Bei diesem Beitrag handelt es sich um einen wissenschaftlich begutachteten und freigegebenen Fachaufsatz („reviewed paper“).

doi.org/10.37544/1436–4980–2023–06–6

Lösungsansätze des Advanced Systems Engineering für die Gestaltung nachhaltiger Systeme

Nachhaltigkeit durch Advanced Systems Engineering

B. Schneider, H. Spindler, L. Block, M. Kürümlüoglu, O. Riedel

Megatrends wie Nachhaltigkeit, Digitalisierung und Globalisierung steigern die Komplexität in der Produktentstehung und erfordern ein neues Paradigma: das Advanced Systems Engineering (ASE). Die Gestaltung nachhaltiger und kreislaufwirtschaftlich optimierter Produkte und Systeme ist eine zentrale Herausforderung, die mit dem ASE adressiert werden kann. Der Beitrag beschreibt aktuelle Lösungsansätze aus der Forschung.

STICHWÖRTER

Advanced Systems Engineering, Digitalisierung, Nachhaltigkeit

Advanced Systems Engineering approaches for the creation of sustainable systems - Sustainability through Advanced Systems Engineering

Mega trends such as greentech, digitalization and globalization drive complexity in product creation, thereby calling for a new paradigm: Advanced Systems Engineering (ASE). Currently, the design and engineering of sustainable and circular products poses a challenge that can be addressed by ASE methods and technologies. This article describes current approaches from a research perspective.

1 Advanced Systems Engineering für Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft

In der frühen Phase der Produktentwicklung werden zentrale Konzepte und Aspekte eines Produktes festgelegt. Diese Phase hat mit circa 80 % den höchsten Einfluss auf die späteren Eigenschaften eines Produkts, wie beispielsweise Kosten, Nachhaltigkeit oder Umweltverträglichkeit [1, 2].

Die Entwicklung nachhaltiger Produkte und Systeme ist eine der zentralen Herausforderungen, der aktuell begegnet werden muss [3]. Bereits 1998 wurde das Themenfeld Nachhaltigkeit mit den drei Teilgebieten ökologische, ökonomische und soziale Nachhaltigkeit beschrieben [4]. Inzwischen ist auch die Einbindung von Abfallvermeidungsstrategien in der frühen Phase des Produktdesigns Teil der Empfehlungen für nachhaltiges Wirtschaften [5].

Die Vereinten Nationen (UN) haben in den Sustainable Development Goals (SDG) die Ziele definiert, die im Rahmen der nachhaltigen Entwicklung in den kommenden Jahren adressiert werden müssen [3]. Diese gliedern sich in 17 Themenfelder und 169 abgeleitete Teilziele. Teile der SDGs werden in der Wissenschaft kritisch betrachtet. Ein Kritikpunkt ist die bisher fehlende systemische und methodische Betrachtung der Dynamik und Zusammenhänge innerhalb der SDGs [6, 7].

Die Europäische Union hat sich mit dem Green Deal das Ziel gesetzt der erste klimaneutrale Kontinent zu werden. Das Programm zielt auf die Senkung der Netto-Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens 55 % gegenüber dem Stand von 1990 und eine Netto-Klimaneutralität bis 2050 ab. Im Fokus stehen die Bereiche Energie, Landwirtschaft, Verkehr, Industrie, Forschung und Innovation. [8]

Ergänzend schlägt die Europäische Kommission eine aktualisierte Ökodesign-Verordnung vor [9]. Die Verordnung erlaubt die Festlegung von Produktanforderungen unter anderem in den Bereichen Haltbarkeit, Wiederverwendbarkeit, Nachrüstbarkeit und Reparierbarkeit von Produkten, Energie- und Ressourceneffizienz, Recyclinganteil, CO_2–Abdruck und Umweltfußabdruck sowie Informationspflichten, einschließlich eines digitalen Produktpasses. Der digitale Produktpass ist ein zentrales Informationsinstrument, das Informationen über die ökologische Nachhaltigkeit von Produkten enthält.

Für die Erfüllung der Anforderungen und die Bereitstellung der Informationen im Produktpass ist eine digitale Durchgängigkeit im eigenen Unternehmen und auch im Wertschöpfungsnetzwerk als Grundanforderung anzusehen. Nur anhand durchgängig verknüpfter Daten lassen sich valide Aussagen über die Nachhaltigkeit der Produkte treffen. Diese müssen, wie oben erwähnt, schon früh in der Entwicklung, wenn die Haupteigenschaften des Produktes festgelegt werden, bekannt und verfügbar sein, um konzeptionelle Gestaltungsalternativen bewerten zu können.

Die Kreislaufwirtschaft, ein zentraler Aspekt der Nachhaltigkeit, gewinnt durch Aktivitäten der EU-Kommission [10, 11] und der deutschen Bundesregierung [12] immer stärker an Bedeutung. Sie beschreibt die Wiederverwendung von Ressourcen, also Materialien und Produkten, über eine möglichst lange Nutzungsphase auf unterschiedliche Art und Weise bei gleichzeitig maximierter Werterhaltung [13]. Das Prinzip der Kreislaufwirtschaft fordert somit Produkte, die sich durch eine Aneinanderreihung von Lebenszyklusphasen auszeichnen, indem sie oder

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2023-06-6 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - CC BY

Bild 1. Drei Säulen des Advanced Systems Engineering. *Grafik: Fraunhofer IAO, Fotos: Ludmilla Parsyak*

ihre Komponenten beziehungsweise Materialien als Input für neue Produkte verwendet werden, anstatt zu Abfall zu werden.

Die Kreislaufwirtschaft kann auch zusätzliche Anforderungen an die Produktentwicklung sowie Zielkonflikte zwischen der für ein Unternehmen günstigsten und der im Sinne der Kreislaufwirtschaft optimalen Lösung erzeugen. Ein Beispiel ist die kreislaufwirtschaftliche Anforderung zur einfachen Demontierbarkeit von Produkten. Dem kann eine ökonomisch bedingte Anforderung nach günstigeren Fügetechniken wie Kleben entgegenstehen, die wiederum eine Demontierbarkeit erschweren und verteuern.

Dies führt zu dem Schluss, dass bereits in den frühen Phasen des Entwicklungsprozesses kreislaufwirtschaftliche Anforderungen bei der Konzeption und der Bewertung unterschiedlicher Produktalternativen Beachtung finden müssen. Weiterhin muss das in Entwicklung befindliche Konzept fortlaufend bewertet werden. Dazu müssen Anforderungen etwa der Kunden oder der Kostenrechnung nachhaltigkeitsbezogenen Kriterien gegenübergestellt werden, Konflikte aufgelöst und ein Optimum identifiziert werden.

Der International Council on Systems Engineering (Incose) greift die SDGs der UN, die durch die aufgeführten Aktivitäten auf EU-Ebene unterstützt werden, in seiner „Systems Engineering Vision 2035“ auf. In der Vision 2035 werden die SDGs als zentrale Herausforderungen, welche durch das Systems Engineering adressiert und unterstützt werden können, benannt [14]. Incose beschreibt weiterhin, dass die von den UN verfolgten Ziele explizit umfassende, systembasierte Lösungen verlangen. Eine unabhängige Analyse bestätigt dem Systems Engineering ebenfalls ein großes Potenzial für die Modellierung, Strukturierung und das transparente Aufzeigen der Zusammenhänge zwischen den SDGs [7].

Damit im Einklang präsentiert das Paradigma des Advanced Systems Engineering (ASE) eine Antwort auf die beschriebenen Herausforderungen und zielt neben anderen Aspekten auf die digitale, modellbasierte und durchgängige Begleitung der heutigen und zukünftigen Advanced Systems über deren gesamten Lebenszyklus, von der Entwicklung bis zum Recycling, ab [15]. Es definiert die Säulen Advanced Systems (AS), Systems Engineering (SE) und Advanced Engineering (AE), **Bild 1**. [15]

AS sind Produkte und Systeme, die Teil der zukünftigen Wertschöpfung sind und sich durch die Eigenschaften Autonomie, dynamische Vernetzung, sozio-technische Interaktion und die Verknüpfung von Produkt und Service hin zu Produkt-Service-Systemen auszeichnen. Das SE unterstützt die Handhabung und Koordination komplexer und interdisziplinärer Entwicklungsvorhaben auf den Ebenen einzelner technischer Systeme, in Projekten und dem gesamten Unternehmen. Das AE beschreibt aktuelle Best Practices und zukünftige Potenziale in den Bereichen Kreativität, Agilität und Digitalisierung mit Fokus auf end-to-end-verknüpften IT-Systemen und Technologien wie künstlicher Intelligenz [15]. Die digitale Durchgängigkeit kann hier als Querschnittsthema über alle drei Säulen angesehen werden.

2 ASE-basierte Lösungsansätze für die Gestaltung nachhaltiger Systeme

Das Systems Engineering als zentraler Bestandteil des ASE und dessen modellbasierte Umsetzung, das Model-based Systems Engineering (MBSE) sind Ansätze zur Strukturierung und Koordination komplexer, interdisziplinärer Entwicklungsvorhaben. Sie ermöglichen durch den Dreiklang einer strukturierten Vorgehensweise oder Methodik, einer geeigneten Beschreibungssprache sowie der Unterstützung durch IT-Werkzeuge die durchgängige Beschreibung von Systemen sowie die Nachverfolgbarkeit über Systemebenen und Entstehungsphasen hinweg. [15, 16]

Zentrale Elemente sind das auf der Systems Modeling Language (SysML) basierende Systemmodell und die Strukturierung der Entwicklung nach dem V-Modell [15, 17]. Sie müssen im Sinne des ASE in bestehende IT-Infrastrukturen und Prozesse sowie Organisationsformen integriert und als grundlegendes sowie verbindendes Element verstanden werden. Auf dieser Basis kann eine durchgängige Berücksichtigung sowie Verifikation und Validierung der Erfüllung der nachhaltigkeitsbezogenen Produktanforderungen sichergestellt werden. Weiter können auf Basis der Modellierung bereits früh verschiedene Produktkonzepte definiert, konkretisiert und im Anschluss simulationsbasiert validiert werden. Hier muss klassischerweise anhand eines Sets an Indikatoren eine Entscheidungsgrundlage für eine für das Unternehmen vorteilhafte Variante bereitgestellt werden.

Bild 2 stellt eine Sicht auf eine durchgängige IT-Systemlandschaft dar, die anhand eines MBSE-Systemmodells Produktanforderungen mit der tatsächlichen Produktstruktur verknüpft und diese zentralen Strukturen als Grundlage in einem System für das Produktlebenszyklusmanagement (PLM-System) verwaltet.

Vom PLM-System aus können weitere disziplinspezifische Entwicklungsschritte gestartet werden und ein stetiger Abgleich

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2023-06-6 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - CC BY

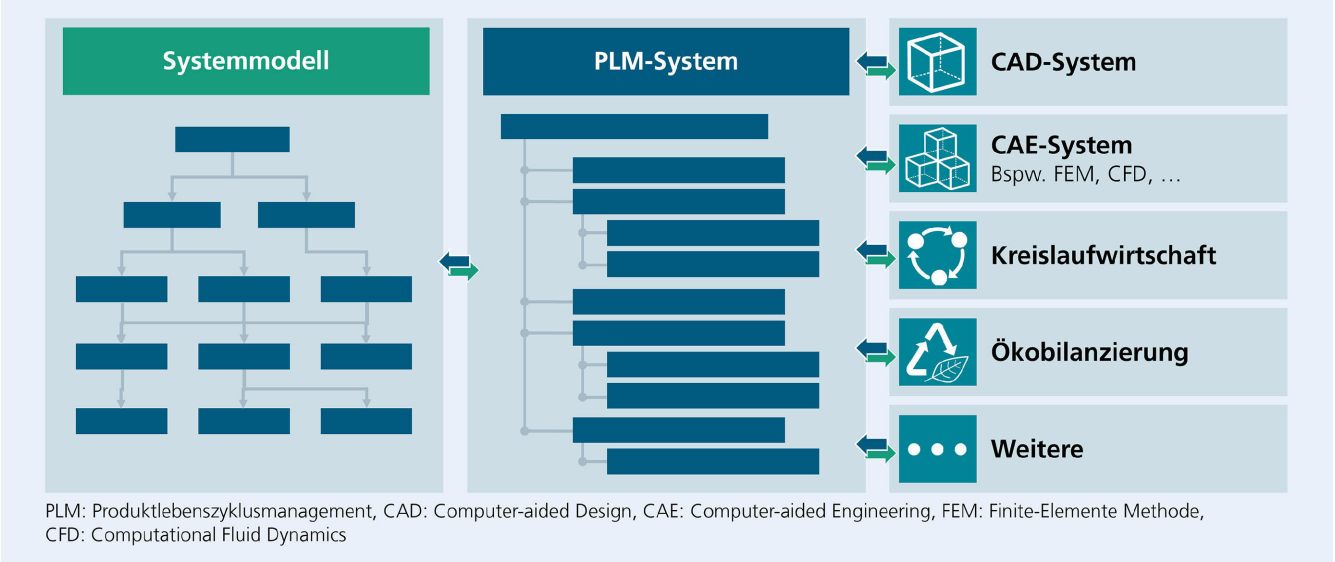


Bild 2. Konzept für eine durchgängig vernetzte IT-Landschaft als Grundlage für erweiterte virtuelle Validierung in der Produktentwicklung.
Grafik: eigene Darstellung

mit der aktuellen Produktstruktur ist möglich. Eine eingehende Analyse des aktuellen State-of-the-Art zeigt, dass die SysML-basierte Systemmodellierung in der Wissenschaft bereits mehrfach für die Analyse und darauf basierende Gestaltung nachhaltiger Systeme eingesetzt wurde. Einschränkungen bestehen unter anderem in einem begrenzten Betrachtungsrahmen der Analysen, der Einbindung realer Daten sowie der Anbindung der Modelle und Analysen an bestehende IT-Infrastrukturen [18].

Ein weiterer Fokus liegt auf der Analyse einer komplexen Menge an Abhängigkeiten, etwa hinsichtlich der Recyclingfähigkeit eines Produkts, seiner Produzierbarkeit, seiner späteren Nutzung über mehrere Lebenszyklusphasen, aber auch des zugehörigen Geschäftsmodells im Sinne der Nachhaltigkeit. Eine zentrale Frage ist dabei, wie konzeptionelle Entscheidungen in der frühen Phase, die durch geringe Informations- und Datenverfügbarkeit geprägt ist, unterstützt werden können. Im Rahmen des vom BMBF geförderten Verbundforschungsprojekts „Modellbasierte Entscheidungsunterstützung zur proaktiven sowie Lebenszyklusgerichteten Entwicklung von Fahrzeug-Komponenten Cyclometric“ [19] wird eine auf dem MBSE basierende, durchgängige und konsistente Wissens- und Entscheidungsunterstützung konzipiert und validiert.

Eine der Teilfragestellung des Forschungsprojekts beschäftigt sich mit der Bewertung der Eignung und Auswirkungen von Kreislaufstrategien (auch R-Strategien [20]) auf das zu entwickelnde System in frühen Entwicklungsphasen. Hierzu wird eine Bewertungssystematik erarbeitet, um Antworten auf die Frage zu liefern, welche kreislaufwirtschaftlichen Strategien für das zu entwickelnde Produkt und seine Bestandteile vorteilhaft sein könnten.

Entsprechende Entscheidungen sind im Falle einer Recycling-Strategie gegebenenfalls weniger aufwendig, da hier überwiegend Fragen wie die Verwendung geeigneter Materialien oder einfache Demontierbarkeit durch die Entwicklung geklärt werden müssen. Komplexer wird es bei Kreislaufstrategien wie Remanufacturing oder Reparierbarkeit. Hier sind nicht nur technische Aspekte zur Befriedigung von Kundenanforderungen zu berücksichtigen, sondern auch solche, die sich beispielsweise aus den Geschäftsmodellen oder den mit der Kreislaufführung verbundenen zusätzlichen Prozessen (Sammlung, Rückführung und Wiederaufbereitung ausgedienter Produkte und Komponenten) ergeben. **Bild 3** stellt aktuelle Herausforderungen und ASE-basierte Lösungsansätze für die Gestaltung nachhaltiger Systeme gegenüber.

Die produktbezogenen Anforderungen im Kontext der Kreislaufwirtschaft können qualitativ und quantitativ ausgeprägt sein. Man kann diese anhand eines Indikatorensystems beschreibbar ausgestalten. Beispiele für solche Indikatoren sind die Wiederverwendungsquote der Produktbestandteile oder der Anteil erneuerbarer Materialien. Aus diesen und vielen weiteren lassen sich nach Ansicht der Autoren jedoch nur begrenzt direkte Produktanforderungen ableiten. Man muss diese auf eine Ebene herunterbrechen, auf der sie als Key Performance Indicators (KPI), also als nachverfolgbare und somit umsetzbare Zielvorgaben, genutzt werden können.

Im Projekt wird daher eine Modellierungsumgebung genutzt, welche sich durch zusätzliche Metamodelle erweitern lässt und so erlaubt, kreislaufwirtschaftliche Anforderungen mit den relevanten Produkteigenschaften zu verknüpfen. Es wird also eine Schnittstelle zwischen dem Produkt-/Systemmodell und der beschriebenen, notwendigen Bewertungssystematik realisiert. Diese wird durch ein weiteres, bereits entwickeltes Metamodell ergänzt, das auf der Basis der aktuellen Implementierung der „SysML v2“ entwickelt wurde und verschiedene Lebenszyklen mit Variationspunkten in der Produktarchitektur verknüpft [21].

Zudem soll eine Schnittstelle zu Lebenszyklusanalysen (englisch: LCA – Life Cycle Assessment) im Sinne von Ökobilanzen realisiert sowie eine Einbindung in unternehmensnahe IT-Infrastrukturen konzipiert werden. Eine Herausforderung ist die Unsicherheit etwa über tatsächliche Materialien und spätere Fügeverbindungen sowie deren kreislaufwirtschaftlichen Auswirkungen im Gesamtkontext, die eine Möglichkeit zur frühen Evaluierung verschiedener Konzepte zwingend erforderlich macht. Im Projekt werden zudem eine Mittelkonsole für einen PKW mit erweitertem Funktionsumfang sowie neuartigen Materialien konzipiert und entwickelt, welche als Grundlage für die Entwicklung und

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2023-06-6 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access -

Bild 3. Herausforderungen und Lösungsansätze für die Gestaltung nachhaltiger Systeme auf Basis des Advanced Systems Engineering.
Grafik: eigene Darstellung

Validierung des beschriebenen Werkzeugs für die Entscheidungsunterstützung genutzt wird.

Weitere relevante Daten für eine fundierte Entscheidung sind etwa der Anteil nachhaltiger oder wiederverwertbarer Materialien im Produkt, Kenngrößen für eine einfache Demontierbarkeit, Qualitätsverluste in der Nutzungsphase oder Mengengerüste für nach dem Ende eines Lebenszyklus zurückgenommene Produkte oder Komponenten. Die beschriebene Heterogenität und die unterschiedlichen Quellen der Daten machen eine möglichst weit ausgeprägte digitale Durchgängigkeit, ähnlich wie in Bild 2 skizziert, zwingend erforderlich.

3 Ausblick

Die Themenfelder Digitalisierung, Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft sowie das ASE haben aktuell und zukünftig eine hohe Relevanz sowohl für die Industrie als auch für die Gesellschaft. In der Kombination können sie einen Beitrag zur nachhaltigen Gestaltung zukünftiger Produkte und Systeme leisten.

Im weiteren Verlauf sollen die beschriebenen Ansätze sowie weitere Aspekte des Forschungsvorhabens, unter anderem im Mobilen Plug-In Labor [22, 23] des Fraunhofer IAO implementiert werden. Die Laborumgebung kann anschließend zur Validierung mit Industriepartnern sowie zur Demonstration der Forschungsergebnisse genutzt werden. Hiermit soll sichergestellt werden, dass die entwickelten Ansätze den Anforderungen eines industriellen Einsatzes entsprechen und eine möglichst breite Verwendung finden.

FÖRDERHINWEIS

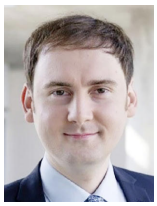
Dieser Beitrag ist im Rahmen des Verbundprojekt „Cyclometric", gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter der Kennung (FKZ: 02J21E030–8), entstanden.

Literatur

[1] Warnecke, H. J.; Eyerer, P.: Nachhaltige Entwicklung beim Produzieren und Konsum von Produkten. Karlsruhe: DWS Werbeagentur und Verlag 1997
[2] Eigner, M.; Stelzer, R.: Product Lifecycle Management. Ein Leitfaden für Product Development und Life Cycle Management. Dordrecht: Springer 2013
[3] United Nations: Transforming our World: The 2030 Agenda for sustainable development. Proceedings of the United Nations. Stand: 2015. Internet: sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf: Zugriff am 15.06.2023
[4] Bundestag, D.: Abschlußbericht "Konzept Nachhaltigkeit — Vom Leitbild zur Umsetzung". Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung 10 (1998) 4, S. 244
[5] PBnE: Positionspapier – Nachhaltigkeit ‚made in Germany' – Chancen und Herausforderungen für nachhaltig wirtschaftende Unternehmen. Internet: www.bundestag.de/resource/blob/798132/fd385e58b3f5aca186ed5f3f8401fb05/positionspapier-made-in-Germany-data.pdf. Zugriff am 15.06.2023
[6] Laurent, A.; Molin, C.; Owsianiak, M. et al.: The role of life cycle engineering (LCE) in meeting the sustainable development goals – report from a consultation of LCE experts. Journal of Cleaner Production 230 (2019), pp. 378–382
[7] Yang, L.; Cormican, K.: The Crossovers and Connectivity between Systems Engineering and the Sustainable Development Goals: A Scoping Study. Sustainability 13 (2021) 6, pp. 3176
[8] European Commission: A European Green Deal. Striving to be the first climate-neutral continent. Internet: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019–2024/european-green-deal_de. Zugriff am 15.06.2023
[9] European Commission: On making sustainable products the norm. Internet: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52022DC0140&qid=1649112555090. Zugriff am 15.06.2023
[10] Europäische Kommission: Änderung unserer Produktions- und Verbrauchsmuster. neuer Aktionsplan für Kreislaufwirtschaft ebnet Weg zu klimaneutraler und wettbewerbsfähiger Wirtschaft mit mündigen Verbrauchern. Internet: www.ihk-arnsberg.de/upload/EU_Kreislaufwirtschaft_Green_Deal_37511.pdf. Zugriff am 15.06.2023
[11] European Commission: A new Circular Economy Action Plan. For a cleaner and more competitive Europe. Internet: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN. Zugriff am 15.06.2023
[12] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz: Eckpunkte der Novellierung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG). Internet: www.bmuv.de/themen/wasser-ressourcen-abfall/kreislaufwirtschaft/abfallpolitik/uebersicht-kreislaufwirtschaftsgesetz/eckpunkte-der-novellierung-des-kreislaufwirtschaftsgesetzes-krwg. Zugriff am 15.06.2023

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2023-06-6 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - CC BY

[13] Ellen MacArthur Foundation: Towards a circular economy: business rationale for an accelerated transition. Internet: ellenmacarthurfoundation.org/towards-a-circular-economy-business-rationale-for-an-accelerated-transition. Zugriff am 15.06.2023
[14] Incose: Systems Engineering Vision 2035. Engineering Solutions for a better World. Internet: www.incose.org/about-systems-engineering/se-vision-2035. Zugriff am 15.06.2023
[15] Dumitrescu, R.; Albers, A.; Riedel, O. et al.: Engineering in Deutschland - Status quo in Wirtschaft und Wissenschaft: Ein Beitrag zum Advanced Systems Engineering. Stand: 2021. Internet: www.acatech.de/publikation/engineering-in-deutschland/download-pdf?lang=de. Zugriff am 15.06.2023
[16] Incose: SE Vision 2035. Internet: www.incose.org/products-and-publications/se-vision-2025. Zugriff am 30.06.2023
[17] Friedenthal, S.; Moore, A.; Steiner, R.: A Practical Guide to SysML: The Systems Modeling Language. San Francisco, CA/USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc 2014
[18] Schneider, B.; Riedel, O.; Bauer, W.: Review: Model-based Systems Engineering and Artificial Intelligence for Engineering of Sustainable Systems – What contribution can systems engineering and artificial intelligence provide for the engineering of sustainable systems as of today? In: Plapper, P. (Hrsg.): Digitization of the work environment for sustainable production. GITO Verlag 2022, pp. 37–59
[19] Fraunhofer IAO: Lebenszyklusorientierte Entwicklung von Fahrzeug-Komponenten. Fraunhofer IAO und Partner entwickeln modellbasiertes Tool für kreislauffähige Automobilentwicklung. Internet: www.iao.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/aktuelles/lebenszyklusorientierte-entwicklung-von-fahrzeug-komponenten.html. Zugriff am 15.06.2023
[20] Potting, J.; Hekkert, M. P.; Worrell, E. et al.: Circular Economy: Measuring innovation in the product chain. The Hague: PBL Netherlands Assessment Agency 2017
[21] Block, L.; Werner, M.; Spindler, H. et al.: A variability model for individual life cycle paths in life cycle engineering. In: Dröder, K., Vietor, T. (eds): Future Automotive Production Conference 2022. Zukunftstechnologien für den multifunktionalen Leichtbau. Wiesbaden: Springer Vieweg 2022
[22] Schneider, B.; Schüle, S.; Kürümlüoglu, M. et al.: Mobiles Plug-In Labor. ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 116 (2021) 1–2, S. 75–81
[23] Schneider, B.; Schüle, S.; Kürümlüoglu, M. M. et al.: Praxisorientierter Technologietransfer für ASE. wt Werkstattstechnik online 112 (2022) 6, S. 390–394, Internet: www.werkstattstechnik.de. Düsseldorf: VDI Fachmedien



Benjamin Schneider, M.Sc.
Foto: Fraunhofer IAO

Dipl.-Ing. **Helge Spindler**

Lukas Block, M. Sc.

Dipl-Ing. **Mehmet Kürümlüoglu**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. **Oliver Riedel**

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft
und Organisation IAO
Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart
Tel. +49 711 / 970-2281
benjamin.schneider@iao.fraunhofer.de
www.iao.fraunhofer.de

LIZENZ

Dieser Fachaufsatz steht unter der Lizenz Creative Commons Namensnennung 4.0 International (CC BY 4.0)

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2023-06-6 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access -