-Emissionen zu neutralisieren. Deutschland importiert aber jede Menge Waren aus dem Ausland, die im Inland verarbeitet, konsumiert, teilweise auch wieder exportiert werden. Was ist mit dem Klimarucksack dieser Waren?

Diese Frage ist von großer industriepolitischer Bedeutung. Die Klimaziele wären nämlich leichter zu erreichen, wenn die Industrie in Deutschland gar keine Emissionen mehr freisetzt – etwa wenn in Deutschland nicht mehr produziert wird! Die Industrie steht immerhin für ein Viertel der Emissionen in Deutschland. Keine Chemieprodukte oder Autos, kein Stahl, Kupfer oder Zement mehr aus Deutschland. Das wäre aber eine große Mogelpackung, wenn man dann die Waren in Deutschland trotzdem verbraucht und nun aus dem Ausland bezieht. Die Emissionen würden stattdessen an anderer Stelle in der Welt erfolgen. Das wäre keine Klimaneutralität.

Tatsächlich ist der Beitrag der importierten Waren an der Emissionsbilanz Deutschlands schon heute beträchtlich – wenn man nicht nur territorial bilanziert. Das Statistische Bundesamt weist Deutschland weitere CO₂-Emissionen durch den Import von Waren zu, die halb so hoch liegen wie die bisherige CO₂-Bilanz Deutschland (siehe Abb. 2). Andere Berechnungen liegen – je nach volkswirtschaftlichem Modell – noch höher.

Diese zusätzlichen Emissionen der Importwaren waren bislang nie Gegenstand der deutschen Klimapolitik. Natürlich muss sich Deutschland auf seine internationalen Verpflichtungen konzentrieren, und die vereinbarten Minderungsziele sind nun mal gebietsbezogen. Rechnet man zu den Importrucksäcken noch den globalen Einfluss deutscher Exportwaren hinzu (deutsche Autos emittieren auch im Ausland), so ist der Einfluss Deutschland auf das Weltklima beträchtlich höher als die reinen territorialen Emissionen. Das hört sich schlimm an, könnte aber auch eine Chance für deutsche Produkte sein, wenn sie effizienter und klimafreundlicher wären. Sie könnten dann auch außerhalb Deutschlands zum Klimaschutz beitragen. Falls in Deutschland dann noch Produkte hergestellt werden...

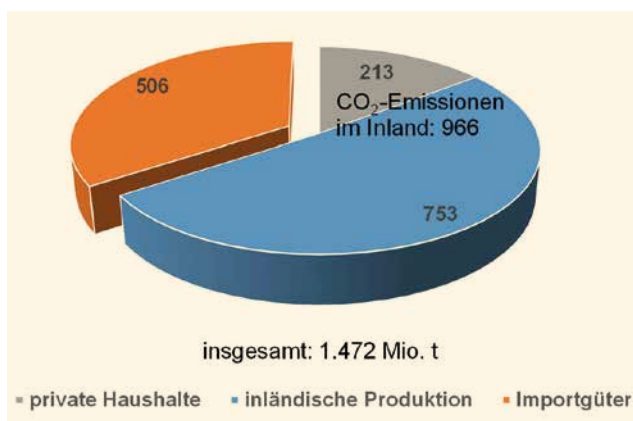


Abb.2: Direkte und indirekte CO₂-Emissionen in Mio. t für Deutschland 2015. Von den insg. 1.472 Mio. t sind 506 Mio. t den Importgütern zuzurechnen. Quelle: Statistisches Bundesamt (2019)¹.

Wenn man von dem engeren Begriff der Klimaneutralität ausgeht, dann müsste sich die deutsche Politik auch um die Klimarucksäcke der importierten Güter kümmern. Oder aber konsequent nur noch von CO₂- oder Treibhausgasneutralität auf dem Gebiet Deutschlands sprechen, was schon ambitioniert genug ist. Noch absurder wird die Forderung nach Klimaneutralität, wenn sie auf kleinere Gebiete, auf Städte und Kommunen bezogen wird. Sie würde faktisch eine Autarkie der Gebiete verlangen; Waren mit einem Klimarucksack dürften die Stadtgrenze von außen nicht mehr passieren.

¹ https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/UGR/energiefluesse-emissionen/Publikationen/Downloads/co2-emissionen-pdf-5851305.pdf?__blob=publicationFile

Die Unternehmen sind in gewisser Hinsicht einen Schritt weiter, wenn sie die Scope-3-Emissionen mitbilanzieren und darüber nachdenken, wie sie auch im Einkauf von Gütern Klimaschutz betreiben können. Ein Kilogramm Primäraluminium aus Europa verursacht derzeit ca. 7 kg CO₂-Emissionen, aus China hingegen den dreifachen Wert. Angesichts dieser Zahlen, die sich kaum ganz auf Null drücken lassen, von Klimaneutralität zu sprechen, erscheint trotzdem vermessen. Denn die Abhängigkeit vom Ausland in den Lieferketten wird bestehen bleiben, und es wird noch lange dauern, bis dort alles klimaneutral ist. Selbst die vielzitierte Circular Economy löst dieses Problem nicht, denn auch die Sekundärrohstoffe brauchen zu ihrer Herstellung Energie und verursachen somit noch auf lange Sicht Emissionen.

Aber „Klimaneutralität“ hört sich toll an und lässt sich gut vermarkten. Seit Jahrzehnten wird von „Klimaschutz“ geredet, aber kaum etwas getan. Es fehlt an Ernsthaftigkeit in der Politik und in der Wirtschaft. Mit dem neuen Superlativ beteuert man nun die Ernsthaftigkeit, die von der Jugend und von den Gerichten gefordert wird. Aber ein Wort allein richtet das nicht, zumal die Fakten weitgehend dagegen sprechen. Um Klimaneutralität trotzdem proklamieren zu können, gibt es zwei Wundermittel, zu denen in der Wirtschaft nun verstärkt gegriffen wird: der Einkauf von grünem Strom und die Kompensation von Emissionen durch Geld.

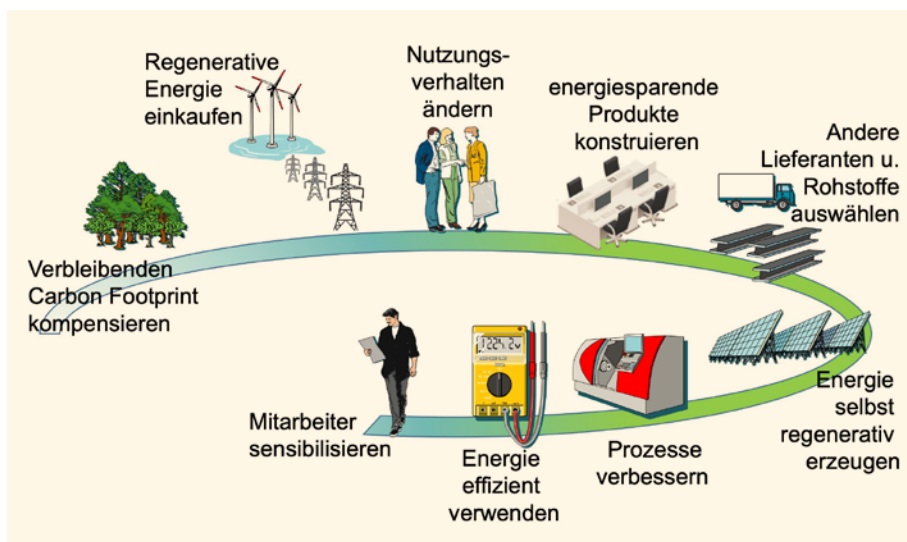
Die Anbieter von „grünem Strom“ sind inzwischen unzählbar; es scheint ein lukratives Geschäft zu sein. Was die wenigsten wissen: Wer grünen Strom bestellt, kriegt keinen grünen Strom, sondern den gleichen wie zuvor – aus dem normalen Stromnetz. Es gibt in den Stromleitungen keine grünen und nicht-grünen Elektronen, die fein säuberlich nach Stromtarif sortiert werden. Es ist nur ein bilanztechnischer Effekt: Man bekommt den Strom aus regenerativen Quellen zugerechnet, z.B. aus Flusswasserkraftwerken, Windkraftanlagen oder Photovoltaik-Anlagen, der an anderer Stelle erzeugt und auch verbraucht wird. Wenn man für sich die Nutzung dieser grünen Quelle beansprucht, dann fällt sie aus dem allgemeinen nationalen Strommix weg, d.h. dort sinkt der Anteil regenerativer Energiequellen – unter dem Strich ein Nullsummenspiel. Der Kauf von grünem Strom macht nur Sinn, wenn durch einen deutlich höheren Preis auch in den Ausbau neuer regenerativer Quellen investiert wird. Das muss dann detailliert nachgewiesen werden. Bekäme man zum Beispiel Strom aus Flusswas-

serkraftwerken angeboten: Die gibt es meistens schon seit Jahrzehnten oder noch länger. Hier werden keine neuen Kapazitäten geschaffen. Die volkswirtschaftliche Wirkung der grünen Stromtarife auf den Anteil der erneuerbaren Energien wird deshalb als gering eingeschätzt.

Ein weiteres Wundermittel ist die Kompensation, was auf den ersten Blick schlüssig erscheint. Wenn man CO₂-Emissionen nicht vermeiden kann oder will, zahlt man Geld dafür, dass an anderer Stelle in Minderungsmaßnahmen investiert wird und man damit auf Netto-Null-Emissionen kommt. Hier ist aber die Forderung, dass die Maßnahme *zusätzlich* sein muss zu den sowieso schon geplanten Minderungsmaßnahmen z.B. des Staates, und dass sie auch *garantiert langfristig* wirkt und nicht nur eine zeitliche Verschiebung der Emissionen darstellt. Ersteres wird immer schwieriger, da derzeit alles an möglichen Maßnahmen mobilisiert wird, um CO₂ einzusparen. Bei vielen Projekten muss man aufpassen, dass keine Doppelzählungen erfolgen oder die Einsparungen mehrmals verkauft werden. Der Markt an geeigneten Kompensationsprojekten wird deshalb in den nächsten Jahren immer begrenzter werden. Die Langfristigkeit hingegen spielt z.B. bei der populären Wiederaufforstungen eine große Rolle, wo Kohlenstoff der Atmosphäre entzogen und im Wald gespeichert wird. Dazu muss der neue Wald aber lange Standzeiten haben. Wer kann das heute schon garantieren? Die Rodung durch einen neuen Waldbesitzer oder ein Waldbrand können das schnell zunichtemachen, bezahlt ist aber schon. Dem Klima nützt das dann nichts. Einzig der Ankauf und die Vernichtung von Emissionszertifikaten macht wirklich Sinn. Damit greift man tatsächlich in die Emissionsmengen bei Kraftwerken und anderen Emittenten ein.

Es wäre also ehrlicher, statt von Klimaneutralität einfach nur von Klimaschutz zu reden, von dem Versuch, alles Mögliche zu unternehmen, die Treibhausgasemissionen deutlich einzuschränken. Dazu gibt es auch im betrieblichen Bereich viele Ansatzpunkte (siehe Abb. 3). Grüner Strom und Kompensation sollten höchstens die letzten Maßnahmen in dieser Kette sein, wenn man unbedingt mit Treibhausgas-Neutralität nach außen werben will. Aber eigentlich sollte die Zeit der vielen Wortkreationen, Proklamationen und sich überschlagenden Zielsetzungen vorbei sein, und endlich die Zeit der Maßnahmen anbrechen. Dem Klima wäre damit mehr geholfen.

Abb. 3: Was kann ein Unternehmen für den Klimaschutz tun und was sollte es vorrangig tun?



DR. MARIO SCHMIDT

ist Professor für Ökologische Unternehmensführung und leitet das Institut für Industrial Ecology. Er ist u.a. Mitglied in den DIN/ISO-Normierungsgremien zu Carbon Neutrality.

Nachhaltig und ressourceneffizient studieren



VON MARIO SCHMIDT UND FRANK BERTAGNOLLI

Umweltschutz und Nachhaltigkeit sind längst keine rein technischen oder naturwissenschaftlichen Themen mehr. Sie müssen organisiert werden, in Unternehmen, in der Politik, in Nichtregierungsorganisationen oder in Beratungsgesellschaften. Das sind häufig Managementaufgaben, deren Akteure aber auch etwas von Umwelt und Technik verstehen müssen und häufig Querschnittsfunktionen haben. Was kann die Produktentwicklung in der Firma zu nachhaltigen Produkten beitragen? Wie kann die Produktion effizienter mit Energie- und Materialeinsatz umgehen? Was ist mit dem Lieferkettengesetz oder der EU-Taxonomie? Wie will sich die Geschäftsleitung zum Klimaschutz positionieren? Oder wie soll der Nachhaltigkeitsbericht des Unternehmens aussehen?

Die Hochschule Pforzheim hatte 2011 als erste deutschsprachige Hochschule den Studiengang Ressourceneffizienz-Management (REM) ins Leben gerufen, der an der Fakultät Wirtschaft und Recht angesiedelt ist, zu einem **Bachelor-Abschluss** als Betriebswirt/in führt und inzwischen in „**Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz**“ (**BNRE**) umbenannt wurde. Ziel der Ausbildung war gerade die Querschnittsfunktion zwischen den Managementaufgaben als Betriebs-

wirt sowie den Themen Umwelt und Technik. Man könnte also von einem grünen technischen Betriebswirt sprechen; häufig wetteifern die Absolventen sogar mit Wirtschaftsingenieuren, allerdings haben sie eine wesentlich bessere Vorbildung in Sachen Nachhaltigkeit.

Ressourceneffizienz war ein Schlagwort vor 15 Jahren: sparsam und umweltschonend mit den natürlichen Ressourcen umgehen. Mit Rohstoffen, Energie, aber auch den Umweltmedien wie Luft und Wasser. Dies gehört auch heute noch zur DNA des Studiengangs. Aber es gibt heute viele weitere Stichworte, die bedient werden müssen: Circular Economy, Klimaschutz, ökologische und soziale Verantwortung in der Lieferkette u.v.m. Der Studiengang ist dabei praktisch ausgelegt. Es dreht sich immer um das konkrete Handeln in unserer Gesellschaft und hauptsächlich in der Wirtschaft. Dementsprechend haben Praktika und Fallstudien in Unternehmen einen hohen Stellenwert. Exkursionen in die Welt der Produktion gehören ebenfalls dazu.

Während Nachhaltigkeit in vielen anderen Studiengängen ein nebulöser Begriff ist, ein philosophisches Gebilde wird oder nur sehr qualitativ umschrieben bleibt, wird das Thema in Pforzheim konkretisiert. Wie misst

man die relevanten Indikatoren und wie berechnet man einen Carbon Footprint? Wie können Kreisläufe geschlossen und Produkte und Produktionen schlanker gemacht werden? Die Kernkompetenz des Pforzheimer Teams aus ProfessorInnen und Lehrbeauftragten liegt deshalb in den faktenbasierten und quantitativen Methoden. Neben Wirtschaftswissenschaftler betreuen Ingenieure, Juristen, Physiker, Chemiker und Sozialwissenschaftler die Studierenden.

Was 2011 noch wie ein Exot unter den Studiengängen wirkte, liefert heute begehrte Expertinnen und Experten in Sachen Umwelt und Nachhaltigkeit. Der Bedarf in der Wirtschaft ist groß, die Bedeutung angesichts der ökologischen und Klimakrise und den politischen Zielen noch größer. Durch die Verzahnung mit dem Institut für Industrial Ecology (INEC) ist auch stets eine Brücke zur aktuellen Forschung geschlagen. An Aktualität ist dieser Studiengang deshalb kaum zu überbieten.

DR. MARIO SCHMIDT

ist Professor und war Gründungs-Studiendekan des Studiengangs REM.

DR. FRANK BERTAGNOLLI

ist Professor und Studiendekan des Studiengangs BNRE.



<

Avantgarde in Sachen Ressourceneffizienz: Die ersten REM-Studierenden im Jahr 2011. Foto: Michael Karalus

Infos zum Bachelorstudiengang BNRE:



Mit Zahlen der Umwelt auf den Zahn fühlen



VON MARIO SCHMIDT UND TOBIAS VIERE

Ökobilanzen und Klimafußabdruck – auf Englisch Life Cycle Assessments (LCA) und Carbon Footprint (CF) – sind sehr populär geworden. Sie werden für Produkte angefertigt, und entsprechende Bilanzen sind auch für ganze Unternehmen, Länder, Kommunen oder einzelne Personen interessant. Der Gesetzgeber verweist immer stärker auf solche Bilanzen, z.B. im Rahmen der EU-Taxonomie. Bei den angestrebten Produktpässen werden diese Bilanzen eine wichtige Rolle spielen. Große Firmen wie BASF, Volkswagen, Evonik oder Siemens beschäftigen ganze Teams, die für ihr Unternehmen solche Ökobilanzen anfertigen. Doch wo werden die Experten dazu ausgebildet?

In Pforzheim natürlich, zumindest seitdem es den **Master-Studiengang „Life Cycle & Sustainability“ (MLICS)** gibt. Er wurde 2016 ins Leben gerufen und soll Bachelorabsolventen aus Wirtschafts-, Ingenieur- und Naturwissenschaften spezifisches Wissen zur Ökobilanzierung vermitteln. Denn was auf den ersten Blick trivial erscheint – eine Bilanz von Emissionen zusammenzustellen – enthält unglaublich viele methodische Fallstricke, die ein Laie kaum überblickt und wodurch es schnell zu Fehlurteilen kommt. Hier reicht auch nicht nebenbei eine Vorlesung mit 2

Semesterwochenstunden, sondern es muss Theorie und Praxis ausführlich vermittelt und geübt werden.

Die Herausforderungen liegen zum Beispiel in der Wahl von Bilanzgrenzen, woran viele Ökobilanzierer schon scheitern und im wahrsten Sinne des Wortes Unvergleichliches produzieren. Die sogenannte Allokationsmethode bei Kuppelprozessen ist ein großes Thema, insbesondere in der Kreislaufwirtschaft. Sie bestimmt oft das Ergebnis der Bilanz, ist aber ein methodisches Artefakt. Dazu kommen Datenungenauigkeiten, das Arbeiten mit internationalen Datenbanken und professioneller Ökobilanz-Software. Schließlich ist auch Wissen über die verschiedenen Umweltwirkungen erforderlich. Gehören Treibhauseffekt und Ozonloch seit Jahrzehnten zu den Spitzenreitern der betrachteten Umweltwirkungen, so drängen sich neuerdings Mikroplastik oder die Wirkung von PFAS oder Feinstaub nach vorne. Dazu kommen zahlreiche internationale Standards und gesetzliche Regelungen, die zu beachten sind.

Zu diesem ökobilanziellen Wissen gesellen sich im Studiengang auch Grundlagen, die für eine/n Nachhaltigkeitswissenschaftler/in unerlässlich sind. Bachelorabsolventen aus anderen Fächern können somit in

3 Semestern einen Crashkurs absolvieren, mit dem sie später im Umwelt- und Nachhaltigkeitsbereich bestens gewappnet sind. Ebenso wie in dem Bachelor-Studiengang „Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz“ liegt ein wesentlicher Schwerpunkt in praxisnahen Anwendungen. Dazu gehören Projektfallstudien zusammen mit Unternehmen und praxisnahe Abschlussarbeiten.

Eine derart intensive Ausbildung in Sachen Ökobilanzierung ist in Deutschland nach wie vor eine Ausnahme. Die Hochschule Pforzheim hat hier Standards gesetzt, viele ihrer AbsolventInnen arbeiten inzwischen in Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft und garantieren die Qualität dieser wichtigen Bilanzen.

DR. MARIO SCHMIDT

ist Professor und war Gründungs-Studiendekan des Studiengangs MLICS.

DR. TOBIAS VIERE

ist Professor und Studiendekan des Studiengangs MLICS.



< Exkursion in die Praxis. Hier der MLICS-Studiengang eine Fahrt zum Braunkohlekraftwerk Jämschwalde zusammen mit Prof. Dr. Niko Thißen (links). Foto: INEC

Infos zum Masterstudiengang MLICS:



Mit Kooperativen Promotionskollegs zum Dokortitel

VON MARIO SCHMIDT UND INGELA TIETZE



^
2022 erfolgreich promoviert:
ENRES-Kollegiatin Frau Dr.
Roukaya Issaoui.

Fotos: INEC

Stipendiaten und Betreuer des
ENRES-Kollegs mit Prof. Dr. Armin
Grunwald (2.v.l. KIT); Prof. Dr.
Ursula Eicker (3.v.l., HfT S); Prof.
Dr. Mario Schmidt (6.v.l. HS PF),
Prof. Dr. Wolf Fichtner (5.v.r., KIT),
Prof. Dr. Ingela Tietze (1.v.r., HSPF).

v

Hochschulen für angewandte Wissenschaften (HAW) werden in Baden-Württemberg erst seit 2024 ein eigenständiges Promotionsrecht haben. Zuvor gab es die Einrichtung der sogenannten kooperativen Promotionskollegs, in denen HAW mit Universitäten zusammenarbeiten. Die Forschung und Betreuung läuft parallel an beiden Institutionen, die Promotion der Nachwuchswissenschaftler dann an der Universität.

Das INEC hat in Ausschreibungsverfahren des Landes Baden-Württemberg bislang zwei solcher Kollegs zugewiesen bekommen, zusammen mit dem renommierten Karlsruher Institut für Technologie (KIT) als beteiligte Universität. Von 2016 bis 2022 lief das kooperative Kolleg „Energiesysteme und Ressourceneffizienz“ unter Beteiligung von Prof. Dr. Armin Grunwald vom Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), Prof. Dr. Wolf Fichtner vom Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion (IIP) und Prof. Dr. Ursula Eicker von der Hochschule für Technik in Stuttgart.

Die in den Doktorarbeiten behandelten Themen waren breit gestreut und reichten von Energiesystemmodellierung und energetischer Gebäudesimulation über ökologische Fragen der Phosphorgewinnung in Tunesien bis hin zu den Umweltbelastungen des Recyclings oder des primären Kupferabbaus. Dabei wurden

unter den 12 Stipendiaten sogar zweimal die Höchstnote „summa cum laude“ vergeben.

Das Nachfolge-Kolleg „Klima, Ressourcen und Circular Economy (KLIREC) - Wechselbeziehungen, Synergien und Tradeoffs“ erfolgt wieder in Kooperation mit dem KIT, diesmal aber neben dem ITAS auch mit dem Geologen Prof. Dr. Christoph Hilger von der Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften. Dieses Kolleg läuft von 2022 bis 2027 und insgesamt werden 15 Stipendiaten und Stipendiatinnen gefördert. Die Nachwuchswissenschaftler sind dabei in die Arbeitsstrukturen der Institute eingebunden, stehen in ständigem Kontakt mit den erfahrenen Wissenschaftlern und tauschen sich hochschulübergreifend mit den anderen Kollegiaten in verschiedenen Veranstaltungsformaten aus.

Eine große Unterstützung erfährt das INEC dabei auch von der PSD-Bank Karlsruhe-Neustadt, die ebenso wie die Karlheinz-Osterwald-Stiftung aus Pforzheim die Finanzierung von weiteren Stipendien übernimmt und somit junge Talente fördert.

DR. MARIO SCHMIDT

ist Professor und war bzw. ist Co-Leiter der beiden Promotionskollegs.

DR.-ING. INGELA TIETZE

ist Professorin und Prorektorin der Hochschule Pforzheim.



Weitere Infos zum Promotionskolleg:



Interdisziplinarität und Praxisnähe

VON SOPHIA ZUNDEL | erschienen in den KONTUREN HSPF 2022

Studierende aus den Fakultäten für Technik und für Wirtschaft untersuchen Nachhaltigkeitsprofile von Kopfhörern

Gelebte Interdisziplinarität und internationale Unternehmensnähe an der Hochschule: In drei miteinander verzahnten Lehrveranstaltungen analysierten Studierende aus drei unterschiedlichen Studiengängen gemeinsam Kopfhörer hinsichtlich ihres Nachhaltigkeitsprofils und identifizieren Verbesserungsmöglichkeiten.



Bildrechte: HS PF

LEHRE

Kopfhörer werden im Zuge der Digitalisierung der Kommunikation im beruflichen und privaten Umfeld immer intensiver genutzt. Wie aber steht es um Umweltaspekte dieser Produkte. **Wie wirkt sich die Herstellung von Kopfhörern auf unser Klima aus und wie gut können sie repariert und recycelt werden?**

In Kooperation mit dem dänischen Elektronikhersteller Jabra suchten Studierende der Fakultät für Technik sowie der Fakultät für Wirtschaft und Recht gemeinsam Antworten auf diese Fragen.

Sieben Studierendengruppen erarbeiteten eine Bewertung der Kopfhörerentwicklung und -herstellung sowie entsprechende Verbesserungsansätze. Die Grundlage der interdisziplinären Untersuchungen bildeten Demontageuntersuchungen und Werkstoffanalysen im Labor für Nachhaltige Produktentwicklung der Fakultät für Technik, durchgeführt von Studierenden des Masterstudiengangs „Produktentwicklung“ (Fakultät für Technik) sowie der Bachelorstudiengänge „Wirtschaftsingenieurwesen/ International“ (Fakultät für Technik) und „Ressourceneffizienzmanagement“ (Fakultät für Wirtschaft und Recht). „Produktentwicklung kann nur gut interdisziplinär und im Team

funktionieren, und genau das konnten wir in den Veranstaltungen über Studiengang- und Fakultätsgrenzen hinweg gemeinsam umsetzen“, so Professor Dr.-Ing. Jörg Woidasky, Experte für Nachhaltige Produktentwicklung an der Fakultät für Technik.

Die Masterstudierenden des Maschinenbaus konzentrierten sich auf die konstruktiven Verbesserungsmöglichkeiten für Kopfhörer. „Je nach Modell sind bis zu einem Drittel aller Verbindungen geklebt und verhindern so eine einfache Reparierbarkeit und eine hochwertige werkstoffliche Verwertung“, so Jörg Woidasky. Insgesamt sechs Teams erarbeiteten Verbesserungsansätze wie Clip-Lösungen oder die Vereinheitlichung von Schraubverbindungen und präsentierten diese in wissenschaftlichen Postern sowie in Online-Meetings.

Die Bachelorstudierenden nutzten die Analyseergebnisse vor allem für die Bestimmung des Product Carbon Footprint. „Bereits die Herstellung eines Over-Ear-Kopfhörers verursacht die Emission von über 12 kg Treibhausgasäquivalenten. Die Herstellung eines einfachen Mono-Headsets verursacht jedoch lediglich etwa 2 kg im Vergleich“, so Dr. Claus Lang-Koetz, Professor für Nachhaltiges Technologie- und Inno-

ventionsmanagement an der Fakultät für Wirtschaft und Recht. „Wir haben am Beispiel des Kopfhörers die Lehrinhalte praxisorientiert angewandt, und die Studierenden haben das hervorragend umgesetzt und präsentiert!“ Durch den in Dänemark ansässigen Partner Jabra war die Projektsprache Englisch, und so wurden die Präsentationen und Dokumentationen in Absprache mit den Studierenden vollständig auf Englisch abgefasst.

„Die Ergebnisse der Studierenden haben unsere Erwartungen an das Projekt weit übertroffen, und wir prüfen derzeit Umsetzungsmöglichkeiten für diese wertvollen Anregungen“, so Maurits Hekking, der Nachhaltigkeitsverantwortliche bei Jabra/GN: „Wir diskutieren jetzt, welche nächsten Schritte wir perspektivisch gemeinsam angehen können.“

Die Kooperation zwischen der Hochschule Pforzheim und Jabra kam auf Vermittlung der Tech-Protect GmbH, Stuttgart zustande, die in der Kreislaufwirtschaft sowie der Beratung von Unternehmen im Umweltmanagement führend ist.

SOPHIA ZUNDEL

ist PR-Referentin in der Fakultät für Technik.

VERANSTALTUNGEN

PERSONEN

Auf dem »Shopfloor« indischer Unternehmen

VON KERSTIN ANSTÄTT |
erschieden in den KONTUREN
HSPF 2019

Interkultureller Austausch an konkreten Praxisbeispielen

Ressourceneffizienz in deutschen Unternehmen – ist das nicht Eulen nach Athen tragen? Gibt es nicht in anderen Weltregionen einen viel größeren Bedarf an effizientem und umweltfreundlicherem Produzieren?

Das waren die Fragen, die am Institut für Industrial Ecology (INEC) gestellt wurden. Professor Mario Schmidt hatte bei mehreren Reisen nach Indien potenzielle Projektpartnern kennengelernt. Geplant war, eine deutsche Analysemethode in indischen Fabriken einzusetzen, mit der man Materialverschwendung aufdecken kann.

Im September 2018 war es dann so weit: Ein dreiköpfiges Team des INEC reiste nach Pune (Indien), um dort Fallstudien zur so genannten Materialflusskostenrechnung (MFKR) durchzuführen und Erfahrungen für eigene Forschungsprojekte zu sammeln. Nadja Wisniewski und Julia Schindler sind wissenschaftliche Mitarbeiterinnen am INEC und haben Ressourceneffizienz-Management in Pforzheim studiert. Mit dabei war auch Manuel Andresh, der zu dem Thema seine Masterthesis im Studiengang „Life Cycle & Sustainability“ schrieb.

Pune, früher Poona genannt und ein bekanntes Meditationszentrum, ist heute eine aufstrebende Millionenstadt im Bundesstaat Maharashtra. Dort befinden sich auch zahlreiche deutsche Niederlassungen und sogar ein Kontaktbüro Baden-Württembergs, denn Maharashtra ist so etwas wie ein Partner-Bundesstaat. Vor zwei Jahren war auch Ministerpräsident Winfried Kretschmann zu Besuch. Das erleichterte die Kontaktaufnahme zu indischen Firmen. Zusammen mit dem



Nadja Wisniewski, Julia Schindler und Masterstudent Manuel Andresh beim Sightseeing in Indien.



<
„Effizienz“ im indischen Straßenverkehr.

↳
Koexistenz von Mensch, Technik und Natur in Indien.

Fotos: INEC

In Indien werden offiziell
23 verschiedene
Sprachen gesprochen.



die Einsparpotenziale in Indien nicht wesentlich von den hiesigen unterschieden. Die Produktion und der Wissensaustausch hierzu sind inzwischen international, und die Lernkurve in anderen Ländern ist sehr steil. Trotzdem sind die indischen Unternehmen anders organisiert. Niemand will hier Personal einsparen – bei Tageslöhnen von wenigen Dollar pro Person kein Wunder. Es geht eher darum, Arbeit zu schaffen. Deshalb muss die Ansprache an die Unternehmen eine andere sein: Ressourceneffizienz hört hier niemand gerne, weil sofort an „Human Resources“ gedacht wird. Also muss man explizit von Material und Energie sprechen.

Für das Pforzheimer Team waren diese kommunikativen Feinheiten, das Eintauchen in eine andere Kultur und in eine Gesellschaft voller Gegensätze spannend. Apropos Kommunikation: In einem Land, in dem offiziell 23 verschiedene Sprachen gesprochen werden, klappt die Verständigung mit den einfachen Mitarbeitern selbst auf Englisch nicht immer. Ohne Partner vor Ort hat man darum keine Chance. Der Aufbau von Netzwerken und Kooperationen ist deshalb für solche Projekte unerlässlich und für die Pforzheimer eine tolle Chance für interkulturelles Lernen.

indischen Kollegen Prashant Gogle wurden vier Firmen ausgewählt, die detailliert analysiert werden sollten: die Chemiefirma Harmony Organics, der Automobilzulieferer Renata Precision Components, die Lebensmittelfirma Schreiber Dynamix Dairies und der Automobilhersteller Tata Motors.

Bei der Materialflusskostenrechnung (MFKR) handelt es sich um eine Analyseverfahren, bei der die Materialverluste im Fokus stehen. Sie ist mit der ISO 14051 international standardisiert. Im Rahmen einer MFKR werden den Abfällen – im Gegensatz zur konventionellen Kostenrechnung – die Kosten der Produktion anteilig zugerechnet. Damit errechnet man die durch die Abfälle entgangene Wert-

schöpfung. Das Ziel einer MFKR ist es, den Unternehmen die versteckten Kosten und Einsparpotenziale aufzuzeigen. Eingespart werden dadurch auch Ressourcen und Treibhausgasemissionen. Neben der Datenerhebung geht es bei den Unternehmen sogar in die Produktion, auf den „Shopfloor“. Denn die Technik muss selbst von den Betriebswirten verstanden werden, will man irgendetwas an Kosten und Ressourcen einsparen.

Alle vier Fallstudien konnten trotz eines knappen Zeitbudgets von einem Monat erfolgreich und mit teilweise deutlichen Einsparpotenzialen abgeschlossen werden. Die „deutsche“ Methode fand großes Interesse bei den Unternehmen, wengleich sich

KERSTIN ANSTÄTT
ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am
Institut für Industrial Ecology (INEC).

Bienen an der Hochschule

VON FRANK BERTAGNOLLI | erschienen in den KONTUREN HSPF 2023



Im Rahmen unserer innovativen Lehre startete im Frühjahr 2020 das Projekt **BEEsy Mission**, das sich inzwischen als kleines Nachhaltigkeitsprojekt und Wahlpflichtfach im Rahmen des interdisziplinären Lehrangebots der Hochschule Pforzheim etabliert hat.

Projekthafte und forschende Lernen stand am Anfang der Idee des Autors, ein Bienenvolk an die Hochschule zu holen. Eine Mischung aus erfahrenen und unerfahrenen Studierenden machte sich im Frühjahr 2020 gemeinsam auf eine Lernreise mit dem Ziel: ein selbst produziertes Glas Honig. So startete die BEEsy Mission.

Stand am Anfang noch der Aufbau des Bienenhauses und das Kümern um das Volk, so entwickelte sich das Projekt nach und nach mit ganz unterschiedlichen Ideen weiter. Die Studierenden suchten sich in interdisziplinären Teams aus allen drei Fakultäten ihre Themen heraus und bearbeiten diese im Laufe des jeweiligen Sommersemesters. In den bisherigen Durchläufen ging es beispielsweise um die Gestaltung von Aufklebern für Honiggläser, das Honigernten, die Pflege des Bienenstocks, die Bildung eines Ablegers

durch eine Teilung des Volkes, um den Aufbau eines anderen Beutesystems oder um einen Instagram-Kanal mit den Projektinhalten.

Ein Wachs-Schmelzer wurde angeschafft, denn eine Gruppe beschäftigt sich mit Produkten rund um das Bienenwachs und stellt als Endprodukt Wachstücher her: wiederverwendbar, atmungsaktiv und nachhaltig. Eine andere studentische Projektgruppe analysierte betriebswirtschaftlich die exakten Kosten und den Aufwand, der für ein Glas Honig erforderlich ist.

Alle Themen entwickeln sich aus Fragestellungen der Teilnehmenden rund um das Thema Bienen und werden durch eigene Recherchen oder Expertenbefragungen praktisch gelöst. Am Ende jedes Sommersemesters steht für jede Teilnehmerin und jeden Teilnehmer die Prüfungsabgabe in Form eines Portfoliobe-

richtes an. Dieser beinhaltet eine Sammlung der Tätigkeiten, Erlebnisse und einen Bericht über die eigenen Aktivitäten. Hierbei entstanden auch Videobeiträge, interaktive Internetseiten, der erwähnte Instagram-Kanal und ein kleines Buch in der Reihe Springer essentials **„Bienen an der Hochschule“** (Springer 2022, Open Access, <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-64934-3>), mit dem einige der Teilnehmenden selbst zu Buchautorinnen und -autoren geworden sind. Sie publizierten dabei ihr Wissen zum Thema Bienen, zum Nachhaltigkeitsbezug, zu den Projekten selbst und zu ihren Lernerfahrungen.

Auf der Nachhaltigkeitsmesse 2022 der Hochschule gab es neben einer Honigverkostung auch ein Gewinnspiel mit Fragen über Bienen. Für Informationen rund um das Projekt und Hilfestellungen beim Gewinnspiel





standen Projektmitglieder Rede und Antwort. Gleichzeitig interessierten sich neue Studierende für das Projekt, in dem sie sich das Wissen für die Gründung eines eigenen Bienenvolkes aneignen können.

In Projekten verläuft natürlich nicht immer alles nach Plan. So wurde das erste Bienenhaus kurz nach seiner mühevollen Fertigstellung entwendet. Ein weiteres Problem zeigte sich im Frühjahr 2022, als die beiden Bienenvölker den Winter trotz Futtergabe nicht überlebt hatten.

Diese Misserfolge waren hart für das Projekt, zeigen aber die möglichen Risiken. Gleichzeitig bringen nicht planbare Ereignisse immer eine neue Dynamik in den Lehrablauf und damit neue Lernerkenntnisse für alle Beteiligten.

Das Projekt wird jeweils im Sommersemester angeboten, der aktiven Phase des Bienenjahrs. Im Wintersemester wird es ruhiger, und die Bienen überwintern. In dieser Zeit kümmern sich studentische Hilfskräfte um die Völker und deren Versorgung. Seit

dem Sommersemester 2023 unterstützt uns ein Lehrbeauftragter, der selbst Hobbyimker ist.

DR. FRANK BERTAGNOLLI

ist Professor für Lean Production und Ressourceneffizienz im Institut für Industrial Ecology (INEC). Er interessiert sich für innovative und projekthafte Lehrformate in der Praxis und hat die Lehrveranstaltung BEEsy Mission initiiert.



^
Der Lehrbeauftragte und Hobbyimker Felix Bischoff freut sich über den Nachwuchs unter den verdeckelten Brutwaben.
Foto: Frank Bertagnolli

<
Die „BEEsy Mission“-Projektgruppe
Foto: Cindy Fernandez

>
Markierte Bienenkönigen des Hochschulvolkes mit Bienen auf einem Rähmchen.
Foto: Florentine Parzich



»Klima-Challenge«

Studierende sparen eine Tonne CO₂

VON HENDRIK LAMBRECHT |
erschieden in den KONTUREN HSPF 2020

Weniger Netflix, besseres Klima?

Weniger Fleisch essen, unnötige Verpackungen vermeiden, den eigenen PKW durch umweltfreundlichere Fortbewegungsmittel ersetzen – oder auch: weniger Netflix konsumieren. Das sind nur einige der Challenges, denen sich die Studierenden im ersten Semester des Master-Studiengangs Life Cycle & Sustainability gestellt haben.

So haben Sie sich nicht nur theoretisch mit den Themen Ökobilanzierung und Nachhaltigkeit befasst, sondern diese angewendet, um einen konkreten und ganz persönlichen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten.

Zum vierten Mal haben sich die Studierenden im Wintersemester 2019/20 im Rahmen des einführenden Grundlagen-Moduls einer „Umwelt-Challenge“ gestellt und eine selbst gewählte umweltentlastende Maßnahme zwei Monate lang im Alltag umgesetzt. Anschließend haben sie die Wirkung der eigenen Maßnahme unter Zuhilfenahme der erlernten Konzepte und Methoden abgeschätzt und die Ergebnisse in einem Kurzbericht zusammengefasst. „Es ist spannend und begeistert mich immer wieder aufs Neue, auf welche Ideen die Studierenden kommen und welche Einblicke sie anschließend bei der Auswertung ihrer Challenges gewinnen.

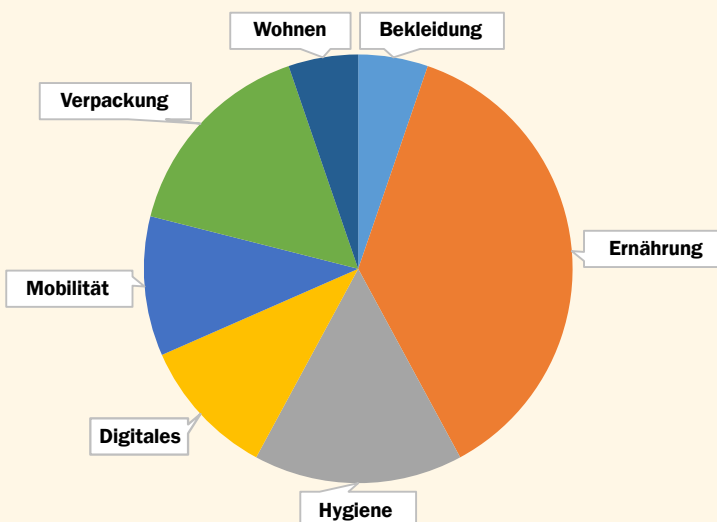
Häufig lerne ich dabei selbst etwas Neues!“ so der für das Modul verantwortliche Professor Dr. Hendrik Lambrecht.

So konnte eine einzige Studentin durch die – sowohl im Umfang als auch der Datenqualität – reduzierte Nutzung des Streaming-Dienstes Netflix im Zeitraum von nur 18 Wochen eine Einsparung von ca. 300 kg CO₂-Äquivalenten erzielen. Die Abschätzung solcher Zahlen wirft zweifellos methodische Fragen auf, verweist aber sicher zutreffend auf die steigende Bedeutung der Infrastruktur für die weltweite Datenübertragung am globalen Energie- und Ressourcenverbrauch. Ein anderer Student hatte sich zum Ziel gesetzt, auf Bestellungen im Online-Handel zu verzichten, um den Verpackungsaufwand zu reduzieren. Sein überraschendes Fazit: die eigentliche Wirkung seiner Maßnahme lag darin, dass er nur zwei der insgesamt sieben Kaufwünsche im Zeitraum der Challenge im Einzelhandel vor Ort realisierte. Die anderen fünf erschienen ihm nach kurzer Zeit überflüssig.

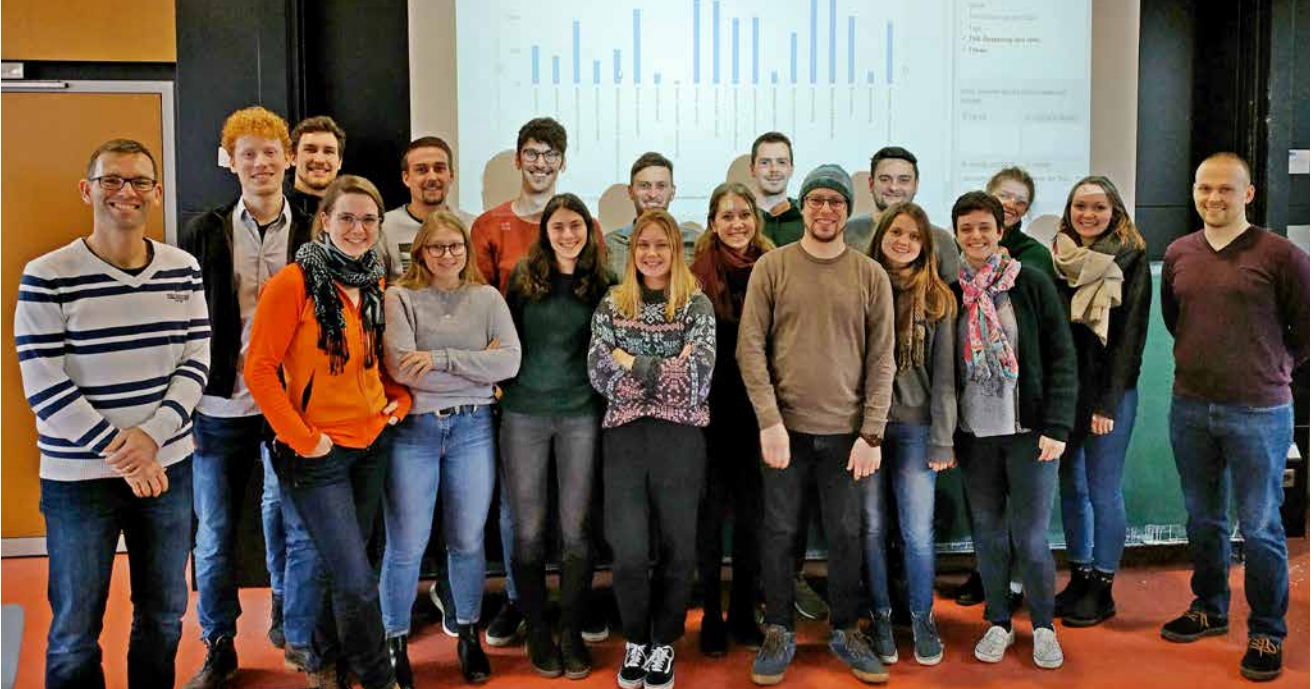
Insgesamt bilden die Maßnahmen einen guten Querschnitt durch die gesellschaftlich diskutierten Ansätze zum Klimaschutz im privaten Umfeld ab. Erwartungsgemäß haben Veränderungen in den Bereichen Mobilität, Wohnen und Bekleidung mit einem mittleren Einsparpotenzial von ca. 500 kg CO₂-Äquivalenten pro Jahr eine besonders hohe Wirkung..

„Man sollte die Relevanz der Maßnahmen aber nicht nur anhand der eingeschätzten Einsparung bewerten“, so Lambrecht, „dieser spiegelt schließlich auch die Ausgangslage wider und fällt damit umso niedriger aus, je umweltbewusster sich eine

Treibhausgas-Einsparungen der einzelnen Maßnahmen – zur besseren Vergleichbarkeit dargestellt als Potenzial, wenn die Maßnahme ein Jahr durchgeführt würde.



»Es ist spannend und begeistert mich immer wieder aufs Neue, auf welche Ideen die Studierenden kommen und welche Einblicke sie anschließend bei der Auswertung ihrer Challenges gewinnen.«



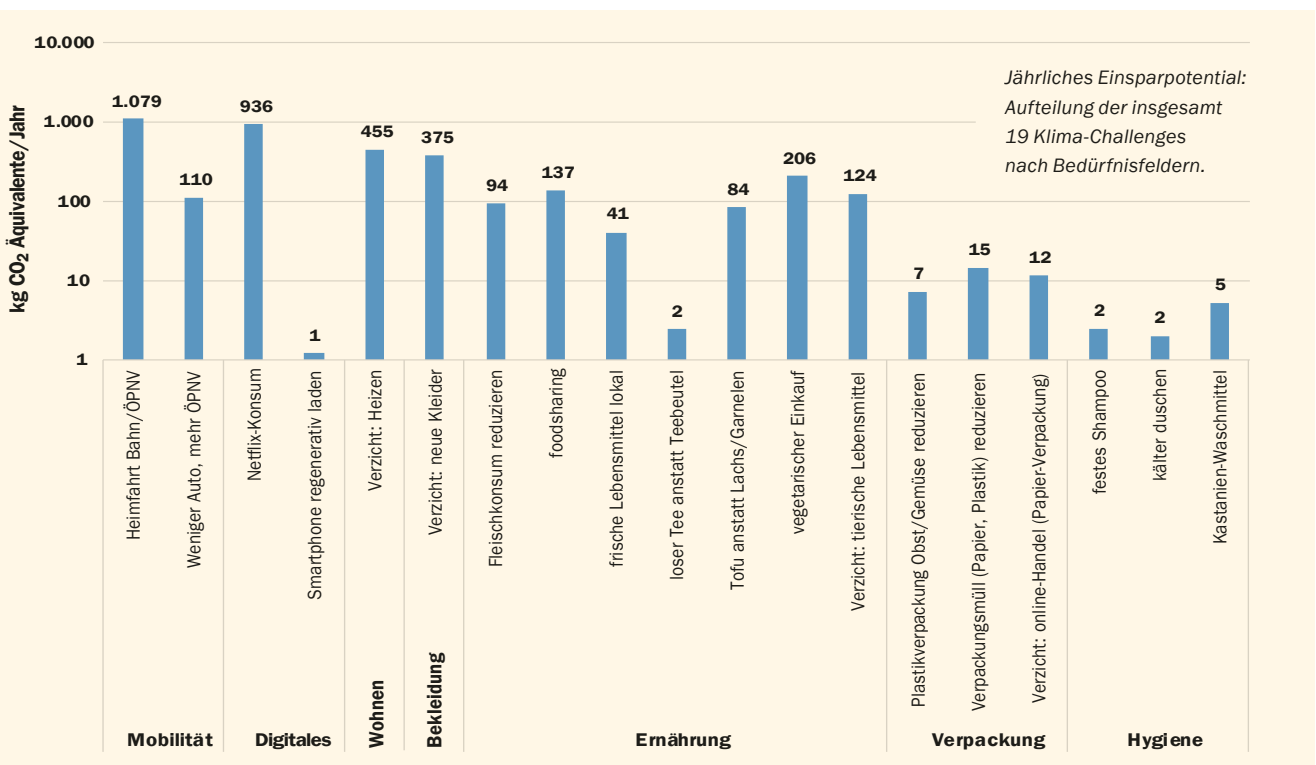
Studierende im 1. Semester des M.Sc. „Life Cycle and Sustainability“ mit Professor Dr. Hendrik Lambrecht (ganz links). Foto: Steffen Lewerenz

Person – beispielsweise beim Fleischverzicht – bereits zuvor verhalten hat. Außerdem sind es vielleicht gerade die etwas abwegigeren Ideen, die eine Gesellschaft benötigt um vorwärtszukommen.“ So wurde beispielsweise mit einem aus Rosskastanien hergestellten Ersatz für herkömmliche Waschmittel experimentiert. Interessante Einsicht: so wird die Umweltbelastung aus der aufwändigen chemischen Herstellung von Waschmitteln zwar reduziert, aber auch die natürlichen Saponine, die die reinigende Wirkung übernehmen, haben in der Umwelt toxische Eigenschaften.

Neben der Vielfalt der Ideen überzeugt der Elan, mit dem die Studierenden sich an die Auswertung ihrer Challenges begeben. Hausmüll wird gewogen, der eigene Warenkorb protokolliert, Temperaturprofile werden ermittelt, die Herkunft von Lebensmitteln recherchiert. Und man will es wirklich wissen:

so wird nicht selten auf unterschiedlichen Wegen überprüft, ob die eigene Abschätzung Bestand hat. Es gelingt den Studierenden zudem durchweg, die Ergebnisse kritisch zu reflektieren: Was ist der Effekt, wenn ich anstatt Fleisch mehr Milchprodukte konsumiere? Wie repräsentativ sind Stichproben beispielsweise des eigenen Konsumverhaltens? Welche Auswirkungen – außer auf das Klima – hat die gewählte Maßnahme noch? So ist die eine Tonne eingesparter Treibhausgase am Ende vielleicht nicht mehr als eine grobe Abschätzung der Größenordnung. Die Wirkung der Challenge selbst könnte jedoch deutlich größer ausfallen.

DR. HENDRIK LAMBRECHT
ist Professor für Industrial Ecology und Quantitative Methoden.



Der Klimaschutz an der Hochschule braucht ein anderes Mobilitätsverhalten

VON TOBIAS VIERE UND STEFANIE WETZKE | erschienen in den KONTUREN HSPF 2020

Auch die Hochschule will ihren Beitrag zur Erreichung der Klimaziele im Sinne ihrer Mission #verantwortlich leisten. Nach einem Klimaschutzkonzept der erweiterten Hochschulleitung soll bis 2030 der CO₂-Ausstoß um 50% reduziert werden, bis 2050 wird eine Reduktion von 90% angestrebt. Das deckt sich mit dem Klimaschutzplan der Bundesregierung und dem 2013 verabschiedeten Klimaschutzgesetz von Baden-Württemberg.

Studierende des Masterstudiengangs Life Cycle und Sustainability haben mit Professor Dr. Tobias Viere eine aktuelle Klimabilanz der HS PF ermittelt (Abbildung rechts oben). Die Gesamtbeurteilung umfasst bisher Strom, Wärme, sonstiges (wie Wasser- und Papierverbrauch) und Mobilität. Am Einbezug weiterer Größen wie der Beschaffung und dem Mensa- und Cafébetrieb des Studierendenwerks Karlsruhe am Standort Pforzheim wird gearbeitet.

Ein eindeutiges Ergebnis der bisherigen Bilanzierung ist der überragende Einfluss der Mobilität auf das Gesamtergebnis. Dreiviertel der Klimaemissionen der Hochschule entfallen auf Mobilität. 68% der Gesamtemissionen gehen auf die An- und Abfahrten aller Hochschulangehörigen (Studierende, Mitarbeiter*innen, Professor*innen) zurück. Der hohe Wert spiegelt wider, dass viele Studierende und Angehörige der Hochschule nicht in Pforzheim wohnen, sondern aus dem nahen und fernen Umland zur Hochschule pendeln. Weitere 7% der Gesamtemissionen sind mobilitätsbezogen und bilden Dienstreisen, Exkursionen und Reisen ins Auslandssemester und Praxissemester ab, wobei die vorlesungsfreie Zeit berücksich-

sichtigt wurde. Über alle Mobilitätsformen hinweg verursachen private PKW den Mammutanteil an dieser Belastung. Hierbei fallen die Studierenden-PKW gegenüber den PKW sonstiger Hochschulangehöriger wesentlich mehr ins Gewicht, was auch durch die deutlich höhere Zahl an Studierenden im Verhältnis zu den sonstigen Hochschulangehörigen bedingt ist.

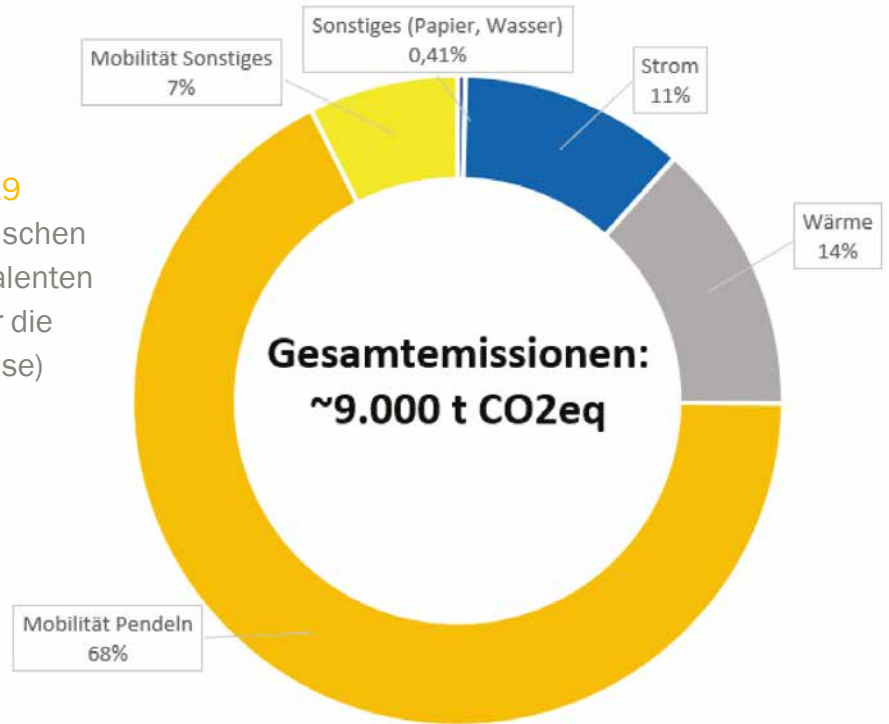
Als Folge der Corona-Pandemie wird die Klimabilanz der Hochschule im Jahr 2020 deutlich besser aussehen, da ein Großteil des Pendelverkehrs im Sommer- und möglicherweise sogar noch im Wintersemester wegbriecht. Sobald der von allen erhoffte normale Hochschulbetrieb wieder läuft, ist eine substantielle Veränderung des Mobilitätsverhaltens unabdingbar, wenn die Klimaschutzziele erreicht werden sollen.

Die Hochschule arbeitet hierzu an Ideen und hat im Rahmen des Projekts SEILBAHN PF (siehe auch Konturen 2019) von Prof. Dr.-Ing. Woidasky mehrere Maßnahmen identifiziert, die in den nächsten Jahren weiterverfolgt werden. Dazu gehören beispielsweise E-Lademöglichkeiten für PKW, Pedelecs und Scooter, eine engere Bustaktung, Carsharing-Angebote am Campus sowie landesweite Semestertickets bzw. Monatskarten und Untersuchungen zur sozialverträglichen Umsetzung der vom Land angestrebten Parkraumbewirtschaftung und adaptierten Zufahrt/Kontrollsystemen unter Beteiligung der Stakeholder (z.B. Personalrat, Studierendenrat...).

»Über alle Mobilitätsformen hinweg verursachen private PKW den Mammutanteil an dieser Belastung.«

Klimabilanz der Hochschule 2019

für Mobilität und Betrieb in metrischen Tonnen Kohlenstoffdioxid-Äquivalenten (t CO₂eq, gängige Maßeinheit für die Klimawirkung durch Treibhausgase)



Quelle: Spykman, Fischer, Kusch (2019) Mobilitätsbezogene Klimabilanz der HS PF – Studienarbeit an der HS PF im Master Life Cycle & Sustainability in einer Fallstudie, ergänzt um Analysen der HS PF Nachhaltigkeitsverantwortlichen

2019 durchgeführte Verkehrsmessungen ergaben bis zu 1.000 Autos pro Stunde, die zu Spitzenzeiten an die HS PF wollen. Bei 450 offiziellen Parkplätzen ist ein Ausweichen auf umliegende Anwohnerstraßen die Folge. Aktuell ist jedes Auto im Schnitt mit nur 1,2 Personen besetzt. Dieser Wert ließe sich durch eine Mitfahr-App erhöhen, die es Hochschulangehörigen einfach und spontan ermöglicht, Fahrgemeinschaften zu bilden, statt einzeln per PKW an- und abzureisen. Studierende und Mitarbeiter um Dr. Thomas Schuster, Professor für Wirtschaftsinformatik, haben hierzu eine Beta-Version einer solchen Mitfahr-App zur Verkehrsbündelung/Organisation von Fahrgemeinschaften entwickelt. Sobald nach dem Corona-Shutdown der normale Hochschulbetrieb wieder

läuft, wird die App im größeren Stil beworben und eingesetzt.

Die Coronakrise zeigt auch, dass nicht alle Sitzungen und Veranstaltungen auf dem Campus stattfinden müssen und digitale Formate und Arbeiten im Home-Office an der einen oder anderen Stelle sehr zielführend sein können. Dies wiederum kann die Verkehrs- und Klimalast der Hochschule auch langfristig reduzieren. Eine verstärkte Nutzung des öffentlichen Nah- und Fernverkehrs, der vermehrte Umstieg auf kleinere und klimafreundlichere Fahrzeuge (Elektroautos) und die bessere Auslastung von Fahrzeugen auch mit Hilfe der Mitfahr-App sind weitere unabdingbare Voraussetzungen, die Klimabilanz der Hochschule substantiell zu verbessern.



© HS PF

DR. TOBIAS VIERE

ist Beauftragter für Nachhaltigkeit und PRME (Principles for Responsible Management Education).

STEFANIE WETZKE

Stefanie Wetzke ist Referentin für Nachhaltigkeit und PRME an der Hochschule Pforzheim.

Die HS PF Mitfahr-App ist bereits unter <https://mobility.hs-pforzheim.de> in der Beta-Version für alle Hochschulangehörigen nutzbar. Die Anmeldung erfolgt über die persönlichen HS PF Anmeldedaten.



Voller Erfolg für ein neues Format des Instituts für Industrial Ecology

1. Symposium Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz

VON MARLENE PREISS, CLAUS LANG-KOETZ UND CHRISTIAN HAUBACH |
erschienen in den *KONTUREN HSPF 2023*

Ökobilanzierung, Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz in der Praxis, diesen Themen widmete sich das erstmals vom Institut für Industrial Ecology (INEC) veranstaltete Symposium Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz. Das Symposium ist ein neues Veranstaltungsformat des INEC, das die bisherige Ringvorlesungsreihe ersetzt.

Die Veranstaltung fand im Dezember 2022 im EMMA Kreativzentrum in Pforzheim statt, ein Ort, der ideal für einen Perspektivenwechsel ist. Dies spiegelte sich nicht zuletzt auch im Veranstaltungsprogramm wider: So konnten die über 100 Teilnehmer*innen über Keynotes renommierter Fachleute, Vorträge von Alumni und Studierenden der Hochschule und Posterpräsentationen laufender Forschungsprojekte des INEC mehr über Forschungs- und Praxisaspekte des Themas erfahren.

Der Tag begann mit Keynotes zur Ökobilanzierung. **Professor Dr. Mario Schmidt**, Institutsdirektor des INEC, zeigte dem Publikum auf, in welchen Punkten die Ökobilanzierung für Laien und auch Experten Herausforderungen aufweist: Über Ökobilanzen können die wesentlichen Umwelt- und sozialen Aspekte von Produkt- und Servicesystemen erfasst werden – das ist in einer komplexen Welt mit weitverzweigten Lieferketten nicht trivial. Fallstricke lauern beispielsweise bei der Allokation von Umweltwirkungen bei mehrmaligem Recycling von Produkten, bei der Verrechnung von negativen Emissionen durch biogene Materialien, aber eben immer noch auch bei der Verfügbarkeit von sowohl Primär- als auch Sekundärdaten, z. B. zu Rohstoffen oder Produktions- und Transportprozessen.

An das Thema Daten für die Ökobilanzen knüpfte **Dr. Roland Hischier** vom schweizerischen Forschungsinstitut Empa aus St. Gallen an. Sein Vortrag war ein Streifzug durch die Geschichte der Ökobilanzdatenbank ecoinvent – von den Anfängen über die Gegenwart bis zu einem Ausblick auf zukünftige Entwicklungen und Herausforderungen. Die Geschichte der Datenbank hat er persönlich mitgeprägt und stellte sie lebhaft vor: Ende der 1990er Jahre wurde ecoinvent ins Leben gerufen mit dem Ziel, die an verschiedenen Instituten in der Schweiz gesammelten Ökobilanzdaten zur harmonisieren und zu konzentrieren, woraus die Datenbank ecoinvent entstand. Schließlich wurde sie ab 2004 erweitert und ab 2008 so strukturiert, dass sie flexibel und dennoch einfach ist. Im Jahr 2013 erfolgte schließlich die Gründung des Vereins ecoinvent mit der Vision, Menschen auf der ganzen Welt Zugang zu hochwertigen Informationen zu ermöglichen, um Nachhaltigkeitsbewertungen einfach und kostengünstig durchführen zu können. Mehrere tausend Nutzende weltweit zeigen den Erfolg dieser Bemühungen.

»Die Vorträge und Diskussionen zeigten ganz deutlich, dass Ökobilanz und Carbon Footprint hochrelevant sind und der Bedarf an Expertise in diesem Gebiet auch in Zukunft wächst.«

Professor Dr. Claus Lang-Koetz



Die abschließende Keynote hielt **Martina Prox** von der iPoint-systems GmbH zur Automatisierung von Ökobilanzen und Product Carbon Footprints. Aktuell liegen nur für einen geringen Prozentsatz an Produkten Ökobilanzen vor. Mit den bisher vorhandenen Mitteln und Vorgehensweisen kann dieser Prozentsatz jedoch nur langsam gesteigert werden, um Produkte möglichst flächendeckend mit Ökobilanzen auszustatten, zu langsam, wie Frau Prox betonte. Daher zeigte sie auf, welche Möglichkeiten zur Automatisierung von Ökobilanzen und Product Carbon Footprints bereits vorliegen und woran derzeit verschiedene Brancheninitiativen arbeiten. In der abschließenden Diskussion der drei Referenten mit dem Publikum wurde deutlich, dass es weiterer Bemühungen hinsichtlich frei verfügbarer, verlässlicher und aktueller Ökobilanzdaten bedarf und existierende Standards harmonisiert werden müssen.

In der Mittagspause konnten sich die Teilnehmer*innen austauschen und vernetzen sowie im Rahmen einer Postersession einen Einblick in die vielseitigen Forschungsprojekte des INEC erhalten.

Am Nachmittag standen Vorträge von Alumni und Studierenden des Bachelorstudiengangs BWL-Ressourceneffizienzmanagement (mittlerweile: BWL-Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz) und des Masterstudiengangs Life Cycle and Sustainability auf dem Programm. Den ersten Vortragsblock bestritten die ehemaligen Masterstudierenden Dr. Katharina Gompf, Lucas Hadamek und Isabell Riester.

Dr. Katharina Gompf, die bei der BMW Group u. a. die Nachhaltigkeit der Produktlinie Mini verantwortet, zeigte auf, welche Emissions-Reduktionsziele sich die BMW Group gesetzt hat, wie diese auf einzelne Fahrzeugtypen heruntergebrochen und schließlich realisiert werden. So sollen die Treibhausgasemis-

>>

^
Das INEC konnte sich über ein sehr gut besuchtes 1. Symposium Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz freuen.

>
Keynote-Speaker Dr. Roland Hirschler vom schweizerischen Empa aus St. Gallen, Professor Dr. Mario Schmidt, Direktor des INEC, sowie Martina Prox von der iPoint-systems GmbH zusammen mit dem Moderator und Organisator des Symposiums, Professor Dr. Claus Lang-Koetz (v.r.n.l.).



Fotos: Cornelia Kamper



^
Dr. Katharina Gompf, Alumna des Masterstudiengangs Life-cycle & Sustainability, ist als Ökobilanz-Spezialistin bei der BMW Group tätig. Foto: Alexandra Vogt



^
Organisator und Moderator des Symposions, Professor Dr. Claus Lang-Koetz, eröffnete das Event im EMMA Kreativzentrum vor über 100 Gästen. Foto: Cornelia Kamper

sionen der Fahrzeuge über ihren Lebenszyklus bis 2030 (gegenüber 2019) um 40 % reduziert werden. Dies soll über den vermehrten Einsatz von Sekundärrohstoffen und Berücksichtigung der Zirkularität der Fahrzeuge schon bei deren Design umgesetzt werden, so dass aus den Autos von heute die Rohstoffe der Autos von morgen gewonnen werden können. **Lucas Hadamek** arbeitet als Sustainability-Consultant in den Bereichen Energie, Mobilität und Automotive bei der Sphera Solutions GmbH. Er gewährte einen Einblick in seine Tätigkeiten als Consultant und erläuterte, wie er Unternehmen dabei unterstützt, die ersten Schritte in Richtung Ökobilanzierung zu gehen. **Isabell Riestler**, Umweltmanagementbeauftragte der Aesculap AG, stellte in ihrem Vortrag dar, dass Produkt-Ökobilanzen und Corporate Carbon Footprints auch in der Medizintechnik zunehmend an Bedeutung gewinnen. So wurden in Pilotprojekten Ökobilanzen für ein Infu-

sionsbeutelset und einen Zahnbohrer erstellt. Aufgrund der Tatsache, dass es sich bei medizinischen Produkten oftmals um Einwegprodukte, sogenannte Single Use Surgical Instruments, handelt, ist insbesondere die Untersuchung der End-of-Life-Phase und möglicher Recyclingansätze relevant. Für den Standort Tuttlingen hat das Unternehmen bereits einen Corporate Carbon Footprint, der die Scope 1 und 2 Emissionen umfasst, erstellt.

Bei den Vorträgen der Studierenden präsentierte **Tayla Herrmann** die Ergebnisse einer Ökobilanz zu kabellosen Kopfhörern, welche sie vom Zerlegen des Produkts über die Bestimmung der Materialien der einzelnen Komponenten bis hin zur Modellierung und Auswertung der Ergebnisse durchgeführt hat. Das Treibhausgaspotenzial des Kopfhörers beläuft sich auf etwa 12 kg CO₂e, wobei etwa 81 % davon in der Herstellungsphase anfallen.

>
Professor Dr.-Ing. Nikolaus Thißen und Professor Dr. Hendrik Lambrecht im Pausengespräch. Foto: Cornelia Kamper





Franziska Heckel begann ihren Vortrag mit der Frage: „Wie viele Pakete bekommst du pro Monat nach Hause geliefert?“ Würden die 4,5 Milliarden jährlich in Deutschland anfallenden Sendungen in Mehrwegkartons versendet, die nur ein zweites Mal wiederverwendet würden, könnten pro Jahr etwa 330.000 t CO₂ vermieden werden. Das Pforzheimer Start-up *wir.kiste.kreis* hat eine Mehrwegkiste zur großflächigen Nutzung im B2C E-Commerce entwickelt. Frau Heckel hat dazu in ihrer Bachelor-Thesis eine CO₂-optimierte Kreislauflogistik betrachtet und stellte dies in ihrem Vortrag vor.

Der Vortrag von **Felix Bischoff** und **Sophia Reiter** thematisierte die Ermittlung von Scope 3-Emissionen nach Greenhouse Gas Protocol in einem Industrieunternehmen. Auch hier kam das Thema der Datenverfügbarkeit wieder zur Sprache, so erachteten die beiden die mangelnde Verfügbarkeit als größte Herausforderung zur Ermittlung der Scope 3-Emissionen. Darüber hinaus gestaltete sich die Interpretation der Ergebnisse schwierig, da keine Benchmarks vorliegen.

»Die Veranstaltung gab einen vertieften Einblick in aktuelle Forschungsthemen zu Ökobilanzierung und Herausforderungen für deren Durchführung in der Praxis. Der erhoffte intensive Dialog mit unseren Gästen zu diesem Thema ist uns gelungen.«

Professor Dr. Mario Schmidt

^
Martina Prox, Director Expert Services bei der iPoint-systems GmbH, zeigte Möglichkeiten zur Automatisierung von Ökobilanzen und Product Carbon Footprints auf.
Foto: Cornelia Kamper

Zum Abschluss stellten **Maren Kientsch** und **Marlon Patt** den von ihnen ermittelten Carbon Footprint eines Hochtemperaturwärmespeichers aus Stahl vor. Die Ergebnisse zeigen, dass der größte Beitrag zum Carbon Footprint auf die Nutzungsphase entfällt, weshalb die beiden Studierenden Szenarien mit verschiedenen Stromerzeugungsarten modellierten. Dabei wurde deutlich, dass die Vorteilhaftigkeit des Speichers wesentlich von der Art der Stromerzeugung, mit dem er betrieben wird, abhängt. Bei der Nutzung von erneuerbaren Energien (Solar oder Wind) ist der Speicher einer Bereitstellung der thermischen Energie mittels Gasverbrennung vorzuziehen.

Die über 100 Teilnehmer*innen (viele Studierende, aber auch zahlreiche externe Gäste) konnten das Schwerpunktthema Ökobilanz und Carbon Footprint aus unterschiedlichen Perspektiven erleben – von Fachexpert*innen, aus Forschungssicht sowie aus der Sicht von Absolvent*innen in der Berufspraxis und Studierenden im Bachelor- und Masterstudium. Die interessierten Nachfragen aus dem Publikum, die engagierten Diskussionen im Plenum und in den Pausen und das positive Feedback zeigten, dass das erste Symposium Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz eine wirklich gelungene Veranstaltung war und regelmäßig neu aufgelegt wird.

MARLENE PREISS
ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Industrial Ecology (INEC).
DR. CLAUS LANG-KOETZ
ist Professor für Nachhaltiges Technologie- und Innovationsmanagement.
DR. CHRISTIAN HAUBACH
ist Geschäftsführer des Instituts für Industrial Ecology (INEC).

Klimaneutralität – ein Ziel, verschiedene Blickwinkel

Ringvorlesung Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit



VON MARLENE PREISS, CLAUS LANG-KOETZ UND TOBIAS VIERE | erschienen in den KONTUREN HSPF 2022

Im Wintersemester 2021/22 widmete sich die Ringvorlesung Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit dem Oberthema Klimaneutralität. Der fortschreitende Klimawandel und die damit verbundenen Folgen wie etwa extreme Wetterbedingungen haben negative Konsequenzen für die ganze Welt. Im Pariser Abkommen von 2015 haben sich fast 200 Länder verpflichtet, die Erderwärmung auf 1,5 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen.

Um einer weiteren Erderwärmung entgegenzuwirken, muss der Ausstoß an CO₂-Emissionen reduziert bzw. müssen Netto-Null-Emissionen, sprich Klimaneutralität erreicht werden. Das bedeutet, dass alle globalen Treibhausgasemissionen durch Kohlenstoffbindung ausgeglichen werden müssen. Der 2019 vorgestellte Grüne Deal der Europäischen Kommission enthält einen Fahrplan, um bis 2050 Klimaneutralität in Europa zu erreichen. Viele Länder, Kommunen und Unternehmen streben aber bereits deutlich früher Klimaneutralität an. Das Thema Klimaneutralität mit all seinen Chancen und Herausforderungen wurde von den Referenten und Referentinnen aus ganz unterschiedlichen Perspektiven beleuchtet.

Dr. Mario Schmidt, Professor für Ökologische Unternehmensführung an der Hoch-

Im März 2021 kam das Bundesverfassungsgericht zu dem Schluss, dass das deutsche Klimaschutzgesetz in weiten Teilen verfassungswidrig ist. Der Beschluss erkennt an, dass Klimaschutz ein Menschenrecht ist.

schule Pforzheim und Direktor des Instituts für Industrial Ecology (INEC), eröffnete die Reihe mit seinem Vortrag „Klimaneutralität – Realistische Vision oder Mogelpackung?“, dessen Kernaussagen in KONTUREN 2021 nachlesbar sind. Eine große Herausforderung für echte Klimaneutralität ist die vorwiegend territoriale Bilanzierung von Treibhausgasemissionen; Staaten und Regionen kümmern sich zuerst und vorwiegend um die Emissionen auf dem eigenen Landesgebiet.

Die Problematik der territorialen Bilanzierung von Treibhausgasemissionen verdeutlichte Professor Schmidt an zwei Beispielen. So wäre der Verzicht auf südamerikanische Rindersteaks sehr sinnvoll für den globalen Klimaschutz, würde aber nicht zum Erreichen der Klimaziele der Bundesrepublik beitragen, da diese vorrangig das Ziel verfolgt, Emissionen im Inland zu reduzieren. Eine Verlagerung der Chemischen Industrie ins Ausland würde bei dieser Betrachtungsweise hingegen zur Klimaneutralität Deutschlands beitragen. Sie wäre aber schlecht für den globalen Klimaschutz, da die Produktion in anderen Ländern sehr wahrscheinlich mit höheren Emissionen verbunden wäre.

Bei allen Minderungsmaßnahmen im eigenen Land müssen also auch die Emissionen außerhalb Deutschlands in den Blick genommen werden, was regelmäßige Gesamtbilanzen notwendig macht, die in der erforderlichen Güte bisher aber fehlen.

Mario Schmidt arbeitet im Forschungsprojekt „Klimaschutz in globalen Wertschöpfungsketten durch Ressourceneffizienz in der produzierenden Wirtschaft (KligWeR)“ an der rekursiven Bilanzierung von Scope 3 Emissionen mithilfe von multiregionalen Input-Output-Analysen in

Verbindung mit Emissionsdaten. Das im Projekt entstandene Webtool zur Erfassung und Analyse von Scope 3 Emissionen steht Unternehmen zur Verfügung.

Solange Staaten und Unternehmen Klimaschutzziele nicht erfüllen oder keine ambitionierte Klimaschutzpolitik verfolgen, sind Rechtsmittel eine gute Möglichkeit, sie an ihre Verantwortung zu erinnern und zum Handeln zu bewegen. Diese Kernbotschaft belegte **Dr. Roda Verheyen**, Rechtsanwältin und Richterin am Hamburger Verfassungsgericht, in ihrem Vortrag „Klimaneutralität – die grundgesetzliche Verpflichtung des Staates zu Klima- und Umweltschutz“ eindrucksvoll.

Sie stellte zunächst die sogenannte Ambitionsücke dar: Noch immer sind die zugesagten Beiträge der Vertragsstaaten des Pariser Abkommens zu niedrig, um die gesetzten Ziele zur Begrenzung der Erderwärmung zu erreichen. Diese Lücke war Anlass der Verfassungsbeschwerde vor dem Bundesverfassungsgericht, an der Frau Dr. Verheyen maßgeblich beteiligt war. Die von ihr vertretenen Kläger beriefen sich auf die im Grundgesetz verankerten Grundrechte Menschenwürde, Gesundheit und Leben, Berufsfreiheit und Recht auf Eigentum in Kombination mit der Staatszielbestimmung Umweltschutz in Artikel 20a des GG. Im März 2021 kam das Bundesverfassungsgericht zu dem Schluss, dass das deutsche Klimaschutzgesetz in weiten Teilen verfassungswidrig ist. Der Beschluss erkennt an, dass Klimaschutz ein Menschenrecht ist und es die Pflicht des Staates ist, innerhalb der physikalischen Grenzen des Treibhausgasbudgets Klimaneutralität herzustellen. Emissionsreduktionen dürfen nicht ungeplant in die Zukunft verschoben werden, und die Transition zur Treibhausgasneutralität muss früh begonnen werden.

<

Die Chemische Industrie steht auf dem Weg zur Klimaneutralität großen Herausforderungen gegenüber, arbeitet jedoch auch kontinuierlich an entsprechenden Lösungen und Maßnahmen.

Foto: SatyaPrem, Pixabay

>

Der Vortrag von Dr. Roda Verheyen machte deutlich, dass Klimaschutz einklagbar ist.

Foto: Kevin Snyman, Pixabay



>>



^
Erneuerbare Energien wie etwa die Photovoltaikanlage auf dem T2-Gebäude sind fester Bestandteil des Klimaschutzkonzepts der Hochschule Pforzheim

Foto:
Steffen Lewerenz

Neben Staaten werden aber auch die Großemittenten unter den Unternehmen mit Klimaklagen konfrontiert. So haben diese eine Verkehrssicherungspflicht, Schaden möglichst zu vermeiden und müssen sich ebenfalls an ein nachvollziehbares Budget halten. Ihre zivilrechtliche Verantwortung erstreckt sich dabei über die selbst verursachten Emissionen hinaus. Derzeit laufen zudem verschiedene Klimaklagen am Europäischen Gerichtshof für Menschenrechte, deren Entscheidung noch aussteht. Dr. Verheyen zeigte auf, dass Staaten und Unternehmen für Klimaschutz und Klimaneutralität unmittelbar Verantwortung tragen und auch rechtlich in die Pflicht genommen werden können, wenn Anspruch und Wirklichkeit ihres Handels weit auseinandergehen.

»Das Pariser Abkommen wird praktisch verbindlich und für Gerichte anwendbar.«

Dr. Roda Verheyen

Wie das Thema Klimaneutralität an Hochschulen vorangebracht und verankert werden kann, zeigten **Steffen Lewerenz** und **Professorin Dr. Ingela Tietze**, Prorektorin der Hochschule Pforzheim zusammen mit **Markus Szaguhn** vom Karlsruher Institut für Technologie in ihrem Vortrag „Klimaneutralität und Hochschulen“.

Steffen Lewerenz gab zu Beginn einen Überblick zum Status quo von Klimaneutralität an Bildungseinrichtungen weltweit. An vielen Hochschulen macht der Pendelverkehr der Mitarbeiter und Studierenden einen Großteil der Treibhausgasemissionen aus, aber auch die Energieversorgung mit Strom und Wärme ist ein wichtiger Faktor. Weiter ging er explizit auf die Hochschulen für Angewandte Wissenschaften (HAW) in Baden-Württemberg ein. An einem Großteil der HAWs findet derzeit noch keine Berichterstattung zu den verursachten Treibhausgasemissionen statt, dies ändert sich derzeit aber sehr schnell.

Im Anschluss ging Markus Szaguhn auf die #climatechallenge ein, die sich unter anderem an Studierende richtet und alle Teilnehmenden befähigen möchte, einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten und konkrete Handlungsoptionen und Lösungsansätze zu entwickeln. Die #climatechallenge umfasst drei Schritte. Im ersten Schritt wird der eigene CO₂-Footprint berechnet und die größten Verursacher identifiziert. In einem Veränderungsexperiment (Footprint Challenge) über ca. 30 Tage wird dann nach Wegen gesucht, den eigenen Fußabdruck zu reduzieren. Erfahrungsgemäß werden in dieser Zeit Hürden und strukturelle Rahmenbedingungen erkannt, die ein nachhaltiges Verhalten erschweren wie etwa das fehlende Angebot von veganen Gerichten oder das unzureichende ÖPNV-Angebot. Die folgende Phase dient dazu, diese Hürden aktiv abzubauen und Veränderungen anzustoßen. Im letzten Schritt werden Erfahrungen geteilt und andere über die Vorteile der Veränderungen informiert. So wird im Sinne einer Klimakommunikation weiteres Bewusstsein über die Grenzen der #climatechallenge hinaus geschaffen.

Zum Abschluss stellte Professorin Tietze die Aktivitäten der Hochschule Pforzheim im Bereich Energiemanagement und Klimaschutz vor. Durch den Aufbau eines Energiemanagementsystems sollen ungenutzte Energieeffizienzpotenziale erschlossen, der Energieverbrauch verringert sowie Energiekosten und Umweltwirkungen reduziert werden. Bestandteile des integrierten Energie- und Klimaschutzkonzepts sind eine Ist-Analyse der Treibhausgasbilanz, daraus abgeleitete Potenziale sowie konkrete Minderungsziele mit Strategien und priorisierten Handlungsfeldern, die Beteiligung verschiedener Akteure, Umsetzung von Maßnahmen sowie Überprüfung der Wirksamkeit und die Verstärkung der Aktivitäten. Im Zuge des Konzepts fan-

den bereits im Wintersemester Workshops mit verschiedenen Akteuren der Hochschule statt, bei denen viele interessante Ideen gesammelt werden konnten.

Um klimaneutral zu werden oder als ersten Schritt den eigenen CO₂-Fußabdruck zu berechnen, sind viele Unternehmen auf Unterstützung angewiesen. **Professor Dr. Bastian Schröter** von der CO₂OP GbR und **Altan Günsoy** von der Climate Global GmbH sind zwei Gründer, die sich mit ihren Startups genau dieser Herausforderung annehmen. Sie stellten im Vortrag „Klimaneutralität – Innovative Start-up-Lösungen für mehr Klimaschutz in Unternehmen“ ihre Unternehmen vor.

Der von Professor Schröter präsentierte Ansatz von CO₂OP fokussiert kleine und mittlere Unternehmen. Dafür muss der wissenschaftlich fundierte Ansatz in der Handhabung einfach sein und zugleich eine Verstetigung im Unternehmen ermöglichen. Denn während einige Unternehmen in Sachen Treibhausgasneutralität bereits aktiv sind, halten viele KMUs Treibhausgasbilanzierung immer noch für kompliziert, teuer und aufwendig. Gleichzeitig wächst in den Lieferketten der Druck auf sie, entsprechende Informationen zur Verfügung zu stellen. CO₂OP

setzt bei der Berechnung auf einen Excel-basierten Rechner, der übersichtlich und verständlich ist und hinterlegte Formeln und

Annahmen transparent macht. Die mit dem Rechner ermittelten Bilanzen sind die Basis für Klimaschutzmaßnahmen. Um die verschiedenen Maßnahmen auch ökonomisch einordnen zu können, wird eine unternehmensspezifische CO₂-Vermeidungskostenkurve verschiedener Maßnahmen berechnet.

Der Ansatz, den Günsoy mit der Global Climate GmbH verfolgt, entstand im Rahmen seiner Tätigkeit als Steuerberater und setzt für die Treibhausgasbilanzierung im Finanzwesen von Unternehmen an. Die Idee besteht konkret darin, die Treibhausgasbilanzierung in den Workflow der Warenwirtschaft und Finanzbuchhaltung eines Unternehmens zu integrieren. So werden beispielweise jeder Bestellung, die in der Warenwirtschaft getätigt wird, automatisch CO₂-Emissionen zugeordnet. Dies gilt auch für Geschäftsreisen, die in der Finanzbuchhaltung bearbeitet werden. Die Vorteile seines Ansatzes für Unternehmen sieht Günsoy darin, dass Global Climate als Datenbasis vollständig dokumentierbare und auditable Informationen einsetzt und die Bilanzierung direkt mit der Buchhaltung verknüpft ist, zu der die Unternehmen ohnehin verpflichtet sind.

Gerade für energie- und rohstoffintensive Branchen ist der Wandel hin zur Klimaneutralität mit großen Investitionen und Entwicklungsleistungen verbunden. **Professor Dr. Peter Saling** von der BASF SE beleuchtete im letzten

Vortrag des Wintersemesters das Thema „Klimaneutralität – Herausforderung und Chance für die Chemieindustrie“. Professor Saling leitet bei der BASF SE das Themenfeld Nachhaltigkeitsbewertung und -methoden und hat als promovierter Chemiker bereits in den 1990er-Jahren deren Öko-Effizienz-Analyse mit aufgebaut.

Alle Aktivitäten des Unternehmens zur Erreichung von Klimaneutralität bis 2050 sind in einen strategischen Rahmen eingebettet. Ziel ist es, als Vorreiter voranzugehen und die eigenen Produkte möglichst effizient und klimafreundlich herzustellen, aber auch mit den produzierten Produkten in anderen Bereichen zur Klimaneutralität beizutragen und Einsparungen zu ermöglichen. Folglich wird eine Reduktion von Treibhausgasemissionen entlang der gesamten Wertschöpfungskette verfolgt.

Gegenüber 1990 konnten die Treibhausgasemissionen des Unternehmens bereits um 45 % gesenkt werden, bis 2030 wird eine Reduktion von 60 % anvisiert, obwohl zeitlich ein großer neuer Verbundstandort in China aufgebaut wird. Zur Emissionsreduktion setzt das Unternehmen auf grüne Energie, Umwandlung von Strom in Dampf (Power-to-Steam), neue Technologien, biobasierte Rohstoffe und kontinuierliche Maßnahmen zur Prozessverbesserung.

Informationsbereitstellung und -transparenz ist ein weiterer wichtiger Ansatzpunkt. Das umfasst laut Professor Saling bspw. die Bereitstellung von Informationen zu Product Carbon Footprints und die Entwicklung eines Strategic CO₂ Transparency Tool (SCOTT), das eine schnelle und effiziente Berechnung von Klimabilanzen für die rund 45.000 Produkte des Unternehmens ermöglicht. Das Tool berücksichtigt dafür die Treibhausgasemissionen von ca. 20.000 Rohmaterialien und jährlich 10 TWh bezogener Energie ebenso wie die direkten Treibhausgasemissionen aller ca. 700 Werke des Unternehmens.

Der Vortrag zeigte die großen Herausforderungen auf, denen die Chemieindustrie auf dem Weg zur Klimaneutralität begegnen muss. Zugleich wurde deutlich, dass die Branche viele Lösungen und Maßnahmen zum Klimaschutz bereits einsetzt und daran kontinuierlich weiterarbeitet.

Die Vorträge der Ringvorlesung Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit beleuchteten das Thema Klimaneutralität aus unterschiedlichen Perspektiven und zeigen, dass noch viel zu tun ist, um die CO₂-Emissionen menschlicher Aktivitäten weiter zu verringern. Dabei sind Stakeholder aus allen relevanten Bereichen gefordert: Unternehmen, Konsument*innen, Forschungseinrichtungen, Regierungen und Behörden und weitere gesellschaftliche Akteure.

MARLENE PREISS

ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Industrial Ecology (INEC).

DR. CLAUS LANG-KOETZ

ist Professor für Nachhaltiges Technologie- und Innovationsmanagement.

DR. TOBIAS VIERE

ist Professor für Energie- und Stoffstromanalyse.

»Viele Unternehmen denken immer noch, dass Klimaschutz zwingend viel Geld kostet.«

Professor Dr. Bastian Schröter

THERE IS
NO
PLANET
B



»Ich spüre die Verantwortung meiner Generation für die Zukunft«

Umweltminister Franz Untersteller in der Ringvorlesung Ressourcen-effizienz und Nachhaltigkeit

VON MARLENE PREISS, CLAUS LANG-KOETZ UND TOBIAS VIERE | erschienen in den KONTUREN HSPF 2021

Das Themenspektrum der Ringvorlesung erstreckte sich von Strategien zur Wasserwiederverwendung über Goldabbau und -recycling, Managementmethoden zur Verbesserung der Ressourceneffizienz bis hin zu Zukunftsbildern einer Bioökonomie.

Ziel dieser Vortragsreihe ist es, Studierenden, Hochschulangehörigen und interessierten Gästen einen Einblick in aktuelle wissenschaftliche, politische und unternehmerische Entwicklungen zu ermöglichen und das Thema Natur- und Umweltschutz aus ganz unterschiedlichen Blickwinkeln zu beleuchten. 2020 mussten sich die Organisatoren den Herausforderungen der COVID-19-Pandemie stellen und die Ringvorlesung erstmals virtualisieren.

Benjamin Fritz, Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Industrial Ecology (INEC), widmete sich zum Auftakt den ökologischen Auswirkungen des Goldabbaus und -recyclings. Die globale Goldproduktion beläuft sich derzeit auf 4.827 t pro Jahr, woran in Minen abgebautes Gold einen Anteil von 74 % hat, die anderen 26 % stammen aus der Wiederverwertung von Gold aus Elektroschrott oder altem Schmuck. Der Goldabbau erfolgt in den Minen unter ökologisch teils fragwürdigen Bedingungen wie dem Einsatz von großen Mengen an Zyanid. In einem Gedankenexperiment verdeutlichte Fritz, dass es möglich wäre, mit den in Safes liegenden Goldreserven den Bedarf für Schmuck und Industrie über 28 Jahre hinweg zu decken, ohne auch nur eine Mine zu betreiben. So würde man 1,5 Gt CO₂-eq und 11 Mt Zyanid einsparen.

Im Rahmen seiner Forschungsarbeit erstellte Fritz eine Ökobilanz für den Goldscheideprozess und sammelte Daten in Pforzheimer Scheideanstalten. Aus seinen Ergebnissen wurden wichtige Stell-schrauben zur Verbesserung der Ökobilanz identifiziert und Handlungsempfehlungen abgeleitet.

Im Rahmen des Forschungsprojekts NaGold unternahm Fritz auch eine Forschungsreise in den brasilianischen Amazonasregenwald. Ziel war es, vor Ort Daten für den Kleinbergbau zu erheben und die Möglichkeiten zu überprüfen, auch die sozialen Folgen im Rahmen einer sog. Social-LCA zu analysieren. Die Reise führte das Team in die Tapajós Region, in der jährlich 8 t Gold durch legalen Kleinbergbau abgebaut werden. Die dort gewonnenen Eindrücke vermittelte er dem Publikum anhand eindrucksvoller Bilder und Anekdoten. So reiste das Team in kleinen Flugzeugen auf Dieselkanistern sitzend durch den Regenwald, wusch Gold aus Teppichen, war auf einer schwimmenden Goldmine – einer Draga – zu Gast oder ließ sich in eine Untertage-gemeine abseilen.

Einen lokalen Einblick in den Natur- und Umweltschutz gab **Patrick Maier**, Geschäftsführer BUND-Nordschwarzwald. Er thematisierte in seinem Vortrag die Zeitdimension in den drei Bereichen Beteiligung, Klimawandel sowie Umwelt- und Naturschutz. Eine Bevölkerungsbeteiligung für Projekte mit Auswirkungen auf Natur und Umwelt sei heutzutage gewünscht. An lokalen Beispielen zu verkehrssicherungsbedingten Kahlschlägen und zur Erschließung von Gewerbeflächen erläuterte Maier, wie Beteiligung aussehen kann und dass sowohl Konsens als auch Dissens zum Beteiligungsprozess gehören. Maier zeigte weiterhin auf, dass sich klimatische Veränderungen inzwischen auch auf den Nordschwarzwald auswirken und viele wärmebegünstigte Bereiche rund um Pforzheim unter Hitzestress leiden.

»Es würde sehr helfen, wenn die jungen Leute der Fridays for Future Bewegung auch montags zu Gemeindeversammlungen kämen, in denen Entscheidungen getroffen werden.«

Franz Untersteller



< Umweltminister Franz Untersteller bei seinem Impulsvortrag zu Umweltpolitik zwischen Visionen und Realpolitik. Foto: Axel Grehl.

^ Podiumsdiskussion mit Franz Untersteller, Carina Theobalt, Steffen Lewerenz, Professorin Ingela Tietze, Annalena Schempf, Florian Bodrogi und Cindy Fernandez. Foto: Axel Grehl.

Doch nicht nur Hitze hat negative Auswirkungen auf die Umwelt, sondern auch das hohe Aufkommen von Plastikmüll. **Dr. Stefan Bosewitz** sprach über die Möglichkeiten und Herausforderungen von Kunststoffprodukten in der Circular Economy. Anhand einer Reihe verschiedener Produkte zeigte Dr. Bosewitz auf, welche Möglichkeiten Kunststoffrecycling bietet. Für eine recyclinggerechte Konstruktion spielt auch Kommunikation eine wichtige Rolle, wie Dr. Bosewitz anhand einer Joghurtverpackung aus PLA verdeutlichte. Es ist essenziell, sich im Vorhinein Gedanken zu machen, welcher Recyclingweg vorgegeben wird bzw. welcher dem Produzenten vorschwebt, wie man die Verwerter erreicht, sie von Beginn an mit einbezieht und dabei die Ökobilanz des Produktes im Blick behält.

Erfreulicherweise war mit **Birte Boysen** auch wieder eine Absolventin des Bachelorstudiengangs Ressourceneffizienzmanagement unter den Referent*innen. Sie ist am Institut für Umwelttechnik und Management an der Universität Witten/Herdecke tätig und bearbeitet verschiedene Projekte zu Strategien der Wasserwiederverwendung. Im Vortrag stellte sie zwei sehr gegensätzliche Projekte vor: Ein Projekt wurde in Namibia durchgeführt, wo der Klimawandel zu immer weiter fortschreitender Trockenheit und Wasserknappheit führt und die lokalen Kläranlagen mit dem schnellen Bevölkerungswachstum nicht Schritt halten können. In einer Anlage im Cuvelai-Etosha-Becken wird daher versucht, Bewässerungswasser für die Landwirtschaft zu erzeugen. Im zweiten Projekt stand die optimale Kombination verschiedener Hightech-Technologien im Vordergrund. Weltweit entstehen immer mehr Industrieparks, die auf einer kleinen Fläche zu einem hohen Wasserbedarf führen. Frau Boysen zeigte auf, wie Beratung und Planung von Wasserwiederver-

»Weltweit entstehende Industrieparks führen auf einer kleinen Fläche zu einem enormen Wasserverbrauch.« Birte Boysen

> Birte Boysen sprach über Strategien der Wasserwiederverwendung. REM-Studentin Cindy Fernandez unterstützte Professor Dr. Lang-Koetz als Co-Moderatorin. Bildrechte: HS PF



^
 Online und doch ohne PowerPoint:
 Professor Dr. Frank Bertagnolli über
 Lean Empowerment.
 Bildrechte: HS PF



^
 Professor Dr. Claus Lang-Koetz und
 Patrick Maier, Geschäftsführer BUND
 Nordschwarzwald
 Foto: Marlene Preiß.

wendung in Industrieparks das Reuse-Potenzial des Wassers verbessern können. Dies erläuterte sie anhand eines Modellindustrieparks auf der Basis von Daten und Informationen aus China, Vietnam und Deutschland.

Neben Natur- und Umweltschutz adressierte die Vortragsreihe auch Managementthemen. So sprach **Frank Waible**, der als Organisationsentwickler und Führungskräfte-Coach seit mehr als 20 Jahren Veränderungsprozesse leitet und begleitet, über Changemanagement und das erfolgreiche Meistern von Veränderung. Wie schnell Individuen durch die Phasen einer Veränderung gehen und diese vollziehen, wird als Veränderungselastizität bezeichnet. Eine große Herausforderung von Veränderungen in Unternehmen ist die Tatsache, dass sich dort viele verschiedene Veränderungselastizitäten überlagern, die in Einklang gebracht werden müssen. Eine erfolgreiche Veränderung erfordert daher in erster Linie Transparenz. Weiterhin nimmt die Führung eine wichtige Rolle ein, die sich an die jeweiligen Umstände anpassen muss. Als wichtigste Eigenschaft einer Führungskraft erachtet Waible Respekt, Kenntnis der Stärken und Schwächen von Mitarbeitern und den optimalen Einsatz von Mitarbeitern.

Wie man es erreichen kann, dass Mitarbeiter sich selbstständig organisieren und führen, erläuterte **Professor Dr. Frank Bertagnolli** dem Publikum anhand der Ergebnisse seines Forschungssemesters zu Lean Empowerment. Bertagnolli bezeichnete die Entwicklung vom Management über Leadership hin zum Empowerment kurz und prägnant als „kopieren, kapiieren und kollaborieren“. Bertagnolli stellte ein Werteset für eine gute Kultur vor, in der die zehnte Verschwendungsart vermieden wird. Darunter finden sich beispielsweise Beteiligung, Eigenverantwortung, Respekt, Transparenz, Gemeinschaft, Offenheit und Integrität. In einem Umfeld, in dem diese Werte gelten, werden Informationen geteilt, wird aus Fehlern gelernt, im Team gearbeitet und die Mitarbeiter werden befähigt, geschätzt und gerecht behandelt.

Die Identifikation und Bewertung von Verschwendung in der Produktion thematisierten **Aline Hendrich und Marlene Preiß**, wissenschaftliche Mitarbeiterinnen am Institut für Industrial Ecology (INEC). Sie sprachen über die Materialflusskostenrechnung und mögliche Ansätze zu deren methodischer Weiterentwicklung, die im Rahmen des Forschungsprojekts MaFlmA verfolgt werden. Die Materialflusskostenrechnung entstand in den 1990er Jahren und wurde 2011 in Form der ISO 14051 standardisiert. Ziel der Methode ist es, die „wahren Kosten“ von anfallenden Materialverlusten zu beziffern, deren Ausmaß ähnlich einem Eisberg auf den ersten Blick nicht erkennbar ist. Neben einer monetären und physikalischen Bewertung der Materialverluste ist eine Bewertung mit CO₂-Emissionen möglich. Die Anwendungsmöglichkeiten der Methode wurden an drei konkreten Beispielen aus produzierenden Unternehmen verdeutlicht. Die geplante Weiterentwicklung soll sich stärker an der Bewertung von Maßnahmen orientieren und diese in den Mittelpunkt stellen.

Professorin Dr. Ingela Tietze erläuterte Methoden rund um die Nachhaltigkeitsbewertung von Energiesystemen und beantwortete die Frage: Wie nachhaltig können Energiesysteme sein? Die Bereitstellung von Energie ist mit einem großen Ausstoß an Treibhausgasemissionen verbunden. So ist der Energiesektor allein für rund 50 % der Treibhausgasemissionen verantwortlich. Darüber hinaus geht Energiebereitstellung mit einem Eingriff in die Natur einher wie am Beispiel des Braunkohlebaus deutlich wird. Die Bewertung der Nachhaltigkeit spielt auch bei erneuerbaren Energien eine große Rolle. So vermeiden sie zwar den Einsatz fossiler Brennstoffe, haben aber einen hohen Verbrauch von anderen nicht erneuerbaren Rohstoffen wie Mineralien und Metallen zur Folge. Zudem führen die Nutzung von Windkraft und Photovoltaik zu weiteren Umweltwirkungen, insbesondere in der Herstellungsphase. Für die Dekarbonisierung von Energiesystemen stehen unterschiedliche Möglichkeiten mit unterschiedlich hohen Redukti-



»Im Nordschwarzwald weisen bereits 80 % der Bäume Schäden durch Hitze auf.« Patrick Maier

onen der Treibhausgasemissionen zur Verfügung. Ingela Tietze beschäftigt sich im Forschungsprojekt InNOSys mit einer multikriteriellen Bewertung der Nachhaltigkeit von Energiesystemszenarien zur Entscheidungsunterstützung und stellte diesen Ansatz genauer vor. Das entwickelte Planungsmodell wurde auf ein exemplarisches Quartier in der Nähe von Pforzheim mit einer jährlichen Elektrizitätsnachfrage von ca. 22.000 MWh angewandt. Im Falle einer Minimierung der Kosten und des Environmental Footprint im Verhältnis 50:50 sieht das Modell eine Kombination aus Photovoltaik, Windkraft und KWK-Erdgas vor. Dr. Tietze zeigte auf, dass Energiesysteme Einfluss auf verschiedene Dimensionen der Nachhaltigkeit haben, so nutzen sie zwar endliche Ressourcen, tragen aber auch zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele bei.

Elna Schirmeister vom Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung sprach nicht über die Bewertung von Szenarien, sondern ging auf die Entwicklung von Zukunftsbildern einer Bioökonomie mittels partizipativem Foresight-Prozess ein und gab dem Publikum die Möglichkeit, in Kleingruppen an Zukunftsbildern zu arbeiten. Beim Foresight geht es darum, eine Vision zu entwickeln und einen Möglichkeitsraum für die Zukunft aufzuspannen. In der Szenarioanalyse beginnt man mit einer großen Frage, die man in viele kleine Fragen – Puzzleteile – herunterbricht. Diese Puzzleteile setzt man dann zu unterschiedlichen Kombinationen – Szenarien – zusammen, woraus sich unterschiedliche Chancen und Risiken ergeben. Die konkrete Entwicklung von Zukunftsbildern erläuterte Schirmeister am Beispiel des Projekts BioKompass, in dem Bürger*innen zusammen mit vielen Schüler*innen Zukunftsbilder einer Bioökonomie entwickelten. Im Zuge des Projektes entstanden drei Szenarien, die sich hinsichtlich Konsum, Technologielevel und politischer Maßnahmen unterscheiden. Ob eines dieser Szenarien eintreten wird oder welches der tatsächlichen Zukunft am nächsten kommt, lässt sich jedoch erst in ein paar Jahrzehnten sagen.



^ Frank Waible verriet, wie Veränderungen zum Erfolg führen. Foto: Marlene Preiß.

Höhepunkt der Veranstaltungsreihe war die Podiumsdiskussion mit dem baden-württembergischen Umweltminister **Franz Untersteller**, der im Mai 2012 schon einmal zu Gast in der Ringvorlesung war. Nach einem Impulsvortrag über die Umweltpolitik im Spannungsfeld von Visionen und Realpolitik nahm sich Untersteller Zeit, um mit Studierenden und Mitarbeitenden des Instituts für Industrial Ecology zu diskutieren. Untersteller, der sich als junger Mann für die Anti-Atomkraft-Bewegung und die Energiewende engagiert hatte, betonte, dass die Transformationsprozesse zu mehr Nachhaltigkeit weitreichende Wirkungen haben und sorgfältig umgesetzt werden müssen. Eine große Herausforderung gerade in Baden-Württemberg sei der Wandel der Automobilindustrie. Hier seien tragfähige Konzepte erforderlich, die mit den globalen Klimazielen vereinbar sind, aber auch die soziale Dimension nicht außer Acht lassen. Franz Untersteller illustrierte, dass die Umweltpolitik auf Landesebene und ihre Visionen von vielen komplexen Faktoren, wie etwa nicht durchdachten Gesetzen auf Bundesebene, beeinflusst wird und sich immer wieder mit der Realität arrangieren muss. Er versicherte den Studierenden, dass sie mit ihrem Studiengang Ressourceneffizienzmanagement eines der wichtigsten Zukunftsthemen gewählt haben und für die eigene und zukünftige Generationen viel bewegen können.

Die Ringvorlesung zeigt die Vielfalt des Themenfelds Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit auf und auch die ungeahnten Möglichkeiten, die sich darin ergeben. Wer weiß, vielleicht wird ja in ein paar Jahren ein Ressourceneffizienz-Manager aus Pforzheim Umweltminister oder baut Gold im Amazonas nachhaltig ab.

MARLENE PREISS ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Industrial Ecology (INEC).
DR. CLAUS LANG-KOETZ ist Professor für Nachhaltiges Technologie- und Innovationsmanagement.
DR. TOBIAS VIERE ist Professor für Energie- und Stoffstromanalyse.

Ringvorlesung Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit

VON MARLENE PREISS, CLAUS LANG-KOETZ UND TOBIAS VIERE | erschienen in den KONTUREN HSPF 2020

Impulse aus Wissenschaft, Politik und Wirtschaft

Seit 15 Semestern stellen in der Ringvorlesung Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit externe und interne Fachleute ihre Erkenntnisse im Themenfeld Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit vor.

Das Themenspektrum reichte im vergangenen Jahr von Klimaschutz und Mobilität über Changemanagement bis hin zu Blockchain und deren Beitrag zur Nachhaltigkeit.

Die Ringvorlesung 2019 begann mit einer Premiere. So stellten sich **Dr. Udo Hartmann** und **Dr. Ulrich Höpfner** zunächst getrennt voneinander der Frage „Klimaschutz – Was bedeutet das für Mobilität und Industriestandort Deutschland?“ und vertieften diese anschließend in einer Podiumsdiskussion. Hartmann ist Physiker und war bis 2018 Leiter Konzern Umweltschutz & Energiemanagement der Daimler AG sowie unter anderem Co-Vorsitzender des Arbeitsausschusses „Energie und Umwelt des Landesverbandes der Baden-Württembergischen Industrie“. Der Chemiker Ulrich Höpfner war von 1978 bis 2009 Mitgründer, Vorstand bzw. Geschäftsführer der ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH und leitete die Arbeitsgruppe "Verkehr und Umwelt".

Ulrich Höpfner ging auf die Verkehrsemissionen und die notwendige Verkehrswende ein. Das Ziel einer Reduktion der Verkehrsemissionen um 40 % bis 2030 hält er vor dem Hintergrund der bisherigen Entwicklungen im Verkehrsbereich (-5 %) für äußerst anspruchsvoll. Eine drastische Reduktion der CO₂-Emissionen im Verkehr könne nur über den massiven Einsatz erneuerbarer Energien erreicht werden. Seinen Vortrag schloss er mit der Frage, wieviel „Technologieoffenheit“ noch bestehen darf bzw. muss. So fordere insbesondere Volkswagen die Abkehr von der Technologieoffenheit und positioniere sich eindeutig zum Batterie-Pkw. Die Begründung liege – so Höpfner – darin, dass der technologische Wandel derart aufwändig sei, dass es einer Bündelung aller Kräfte bedürfe und die bisher halbherzige Haltung zur Elektromobilität beendet werden müsse.

Udo Hartmann stellte in seinem Vortrag fest, dass die Energiewende als gesamtwirtschaftliche Aufgabe alternativlos sei. Natürlich müsse es der Anspruch sein, die Klimaschutzziele einzulösen,

aber das Schicksal des globalen Klimaschutzes hänge nur in geringerem Maße davon ab, ob Deutschland mit einem Anteil von rund 3 % an den globalen CO₂-Emissionen diese Ziele punktgenau erreicht, so Udo Hartmann. Vielmehr sieht Udo Hartmann den gewichtigeren Stellhebel Deutschlands darin, den Nachweis zu erbringen, dass die Energiewende ökologisch und ökonomisch funktioniert, und CO₂-effiziente Technologien zu entwickeln, die dann weltweit eingesetzt werden können. Außerdem müsse die Energiewende so gestaltet sein, dass die deutschen Produktionsstandorte auch bei den Energiekosten im internationalen Wettbewerb bestehen können.

Udo Hartmann schloss seinen Vortrag mit der Feststellung, dass Handlungsbedarf beim Management der Energiewende bestehe, diese müsse vor allem im Hinblick auf Versorgungssicherheit und Kosten technisch stringenter geplant und konsequent nach wirtschaftlichen Kriterien bewertet werden. Die Diskussionsrunde mit Fragen aus dem Publikum moderierte Professor Dr. Mario Schmidt.

BadenTV präsentiert einen
Mitschnitt im Internet:

[https://www.youtube.com/
watch?v=XoGeiPO7krc](https://www.youtube.com/watch?v=XoGeiPO7krc)



»Unternehmen, die im Deutschen Ethik Index gelistet sind, haben wirtschaftlichen Erfolg und sind konsequent an ethischen Prinzipien ausgerichtet.« Dr. Annette Kleinfeld

Das Potenzial von Automatisierung und Industrie 4.0, die Ressourceneffizienz von Prozessen zu erhöhen, wird häufig diskutiert. **Andre Lehmann**, Teamleiter des Testcenters bei der TOMRA Sorting GmbH, einem Hersteller von Sortierlösungen für Abfälle unterschiedlichster Arten, ging in seinem Vortrag darauf ein, welchen Beitrag sensorgestützte Sortierung leisten kann, die im Wesentlichen auf der industriellen Bildverarbeitung basiert. Dabei kommen Kameras zum Einsatz, die z. B. Infrarot- und Röntgenstrahlen detektieren und der Auswertung, Verarbeitung und Fehlerbeseitigung des Sortierguts dienen.

Neben der Abfallentsorgung, bei der eine gute Sortierung insbesondere für die Wiederverwertung von Materialien essenziell ist, findet die sensorgestützte Sortierung im Bergbau und der Lebensmittelindustrie Anwendung. Im Bergbau werden mittels sensorgestützter Sortierung beispielsweise Erze mit einem hohen von denen mit einem niedrigen Rohstoffgehalt getrennt, um die Energie- und Kosteneffizienz zu steigern. In der Lebensmittelindustrie hilft die sensorgestützte Sortierung, fehlerhafte oder qualitativ minderwertige Produkte auszuschleusen. Laut Andre Lehmann erreichen die Anlagen eine Trefferquote von 98 %. Erschwert wird die sensorgestützte Sortierung jedoch durch Faktoren wie z. B. eine schlechte Materialaufbereitung vor dem Sortierprozess oder Stoffe, die nicht detektierbar sind, wie manche schwarzen Kunststoffe. Dünne Materialien und hochreflektierende Oberflächen führen ebenfalls zu Problemen.

Auf Initiative des Fachbereichs Wirtschaftsingenieurwesen und Einladung der Ethikbeauftragten, Professorin Dr. Katharina Kilian-Yasin, stellte Professorin **Dr. Annette Kleinfeld** von der Hochschule Konstanz den Deutschen Ethik Index (DEX) vor, an dessen Konzeption sie aktiv mitgearbeitet hat. Unternehmen, die im Deutschen Ethik Index gelistet sind, haben wirtschaftlichen Erfolg und sind konsequent an ethischen Prinzipien ausgerichtet. Die Bewertung der Unternehmen erfolgt in den sechs Bereichen Organisationsführung, Strategieentwicklung und -umsetzung, Mitarbeiter, Wertschöpfung, Unterstützung der Wertschöpfung sowie Erfolgsmessung und Berichterstattung.

Nach Auffassung von Annette Kleinfeld ist der DEX insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen interessant. Diese seien häufig eigentümergeleitet oder familiengeführt, wodurch sie eine eher langfristige Perspektive haben und ethisches Handeln stark mit ihrem Unternehmenskern verbinden.

Dr. Claus Lang-Koetz, Professor für Nachhaltiges Technologie- und Innovationmanagement am Institut für Industrial Ecology (INEC) der Hochschule Pforzheim, beantwortete in seinem Vortrag die Frage, wie ein „nachhaltiges Innovationsmanagement“ konkret in der Praxis gestaltet werden kann. Die Ergebnisse einer Befragung von 110 Unternehmen, die Lang-Koetz zusammen mit dem Fraunhofer-Verbund für Innovationsforschung durchgeführt hatte, zeigen, dass Nachhaltigkeit bei weitem kein integrierter Teil des Innovationsmanagements ist. In der Innovationsorganisation würden Nachhaltigkeitsaspekte zwar zum Teil berücksichtigt, jedoch spiele die ökonomische Perspektive eine große Rolle, während ökologischen und sozialen Aspekten weniger Bedeutung

>>

*Professor Dr. Mario Schmidt, Dr. Ulrich Höpfner und Dr. Udo Hartmann bei der Podiumsdiskussion.
Foto: Eloy Melian*

v





»Auch der große Anteil erneuerbarer Energieerzeugung in Bürgerhand ist ein großer Erfolg, der zur Demokratisierung und Dezentralisierung der Energieversorgung beiträgt.« Dr. Jutta Verlinden

beigemessen wird. Überraschenderweise beziehen Unternehmen selten ihre eigenen Nachhaltigkeitsexperten in das Innovationsmanagement ein. Dies deutet darauf hin, dass die interdisziplinäre Integration zwischen den beiden Themen noch großes Verbesserungspotenzial zu haben scheint. Professor Lang-Koetz zeigte abschließend, wie Nachhaltigkeitsthemen einfach dargestellt und bei der Bewertung von Produktideen Umweltaspekte gut erklärt und angewendet werden können.

Die erfolgreiche Gestaltung von Veränderungen im Unternehmen thematisierten Geschäftsführerin **Stefanie Heine** und Betriebsratsvorsitzende **Ursula Beicher** von der Lapp Systems GmbH. Gemeinsam haben sie im Unternehmen das Changemanagement-Projekt „Ready for Champions League“ angestoßen. „Warum haben wir das Projekt gestartet?“ Antwort: „Wir hatten keine klare Vision von der Zukunft.“ So wurde im ersten Schritt mittels eines Business Model Canvas erarbeitet, wofür das Unternehmen zukünftig stehen will, was es seinen Kunden bieten möchte und was dafür benötigt wird. Auf die Frage, was an der Unternehmenskultur verändert werden sollte, kristallisierten sich die vier Themen Kommunikation, Lernkultur, Verbindlichkeit und Führungskultur heraus. Es meldeten sich schließlich 53 Mitarbeiter für die Teilnahme am Projekt, die in sieben Teams an unterschiedlichen Themen arbeiten. Stefanie Heine betonte, dass ein großer Mehrwert dieser Teams – unabhängig vom Ergebnis – allein die Tatsache sei, dass Personen aus unterschiedlichen Abteilungen zusammenarbeiten und sich kennen lernen. Um den Mitarbeitern zu zeigen, dass sich im Projekt auch etwas bewegt, wurden unter dem Motto „Eine Mannschaft geht auf Reisen“ elf Gutscheine für einen Jobtausch verlost. Die Gewinner hatten die Möglichkeit, einen Tag lang einen Kollegen zu begleiten, dessen Tätigkeit sie schon immer interessiert hat. Durch einen solchen Perspektivenwechsel wachsen die Kommunikation untereinander und das Verständnis füreinander.

Über „Deutsche Energie- und Klimapolitik – vom Vorreiter zum Versager?“ sprach die Bundestagsabgeordnete **Dr. Julia Verlinden**, Absolventin der Umweltwissenschaften an der Universität Lüneburg. Die Sprecherin für Energiepolitik der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen, Vorstandsmitglied im fraktionsübergreifenden „Parlamentskreis Energieeffizienz“ und Ordentliches Mitglied im Ausschuss für Wirtschaft und Energie, verdeutlichte gleich zu Beginn, dass die Klimakrise inzwischen eingetreten ist und es darum gehe, sie zu stoppen. Im Hinblick auf das Ziel des verbindlichen internationalen Pariser Klimaschutzabkommens, die Erderwärmung auf unter 1,5 Grad zu begrenzen, zeigte die Bundestagsabgeordnete anhand einiger Statistiken, dass die aktuellen politischen Maßnahmen in Deutschland zur Zielerreichung nicht genügen.

Bewegungen wie „Fridays for Future“ und „Scientists for Future“ weisen ihrer Auffassung nach zu Recht auf diese Situation hin. Zugleich nannte Julia Verlinden auch Erfolge der bisherigen Energie- und Klimapolitik in Deutschland. So habe sich das Erneuerbare-Energien-Gesetz zu einem politischen Instrument entwickelt, das von vielen anderen Ländern übernommen wurde. Auch der große Anteil erneuerbarer Energieerzeugung in Bürgerhand sei ein großer Erfolg, der zur Demokratisierung und Dezentralisierung der Energieversorgung beitrage und verhindere, dass nur wenige Großkonzerne die Gewinne aus Zukunftstechnologien einstreichen. Den Anfangserfolgen der Energie- und Klimapolitik folgten nach Auffassung der Bundestagsabgeordneten in den letzten Jahren eher Stagnation und Rückschritte. So würde das deutsche Minderungsziel für Treibhausgase für 2020 ebenso verfehlt wie das Langfristziel einer achtzigprozentigen Reduktion in 2050.

Nach dieser Bestandaufnahme nannte Julia Verlinden eine Vielzahl von Maßnahmen, die den Ausbau der Erneuerbaren Energien wieder beschleunigen könnten. Besondere Bedeutung komme dem Wärmesektor zu, der mehr als die Hälfte des deut-

<
Dr. Julia Verlinden mit den Professoren Dr. Tobias Viere und Dr. Mario Schmidt sowie dem Geschäftsführer des Instituts für Industrial Ecology (INEC), Dr. Christian Haubach.
Bildrechte: INEC

>
Ulrike Häußler von TeamWeitblick – Organisations- und Personalberatung und Professor Dr. Hendrik Lambrecht interessieren sich für Gemeinwohlökonomie.
Foto: Marlene Preiß



schon Endenergieverbrauchs verursache, aber auch im Bereich Mobilität und Verkehr müsse deutlich mehr passieren, da die Emissionen dieses Sektors bisher nicht wesentlich zurückgingen.

Die Vortragsreihe im Wintersemester eröffnete **Dr.-Ing. Marc-Andree Wolf**, Geschäftsführer der maki Consulting GmbH – Life cycle expert services, der am Joint Research Centre (JCR) der Europäischen Kommission die Entwicklung des Environmental Footprints maßgeblich mit vorangetrieben hatte. Den Ausgangspunkt für die Entwicklung des Environmental Footprints bildete die Ökobilanz, die seit ihren Anfängen inzwischen im Mainstream angekommen sei. Ziel ist es, die entlang des gesamten Lebenswegs entstehenden Umweltwirkungen eines Produktes oder auch einer Organisation vergleichbar abzubilden und ein einziges Maß für die Umweltleistung anzugeben. Neben dem Environmental Footprint existieren bereits weitere produktbezogene Politikinstrumente, deren Ansatzpunkte von Marc-Andree Wolf anhand des Produktlebenszyklus erläutert wurden. So setzt die EU-Ökodesign-Richtlinie bereits vor der Herstellung eines Produktes an und führt dazu, dass die aus Umweltsicht schwächsten Produkte vom Markt verdrängt werden. Energielabel beziehen sich hingegen auf die Nutzungsphase eines Produkts und erlauben dem Konsumenten über die bekannten A-, B-, C- usw. Kennzeichnungen energieeffizientere Produkte zu identifizieren. Dagegen werden mit dem EU-Ecolabel die umweltfreundlichsten 10 % der auf dem Markt befindlichen Produkte ausgezeichnet. Der Environmental Footprint soll ebenfalls alle Umweltwirkungen berücksichtigen, eine bessere Abdeckung des gesamten Lebensweges erlauben und eine Differenzierung über die gesamte Bandbreite von Umwelteffizienz ermöglichen, vereint also die Vorteile der anderen Instrumente. Er soll Unternehmen zudem helfen, bereits in der Entwicklungsphase Schwachstellen zu erkennen.

Die Wirtschaft soll den Menschen bzw. dem Gemeinwohl dienen und nicht der Mensch einem wirtschaftlichen Zweck. So sei der Zweck der Wirtschaft in vielen Gesetzestexten definiert. Die Gemeinwohl-Ökonomie ist ein alternatives Wirtschaftsmodell, das hier ansetzt und das Gemeinwohl an oberste Stelle setzt. **Ulrike Häußler**, Gründerin der TeamWeitblick – Organisations- und Personalberatung, ist Mitbegründerin der Gemeinwohl-Ökonomie-Regionalgruppe Rhein-Neckar und war zweieinhalb Jahre Mitglied im Internationalen Koordinationsteam der Gemeinwohl-Ökonomie, in welchem sie den Aufbau der Bewegung maßgeblich mitgestaltet hat.

Nur monetären Erfolg zu messen, führe zu sozialer Ungleichheit, die verschiedenen Untersuchungen zufolge in den letzten Jahren stetig zugenommen habe. In Befragungen der Bertelsmann Stiftung gaben 90 % der Befragten an, dass sie sich ein neues Wirtschaftsmodell wünschen, das die Umwelt ebenso wie sozialen Ausgleich berücksichtigt. Im Modell der Gemeinwohlökonomie tritt das Gemeinwohlprodukt an die Stelle des Bruttoinlandsprodukts, und auf Unternehmensebene wird die Gemeinwohlbilanz das Pendant zum Finanzgewinn. So wird beispielsweise nachvollziehbar, dass der Bezug von Produkten von Unternehmen, die einen Steuersatz von knapp über 0 % haben, kaum dem Gemeinwohl dienlich sein kann. Um eine Gemeinwohlbilanz zu erstellen, wird die Gemeinwohlmatrix herangezogen, die die Werte Menschenwürde, Solidarität und Gerechtigkeit, ökologische Nachhaltigkeit, Transparenz und Mitentscheidung in den fünf Berührungsgruppen Lieferant, Eigentümer/Finanzpartner, Mitarbeitende, Kunden & Mitunternehmen, Gesellschaftliches Umfeld abbildet. Aus allen sich daraus ergebenden 20 Punkten wird eine Gesamtpunktzahl für das Unternehmen berechnet. Ulrike Häußler schloss mit einem Appell an das Publikum, jeder könne einen Unterschied machen und zum Gemeinwohl beitragen mit der Auswahl von Produkten oder der Wahl des Arbeitgebers.

Mit der Energiewende aus Sicht eines Energiekonzerns befasste sich **Reinhold Repple**, Referent Sonderaufgaben Nachhaltigkeit im Bereich Unternehmensentwicklung, Strategie & Energiewirtschaft bei der EnBW Energie Baden-Württemberg. Die Energiewende durchläuft zwei verschiedene Phasen. So wird die erste Phase bis 2020 überwiegend von staatlicher Regulierung und Förderung dominiert und bedeutet für das Unternehmen einen kompletten Umbau und eine Neuausrichtung. Durch den 2011 beschlossenen Ausstieg aus der Kernenergie und die Förderung der Erneuerbaren Energien verlor die konventionelle Erzeugung rapide an wirtschaftlicher Bedeutung, wodurch das traditionelle Geschäftsmodell des Unternehmens in nur wenigen Jahren erodiert wäre. 2013 wurde daher ein Komplettumbau des Unternehmens beschlossen, mit dem Ziel, 2020 wieder das operative Ergebnissniveau von 2012 zu erreichen. Hierbei setzt man insbesondere auf den Ausbau der Erneuerbaren Energien, forciert aber auch den Ausbau der Netze und des Vertriebs. Nach seit 2012 stetig sinkenden Gewinnen gelang dem Konzern 2017 die Ergebniswende mit seitdem steigenden Gewinnen. Als Erfolgsfaktor für diese Wende sieht Reinhold Repple insbesondere Veränderungsfähigkeit als auch -bereitschaft und den Aufbau neuer Kompetenzen.

In der zweiten Phase ab 2020 soll sich die Energiewende zu einem zunehmend marktgetriebenen Prozess mit Kostendegression, technischem Fortschritt und neuem Wettbewerb entwickeln. In dieser Phase bis 2025 strebt der Konzern weiteres Wachstum an. Wesentliche Wachstumsfelder sind dabei weiterhin Erneuerbare Energien, Netze und Kundenlösungen, aber auch Infrastrukturthemen. Auch die Mobilitätswende will das Unternehmen aktiv angehen. Mit seinen Erfahrungen und Kompetenzen in Planung, Bau und Betrieb komplexer Infrastruktur sieht das Unternehmen für sich großes Potenzial in diesem Zukunftsmarkt, der laut Prognosen bis 2025 im Vergleich zu 2015 um 50 % wachsen soll.

Mit **Aline Hendrich** von der thinkstep AG sprach eine Absolventin des Bachelorstudiengangs Ressourceneffizienz-Management in der Ringvorlesung. Nach Abschluss ihres Masterstudiums in Wien arbeitete sie in Stuttgart als Consultant im Bereich Energie und Mobilität und ist seit April 2020 Wissenschaftliche Mitarbeiterin am INEC. Aline Hendrich ist Mitautorin der Studie „Rohstoffe für innovative Fahrzeugtechnologien – Herausforderungen und Lösungsansätze“, die im Juli 2019 von der e-mobil BW, der Landesagentur für neue Mobilitätslösungen und Automotive Baden-Württemberg, veröffentlicht wurde. In der Studie geht es um kritische Rohstoffe für batterieelektrische und brennstoffzellenelektrische Fahrzeuge, die im ersten Schritt mittels des Ansatzes der Kritikalität identifiziert wurden. Dazu wurden die Folgeschwere eines



^
Reinhold Repple von der EnBW Energie Baden-Württemberg und Professorin Dr. Ingela Tietze. Foto: Marlene Preiß

Versorgungsengpasses basierend auf Experteninterviews und das Versorgungsrisiko basierend auf fünf Indikatoren der VDI 4800 für die benötigten Rohstoffe gegenübergestellt. Lithium, Kobalt und Platin erwiesen sich als besonders kritisch. Zusätzlich wurden Nickel, Kupfer und Seltenerdmetalle in der Studie untersucht.

Aline Hendrich skizzierte die weltweite Entwicklung von Abbau und Reserven für die einzelnen sechs Rohstoffe. Die maximale Abbausteigerung wird hier für Kobalt verzeichnet. Betrachtet man die Kostenbeiträge der einzelnen Rohstoffe auf Fahrzeugebene, sind insbesondere die Preissteigerungen bei Lithium zwischen 2016 und 2018 nennenswert. Für die ökologische Betrachtung der Fahrzeugtechnologien wurden die notwendigen Mengen der sechs Rohstoffe mittels der GaBi-Ökobilanzdatenbank bilanziert. Bei batterieelektrischen Fahrzeugen haben von den betrachteten sechs Rohstoffen Kobalt und Nickel großen Anteil an den Umweltwirkungen, während bei brennstoffzellenelektrischen Fahrzeugen Platin ausschlaggebend ist. Neben ökonomischen und ökologischen Aspekten sind die ethischen Komponenten der Rohstoffe bzw. ihrer Abbauggebiete nicht zu vernachlässigen. Die Studie betrachtet die Arbeitsbedingungen, die Wahrung der Grundrechte, politische Rahmenbedingungen, gesellschaftliche Beiträge der Abbaugesellschaften und Umweltwirkungen. Die Zuhörer interessierten sich hier insbesondere für Zertifizierungsinitiativen.

Interessierte können sich jedes Semester auf ausgewählte Referenten freuen, das aktuelle Programm finden Sie unter: https://businesspf.hs-pforzheim.de/studium/studierende/bachelor/bw_ressourceneffizienz_management/bewerber/ringvorlesung





<
 Professor Dr. Frank Bertagnolli
 mit Nicklas Urban, der durch die
 Anwendung von Blockchain Poten-
 ziale für Ressourceneffizienz und
 Nachhaltigkeit sieht.
 Foto: Marlene Preiß

»Dezentrale autonome Organisationen könnten auch im Handel von Emissionszertifikaten, der Nachverfolgung von Spenden oder zum Aufbau nachhaltiger Prozesse genutzt werden.« Nicklas Urban

Zum Ende hin präsentierte Aline Hendrich zwei Szenarien. Szenario 1 nimmt einen Anteil von 25 % an batterieelektrischen bzw. brennstoffzellenelektrischen Fahrzeugen an der gesamten globalen PKW-Flotte an. Dieses Szenario ist aus Reservensicht nicht kritisch. Sollen hingegen, wie in Szenario 2, 25 % der Anzahl jährlich produzierter PKWs durch batterieelektrische bzw. brennstoffzellenelektrische Fahrzeugen ersetzt werden, lassen sich die notwendigen Mengen nicht innerhalb eines Jahres bereitstellen. Das Problem sei also nicht die physische Verknappung, sondern die benötigte Zeit zur Steigerung der Abbaumengen, denn der Aufbau neuer Abbaugelände nimmt mehrere Jahre in Anspruch.

Das Wintersemester endete mit einem Vortrag zum hoch aktuellen Thema Blockchain. **Nicklas Urban** ist studierter Wirtschaftsinformatiker mit einem Masterabschluss in Business and Process Management an der ESB Business School in Reutlingen. Blockchain wird von einem Netzwerkgedanken getragen, ist aber kein zentralisiertes Netzwerk wie früher bei Telefonzentralen und auch kein dezentralisiertes wie die Internetversorgung, sondern ein verteiltes Netzwerk. Im Gegensatz zu bisherigen Netzwerken, in denen individuelle Schnittstellen kombiniert werden, haben in Blockchain-Netzwerken alle Teilnehmer den gleichen Datenstand zum gleichen Zeitpunkt. Diese Tatsache verringert Ineffizienzen, Kosten, Fehler und Informationsasymmetrien. Hinsichtlich der Nachhaltigkeit von Blockchain sind die notwendige Rechenleistung und der damit verbundene hohe Energieverbrauch ein viel diskutiertes Thema. Dieser ist insbesondere beim Beispiel Bitcoin beträchtlich und ergibt sich durch den dort herrschenden Wettbewerb um die Errechnung des neuen Blocks. Andererseits verhindert der hohe Rechenaufwand die Manipulation durch einen der vielen unbekanntenen Teilnehmer. Im

Gegensatz dazu ist in zugangsbeschränkten Blockchain-Netzwerken ein Grundvertrauen vorhanden, da alle Teilnehmer bekannt sind. Im Ergebnis sinkt die erforderliche Rechenleistung erheblich, und der Energiebedarf liegt nur knapp über dem einer gewöhnlichen Datenbank.

Im weiteren Verlauf seines Vortrags skizzierte Nicklas Urban Anwendungsfelder für Blockchain in den Bereichen Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz. Ein Beispiel ist hierbei die Lebensmittellieferkette, wo Blockchain die Nachvollziehbarkeit von Biolabeln z. B. im Falle von Fleisch erleichtern würde. Es könnte dadurch sicher nachvollzogen werden, wo das Fleisch im Supermarktregal herkommt und ob seine Herkunft wirklich dem abgedruckten Siegel entspricht. Ein weiteres Anwendungsfeld ist die Logistik. So könnten Speditionen, um Leerkilometer zu minimieren, auf Marktplattformen mittels Blockchain Aufträge tauschen und handeln. Eine solche Anwendung ist ein Beispiel für eine dezentrale autonome Organisation. Solche dezentralen autonomen Organisationen könnten auch im Handel von Emissionszertifikaten, der Nachverfolgung von Spenden oder zum Aufbau nachhaltiger Prozesse genutzt werden.

Die Vielfalt der Vorträge unterstreicht eindrücklich das Ziel der Ringvorlesung, die Themen Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten.

MARLENE PREISS
ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Industrial Ecology (INEC).
DR. CLAUS LANG-KOETZ
ist Professor für Nachhaltiges Technologie- und Innovationsmanagement.
DR. TOBIAS VIERE
ist Professor für Energie- und Stoffstromanalyse an der Hochschule Pforzheim.

Wohlwollende Unterstützer: Die PSD Bank Karlsruhe-Neustadt

VON MARIO SCHMIDT

Manchmal braucht es Engel, um etwas zu vollbringen. Im Management redet man von Business Angels. Wir haben einen Sustainability Angel. Dafür sind wir dankbar.



^
Mit dem Zweiten kühlt man schlechter –
freche Videos mit Kevin Gerwin.

∇
Isabelle Joyon – lange Zeit das
prägende Gesicht des Filmformats
„Weniger ist mehr“ bei Baden TV

>
12 Jahre INEC, REM und MLICS –
ein Blick ins Videoarchiv auf unserem
YouTube-Kanal lohnt sich!

v
Startschuss zur Kooperation mit der
PSD Bank Karlsruhe-Neustadt 2012:
Holger Morlock, Bernhard Slavetinsky,
Rektor Prof. Dr. Martin Erhardt, Prof.
Dr. Mario Schmidt (v.r.n.l.). Foto: INEC

Mit dem Start des Studiengangs Ressourceneffizienz-Management und durch Vermittlung des damaligen Rektors Professor Martin Erhardt kam 2012 eine Kooperation mit der PSD Bank Karlsruhe-Neustadt unter der Leitung des Vorstandsvorsitzenden Bernhard Slavetinsky zustande, die bis heute anhält. Das inhaltliche Konzept rund um die Ressourceneffizienz gefiel den Bankern damals und sie erklärten sich bereit, die Aktivitäten der Hochschule tatkräftig zu unterstützen. Am großzügigsten äußerte sich das in einer von der PSD-Bank finanzierten Stiftungsprofessur, die Dr. Frank Bertagnolli die ersten 6 Jahre

bekleiden durfte. Damit konnte das INEC neue Themen aufgreifen und eine Brücke zwischen „lean“ und „green“ schlagen, was die Praxisnähe der Studierenden enorm steigerte, denn so fanden sie schnell Anschluss in den produzierenden Unternehmen. „Ressourcen sparen“ war und ist bis heute der gemeinsame Nenner dieser beiden Themen.

Nach außen wurde die Unterstützung aber durch etwas anderes deutlich, nämlich durch unzählige Filmbeiträge, welche die ersten 10 Jahre von dem Lokalsender Baden TV im Großraum Pforzheim-Karlsruhe gesendet wurden und die schließlich durch eine neue Video-Reihe „Alles öko? Es kommt darauf an!“ mit dem Moderator Kevin Gerwin abgelöst wurden. **Nahezu 100 Videos sind so entstanden, über einen langen Zeitraum jeden Monat ein neuer Beitrag mit über 10 Minuten Länge**, vorgestellt meistens von der charmanten Baden-TV-Moderatorin Isabelle Joyon, gemeinsam produziert vom INEC und dem Sender. Die Beiträge sind noch heute verfügbar (*Der QR-Code rechts führt zum YouTube-Kanal*) mit beachtlichen Zugriffszahlen.

Eingeweihte munkeln, es gäbe keinen Studiengang in Deutschland, der so gut filmisch dokumentiert ist wie der Pforzheimer REM-Studiengang.





HOCHSCHULE PFÖRZHEIM | **PROF. DR. PETER SLOTERDIJK**
Hochschule für Gestaltung Karlsruhe



HS PF | **PROF. TOBIAS VIERE**
Hochschule für Gestaltung Karlsruhe



Sie kommen direkt auf den YouTube-Kanal und die Videoliste von INEC und REM, wenn Sie diesen QR-Code per Handy oder Tablet scannen.

v



HS PF | **WINFRIED KRETSCHMANN**
Ministerpräsident Baden-Württemberg



Prof. Dr. Malte Faber | University of Flensburg



HOCHSCHULE PFÖRZHEIM | **JEREMY RIFKIN**
US-amerikanischer Soziologe und Ökonom



HOCHSCHULE PFÖRZHEIM | **PROF. DR. FRIEDRICH-WILHELM WELLMER**
Ehemal. Präsident Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe



HOCHSCHULE PFÖRZHEIM | **BETTINA JOA**
Institut für Industrial Ecology



HOCHSCHULE PFÖRZHEIM | **PROF. NIKOLAUS THIBEN**
Hochschule Pforzheim



HOCHSCHULE PFÖRZHEIM | **PROF. DR. FRIEDRICH-WILHELM WELLMER**
Ehemal. Präsident Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe



Da ist etwas Wahres dran, denn die Beiträge drehen sich von Anfang an um die Inhalte des Studiums, Vortragsreihen, den Studienverlauf, die Forschungsthemen des INEC und immer wieder gibt es Schmankerl wie z.B. Tagungsberichte mit Ministerpräsident Winfried Kretschmann, Interviews mit dem Philosophen Peter Sloterdijk oder dem Umweltwissenschaftler Ernst-Ulrich von Weizsäcker. Studierende haben eigene Sendungen zusammengestellt und die Bundesumweltministerin interviewt. Exkursionen in Stahlwerken und

Kupferhütten wurden dokumentiert, genauso wie Forschungsprojekte im Regenwald des Amazonas. Oder die Demontage und Ökobilanz von Kaffeekapsel-Automaten.

In den 12 Jahren hat sich einiges verändert. Musste das INEC anfangs noch halbprofessionelle Filmkameras anschaffen, um selbst auch Material zu erzeugen, so reichen heute schon gute Smartphones aus, um passable Videos zu drehen. Die neue Serie mit Kevin Gerwin wird allerdings professionell von entermedia GmbH aus Hei-

delberg produziert, großzügig finanziert von der PSD Bank: kürzer und frecher, wie es die Sehgewohnheiten heute verlangen. Aber mit ebenfalls ökologisch relevanten Inhalten.

Es rentiert sich, in das Ressourcenarchiv abzusteigen und die Entwicklung von INEC, REM und MLICS über die vergangenen 12 Jahre Revue passieren zu lassen.

DR. MARIO SCHMIDT
ist Professor für ökologische Unternehmensführung und Direktor des INEC.

Mitglieder am Institut für Industrial Ecology (INEC)



Dr.-Ing. Frank Bertagnolli ist Professor für Lean Production und Ressourceneffizienz. Er lehrt in den Studiengängen Ressourceneffizienz-Management und Life Cycle & Sustainability. Er studierte Wirtschaftsingenieurwesen an der Universität Karlsruhe (TH). Von 2001 bis 2005 arbeitete er im DaimlerChrysler Forschungszentrum in Ulm und promovierte 2006 zum Thema „Robotergestützte automatische Digitalisierung von Werkstückgeometrien mittels optischer Streifenprojektion“ an der Fakultät für Informatik der Universität Karlsruhe (TH). Seit 2005 war Frank Bertagnolli in der Automobilindustrie mit den Themenfeldern des Lean Managements international in unterschiedlichen Funktionen tätig. 2007 folgte die Experten-ausbildung mit dem Abschluss „Lean Manufacturing Consultant“ der Steinbeis-Hochschule Berlin.

Auch war er als Trainer und Führungskraft für die Ausbildung von Beratern und Führungskräften zum Thema Lean Production sowie Lean Management in den Bereichen Produktion, Planung und IT tätig. Für die PKW-Sparte der Daimler AG entwickelte er Lernfabriken in Europa und den USA für die Schulung und Umsetzung von unterschiedlichen Lean-Methoden. Seit 2009 ist Frank Bertagnolli Lehrbeauftragter mit Produktions-, Logistik und Managementthemen. Er verfügt über eine Ausbildung zum systemischen Berater und Coach und hat mehrere Lehrbücher rund um das Thema Lean Management veröffentlicht.

frank.bertagnolli[ad]hs-pforzheim.de
Telefon: 07231 / 28 - 6372



Dr. Christian Haubach ist seit 2017 Geschäftsführer des Instituts für Industrial Ecology (INEC). Er studierte Volkswirtschaftslehre und Umweltwissenschaften an der Universität Heidelberg und wurde dort im Jahr 2013 mit einer Arbeit zur Treibhausgasbilanzierung in globalen Wertschöpfungsketten in Wirtschaftswissenschaften promoviert. Christian Haubach hat seit dem Jahr 2007 am INEC zahlreiche Forschungsprojekte betreut und vielfältige Themenfelder beforscht, von der Ökobilanzierung, über Nachhaltigen Konsum und Bioökonomie hin zur industriellen Anwendung von Wasserstoff und zur Circular Economy. Seine Forschungsinteressen liegen einerseits im Bereich der ökonomischen Verfahren in der Industrial Eco-

logy und andererseits im Bereich der empirischen Sozialforschung. Er ist Mitglied in Richtlinienausschüssen des DIN und des VDI gewesen. Als Institutsgeschäftsführer arbeitet Christian Haubach an der Schnittstelle zwischen den Forschungsaktivitäten des INEC und den Studiengängen BNRE und MLiCs.

christian.haubach[ad]hs-pforzheim.de
Telefon: 07231 / 28-6137



Dr. Hendrik Lambrecht ist Professor für Industrial Ecology und Quantitative Methoden. Nach dem Studium der Physik in Heidelberg und Lyon (Frankreich) begann seine berufliche Laufbahn 2003 beim Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) und der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), bevor er 2006 als wissenschaftlicher Mitarbeiter an die Hochschule Pforzheim wechselte. An der Fakultät für Nachhaltigkeit der Leuphana Universität Lüneburg promovierte er 2011 über das Thema stoffstrombasierte Optimierung betrieblicher Produktion. Nach kurzer Tätigkeit für ein Softwareunternehmen erhielt er den Ruf an die Hochschule Pforzheim, wo er seit 2012 in den Studiengängen BW/Nachhaltigkeit

und Ressourceneffizienz (B. Sc.), Life Cycle & Sustainability (M. Sc.) sowie im Bereich Operations Research lehrt. Hendrik Lambrecht ist Mitglied des baden-württembergischen Center of Applied Research (BW-CAR). Von 2016 bis 2019 engagierte er sich als Mitglied des Nationalen Begleitgremiums bei der Standortsuche für ein Endlager für hochradioaktiven Atom Müll. Seine Forschungsaktivitäten umfassen die Bereiche Energie- und Stoffstrommanagement, Prozessoptimierung im betrieblichen Kontext sowie Ökobilanzierung mit Schwerpunkt Energiesysteme.

hendrik.lambrecht[ad]hs-pforzheim.de
Telefon: 07231 / 28 - 6424



Dr.-Ing. Claus Lang-Koetz ist Professor für Nachhaltiges Technologie- und Innovationsmanagement an der Hochschule Pforzheim (seit 2014) und stellvertretender Leiter des Instituts für Industrial Ecology (INEC). Nach seinem Studium (Dipl.-Ing. Umweltschutztechnik) arbeitete er neun Jahre lang in der angewandten Forschung an der Universität Stuttgart (Promotion zum Dr.-Ing.) und am Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO in Stuttgart. Danach baute er das Innovationsmanagement bei einem international agierenden Anlagenbauunternehmen auf und leitete es. An der Hochschule Pforzheim leitet er neben seiner Lehrtätigkeit Forschungsprojekte am Institut für Industrial Ecology (INEC). In der

Forschung beschäftigt er sich mit der Organisation von Innovationsaktivitäten in Unternehmen, dem strategischen Technologiemanagement, der Nachhaltigkeitsbewertung neuer Technologien, der Integration von Nachhaltigkeitsaspekten in das Innovationsmanagement und grünen Startups. Zusätzlich ist er Co-Leiter des Projekts Design Factory Pforzheim und unterstützt dort Gründungsvorhaben an der Hochschule. Claus Lang-Koetz ist seit 2016 gewähltes Mitglied des Senats der Hochschule und weiterhin Mitglied des baden-württembergischen Center of Applied Research (BW-CAR).

claus.lang-koetz[ad]hs-pforzheim.de
Telefon: 07231 / 28 - 6427



Dr. Mario Schmidt ist seit 1999 Professor für Ökologische Unternehmensführung. Er studierte Physik und Astrophysik an den Universitäten in Freiburg und Heidelberg und arbeitete dann auf den Gebieten des Emissionsschutzes, des Klimaschutzes, des Umweltmanagements und des Life Cycle Assessments. Er war Referatsleiter bei der Umweltbehörde Hamburg und leitender Angestellter bei der ifeu Heidelberg GmbH. Promoviert hat er über umweltorientierte Stoffstromanalysen. An der Hochschule Pforzheim hat er die Forschungsgruppe zur Energie- und Stoffstromanalyse aufgebaut, aus der 2010 das Institut für Industrial Ecology (INEC) hervorging, dessen Leiter er aktuell ist. Von 2002 bis 2013 war er gewähltes Senatsmitglied und von 2002 bis 2014 war er Wissenschaftlicher Direktor des Instituts für Angewandte Forschung (IAF). Von 2015 bis 2020 war er zusätzlich Hono-

rarprofessor an der Fakultät für Nachhaltigkeit der Leuphana Universität Lüneburg. In Pforzheim hat er die Studiengänge BW/Ressourceneffizienz-Management (B.Sc.) und Life Cycle & Sustainability (M.Sc.) gegründet, ebenso die kooperativen Promotionskollegs „Energiesysteme & Ressourceneffizienz“ (ENRES) und „Klima, Ressourcen und Circular Economy“ (KLIREC) in Kooperation mit dem Karlsruhe Institute of Technology (KIT). Von 2012 bis 2021 war er Mitglied im Beirat der Landesregierung für nachhaltige Entwicklung. Heute ist er Co-Vorsitzender der Jury Umweltzeichen Blauer Engel und Mitglied in der Ressourcenkommission des Umweltbundesamtes.

mario.schmidt[ad]hs-pforzheim.de
Telefon: 07231 / 28 - 6406



Dr. Ingela Tietze ist Professorin für Nachhaltige Energiewirtschaft. Nach ihrem Studium zur Diplom-Ingenieurin für Brauwesen und Getränke-technologie mit der Vertiefungsrichtung Technischer Umweltschutz an der Technischen Universität München (Weihenstephan) wechselte sie im Jahr 2001 an die Universität Karlsruhe (TH). Dort promovierte sie 2005 an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften über das Thema Kosteneinsparpotenziale durch Erweiterung betrieblicher Systemgrenzen. Nach ihrer Promotion war Frau Tietze als Beraterin im Fachgebiet Energiewirtschaft der Lahmeyer International GmbH für die Weltbank, für Ministerien und für Energieversorgungsunternehmen im In- und Ausland tätig. Sie wechselte 2006 zur Evonik Degussa GmbH und beriet als Energy Consultant europäische Standorte in allen Belangen des

Energiebezugs, der Energieumwandlung und der Energienutzung. Darüber hinaus verantwortete sie die Minutenreservevermarktung und übernahm Spezialistenfunktionen in den Themen Emissionshandel und Energie- und Stromsteuer. 2009 erhielt Frau Tietze einen Ruf auf die Professur für Mittelstandsmanagement, Energiemanagement und Energietechnik an die Hochschule Niederrhein. Dort baute sie am Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen den Schwerpunkt Energiewirtschaft und Energietechnik auf und leitete ab 2012 das interdisziplinäre SWK-Energiezentrum E². Seit 2015 lehrt und forscht sie im Fachgebiet Ressourceneffizienz der Hochschule Pforzheim. Seit 2020 ist sie Prorektorin.

ingela.tietze[ad]hs-pforzheim.de
Telefon: 07231 - 28 - 6361



Dr. Tobias Viere ist Professor für Energie- und Stoffstromanalyse und lehrt in den Studiengängen B.Sc. Betriebswirtschaftslehre /Ressourceneffizienz-Management und M.Sc. Life Cycle & Sustainability. Er studierte Umweltwissenschaften in Lüneburg und Canterbury (England) und promovierte an der wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Leuphana Universität Lüneburg. Von 2003 bis 2007 betreute er als Projektmanager und Dozent ein internationales Weiterbildungsprogramm für südostasiatische Unternehmen zu Themen des Umweltcontrollings und begann anschließend seine Tätigkeit für ein Softwareunternehmen. Zuletzt leitete er dort den Bereich Beratung und Forschung und koordinierte mehrere praxisnahe Verbund-

forschungsprojekte. Tobias Vieres Forschungsaktivitäten umfassen unter anderem zahlreiche Publikationen und Fallstudien in den Themengebieten Energie- und Ressourceneffizienz, Life Cycle Assessment, Sustainability Accounting and Reporting, Circular Economy sowie Corporate Social Responsibility und Nachhaltigkeitsmanagement. Tobias Viere ist Mitglied des baden-württembergischen Center of Applied Research (BW-CAR) und im kooperativen Promotionskolleg KLIREC in Kooperation mit dem KIT.

tobias.viere[ad]hs-pforzheim.de
Telefon: 07231 / 28 - 6423



Dr.-Ing. Jörg Woidasky studierte "Technischen Umweltschutz" an der Technischen Universität Berlin mit der Vertiefungsrichtung Abfallwirtschaft und promovierte an der Universität Stuttgart im Bereich Maschinenbau zur Kreislaufführung von Kunststoffkraftstoffbehältern. Er arbeitete von 1994 bis 2014 im Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (ICT) in Pfinztal. Nach einem einjährigen USA-Aufenthalt zur Gründung des Fraunhofer Center for Energy and Environment in Pittsburgh/PA übernahm er 2006 im Fraunhofer ICT die stellvertretende Leitung des Bereichs „Umwelt-Engineering“ und gleichzeitig die Gruppenleitung „Kreislaufwirtschaft und Ressourceneffizienz“. Von 2008 bis 2012 leitete er das EU-Vorhaben „Clean

Sky - Eco Design“ mit mehr als 20 Industriepartnern. Im September 2012 wurde er als Professor für Nachhaltige Produktentwicklung an die Hochschule Pforzheim auf eine Forschungsprofessur im Bereich Wirtschaftsingenieurwesen berufen. Er lehrt in den Studiengängen Wirtschaftsingenieurwesen, Maschinenbau und BWL/Ressourceneffizienz und ist Mitglied des baden-württembergischen Center of Applied Research (BW-CAR). Seine Forschungsschwerpunkte liegen primär in den Bereichen Kreislaufwirtschaft und Recycling von Polymeren, Metallen und Werkstoffverbunden.

joerg.woidasky[ad]hs-pforzheim.de
Telefon: 07231 / 28 - 6489



INEC
INSTITUT FÜR INDUSTRIAL
ECOLOGY

Ressourcen. Nachhaltig. Gestalten.

Broschüre des Instituts
für Industrial Ecology,
Hochschule Pforzheim

Herausgeber

Prof. Dr. Mario Schmidt

Adresse

Hochschule Pforzheim
Tiefenbronner Straße 65
07231 / 28 - 5

Namensbeiträge stellen die Meinung
der Autoren dar. Ein Nachdruck – auch
auszugsweise – bedarf der Zustimmung
der Redaktion.

Redaktion

Larissa Coblenzer

Gestaltung

Patricia Braun

Composing Titelseite unter Verwendung
von Abbildungen von: Mario Schmidt / INEC,
Maksim Shmeljov / Adobe Stock. Fotos Rück-
seite von: Mario Schmidt / INEC, Fotolia /
industrieblick und Shutterstock / TonyV3112

Druck

Stark Druck, Pforzheim

Gedruckt auf 100 % Altpapier, ausgezeichnet
mit dem Blauen Engel (DE-UZ 14a)
Umschlag: 240 g/m² Circle Volume White
Inhalt: 115 g/m² Steinbeis Select

Auflage

500 Exemplare

Stand: November 2023



Lehrende, Forschende und Lernende: Am INEC werden die Nachhaltigkeitsexperten/innen der Zukunft ausgebildet.
Foto: Michael Karalus



INEC
INSTITUT FÜR INDUSTRIAL
ECOLOGY

Institut für Industrial Ecology
Hochschule Pforzheim

Tiefenbronner Straße 65
75175 Pforzheim

hs-pforzheim.de/inec

