

# Künstliche Intelligenz im Engineering

## Menschorientierte Analyse von Potenzialen am Beispiel vom Sondermaschinenbau

Aschot Kharatyan\*,  
Lynn Humpert,  
Harald Anacker,  
Roman Dumitrescu,  
Moritz Wäschle,  
Albert Albers und  
Sarah Horstmeyer

Die Megatrends Globalisierung, Digitalisierung und Nachhaltigkeit konfrontieren nicht nur Großunternehmen mit einem Wandel in ihrem Denken und Handeln. Auch für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) rücken neue Technologien zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit in den Fokus. Die zunehmende Vernetzung und der steigende Elektronik- und Softwareanteil führt zu einer stetig wachsenden Komplexität der zu entwickelnden Systeme. In der Produktentstehung bzw. dem Engineering entsteht ein komplexer, heterogener Prozess mit einer Vielzahl involvierter Akteure. Innovative Technologien wie Künstliche Intelligenz (KI) bieten weitreichende Unterstützungspotenziale [1]. Um einen nachhaltig

Künstliche Intelligenz bietet großes Potenzial im Engineering. Der Einsatz gestattet insbesondere für Wissensarbeiter eine effiziente Arbeitsteilung, in der beispielsweise fehleranfällige und repetitive Aktivitäten unterstützt werden. Eine erfolgreiche Einführung bedarf einer vorangehenden Analyse von nutzenstiftenden Einsatzpotenzialen, bei der alle Anwendenden frühzeitig einbezogen werden. Der folgende Beitrag verdeutlicht dieses Vorgehen anhand eines realen Beispiels im Sondermaschinenbau.

erfolgreichen Einsatz zu fördern, bedarf es einer menschenorientierten Auslegung, in der unter anderem die Vertrauenswürdigkeit und Nachvollziehbarkeit der KI-Entscheidungen durch geeignete Mechanismen gewährleistet werden.

Das Unternehmen HARTING Applied Technologies (HARTING AT) hat die Chancen von KI im Engineering erkannt. Der Maschinenbauer entwickelt, konstruiert und fertigt in zwei unabhängigen Teilbereichen Spritzgieß- und Druckgießwerkzeuge für Aluminium und Zink sowie individuelle Sondermaschinen im Bereich Montagetechnik. Die Prozesskette bei HARTING AT basiert auf einer umfassenden und frühzeitigen Beratung der Kunden sowie einer individuellen Lösungsfindung mit der Berücksichtigung

aller kundenspezifischen Anforderungen und Vorgaben. Die Herstellung von Sondermaschinen umfasst Engineering, Konstruktion, Programmierung, Fertigung und Montage in einem umfangreich ausgestatteten Technikum.

Künstliche Intelligenz schafft für HARTING AT sowie weitere Unternehmen und Branchen das Potenzial, Routinetätigkeiten zu entlasten und mehr Spielraum für kreative Entwicklungsarbeit zu schaffen. Der Einsatz von KI verspricht die Steigerung der Effizienz und Effektivität und somit die Reduktion der Entwicklungszeiten. Insbesondere in Form von Assistenzsystemen kann über den gesamten Entwicklungsprozess kontextsensitiv unterstützt werden [1]. Es resultieren vielfältige Einsatzpotenziale im Engineering (Bild 1).

\* Korrespondenzautor  
Aschot Kharatyan, M.Sc.  
Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik  
Mechatronik IEM  
Senior Experte Digital Engineering  
Zukunftsmeile 1, 33102 Paderborn  
Tel.: +49 (0) 5251 5465-447  
aschot.kharatyan@iem.fraunhofer.de

### Hinweis

Bei diesem Beitrag handelt es sich um einen von den Mitgliedern des ZWF-Advisory Board wissenschaftlich begutachteten Fachaufsatz (Peer-Review).



Bild 1. Anwendungsfälle von Künstlicher Intelligenz im Engineering von Sondermaschinen

Eine erfolgreiche, nachhaltige Einführung von KI-Assistenten bedarf mehr als einer rein technisch orientierten Herangehensweise [2]. Es ist ein Wandel im Denken und Handeln erforderlich, bei dem Mitarbeiter aktiv eingebunden und qualifiziert werden, um persönliches Engagement sicherzustellen. Es bedarf einem konsistenten, gemeinschaftlichen Zielbild mitsamt einer realistischen Erwartungshaltung. Um einen nachhaltigen Einsatz zu gewährleisten, ist neben der Erfassung technischer Rahmenbedingungen ebenfalls die Berücksichtigung arbeitssoziologischer Aspekte erforderlich.

Im vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Verbundprojekt „Menschorientierte Gestaltung komplexer System of Systems“ (MoSyS) forscht HARTING AT mit 17 weiteren Partnern aus Industrie und Forschung an neuen Ansätzen zur Gestaltung des Engineerings von morgen. Einen wesentlichen Schwerpunkt stellt die menschorientierte Konzipierung und Umsetzung von KI-Assistenten dar. Eine initiale Potenzialanalyse gibt Aufschluss darüber, welche Erwartungen und Vorbehalte die betroffenen Anwendenden haben und welche Entwicklungstätigkeiten für eine Unterstützung geeignet sind. Die Potenzialanalyse wird in den nachfolgenden Abschnitten am Beispiel von HARTING AT demonstriert.

### Identifikation und Bewertung von KI-Potenzialen am Beispiel eines Sondermaschinenbauers

Zur Identifikation und Bewertung der KI-Nutzenpotenziale ist im Vorfeld eine prozessorientierte Domänenanalyse durchzuführen (Bild 2). Auf Grundlage der Prozess-, Daten- und Anwender-Landschaft erfolgt die Ableitung von Unterstützungspotenzialen im Engineering durch KI. Es entstehen sogenannte KI-Potenziale. Diese werden im nächsten Schritt im Rahmenbedingungen, erste Lösungsideen sowie arbeitssoziologische Implikationen (z.B. notwendiger Kompetenzaufbau) erweitert. Die resultierenden KI-Anwendungsfälle werden abschließend menschorientiert bewertet. Das Vorgehen wird nachfolgend mitsamt realen Ergebnissen im Detail erläutert.

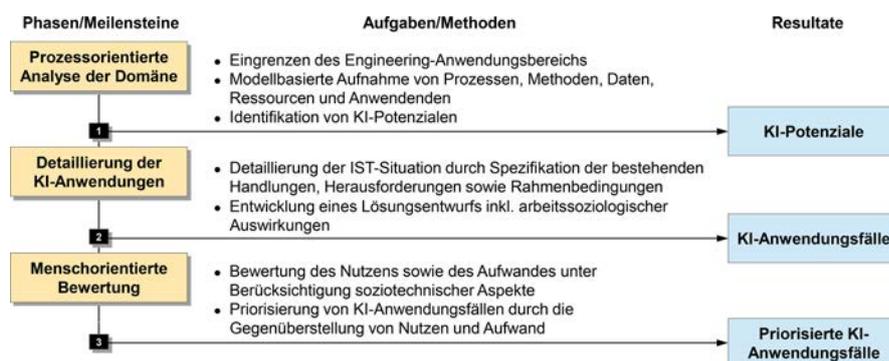


Bild 2. Vorgehensmodell zur Identifikation und Bewertung von KI-Potenzialen im Engineering

**Prozessorientierte Analyse der Domäne**  
 Zur Identifikation potenzieller Einsatzgebiete für Künstliche Intelligenz bedarf es einer detaillierten Analyse der Engineering-Domäne. Da die gelebten Prozesse einer hohen Dynamik unterliegen, wird empfohlen in Vorgesprächen den Betrachtungsbereich gezielt einzuschränken. Eine Möglichkeit bietet die Richtlinie VDI 2221, in der neben einem generischen Überblick ebenfalls Branchenbeispiele (z.B. Sondermaschinenbau) geboten werden [3]. Am Beispiel von HARTING AT wurde hierdurch transparent, dass die domänenspezifische Konstruktionsaufgabe einen möglichen Bereich der Produktentwicklung einnimmt, in dem Assistenzsysteme nutzenbringend eingesetzt werden können. Vorgelagerte Phasen (z.B. kundenindividuelle Unterstützung in der Verfeinerung des Lastenheftes) sowie nachgelagerte Aspekte (z.B. Dokumentation und Anfertigung der Betriebsanleitung) wurden in Vorgesprächen als weitere Betrachtungsbereiche ausgewählt.

Es folgt die prozessbasierte Detailanalyse. Neben technischen Aspekten (Prozesse, Artefakte etc.) ist ebenfalls die Erfassung der Anwenderinnen und Anwender erforderlich. Hierdurch wird gewährleistet, dass die Bedürfnisse und Vorkenntnisse aufgenommen werden. Wie in Bild 3 verdeutlicht, ist beispielsweise beim Logikentwurf nicht nur die klassische Maschinenbau-Konstruktion eingebunden. Da die SPS-Programmierung die Steuerung der Abläufe verantwortet, ist ebenfalls die Software-Entwicklung beteiligt. Sollte hier eine KI-Assistenz aufgesetzt werden, sind bei der späteren Konzipierung und Umsetzung Schnittstellen zu beiden Gruppen zu berücksichtigen.

Im nächsten Schritt erfolgt die Identifikation von Herausforderungen bzw. KI-Potenzialen. Es empfiehlt sich eine workshopbasierte Erarbeitung, in der neben Technologieexperten ebenfalls Domänenexperten eingebunden werden. Zum einen können die Herausforderungen direkt in KI-Potenziale übersetzt werden. Dies betrifft beispielsweise Medienbrüche oder manuelle, fehlerträchtige Tätigkeiten. Am Beispiel von HARTING AT stellt eine feingranulare Aufwandsbuchung von Querschnittstätigkeiten (z.B. SPS-Programmierung) auf Baugruppen eine exemplarische Herausforderung dar (siehe Herausforderung Nr. 2).

Die Identifikation von KI-Potenzialen kann zum anderen losgelöst von akuten Herausforderungen erfolgen. Insbesondere in den workshopbasierten Prozessmodellierungen sind Optimierungs- bzw. Synergiepotenziale gemeinsam mit unterschiedlichen Domänenexperten zu erheben. Dies betrifft vor allem die Ableitung und den gezielten Transfer von entwicklungskritischem Wissen. Das in Bild 3 dargestellte KI-Potenzial „Reverse Engineering von Funktionen“ (Nr. 3) stellt ein derartiges Beispiel dar. Eine funktionsbasierte Konzipierung des zu entwickelnden Zielsystems verspricht durch den Vorschlag bereits entwickelter Lösungselemente eine wesentliche Reduktion der Entwicklungszeit. So kann beispielsweise ein Handling-System, welches konkret geforderte funktionale Greifoperationen ausführt, schnell identifiziert und auf Eignung geprüft werden. Hierzu bedarf es jedoch einer Lösungsmusterdatenbank, welche Referenzfunktionen und bereits entwickelte Systeme verknüpft. Ein KI-Potenzial umfasst so-

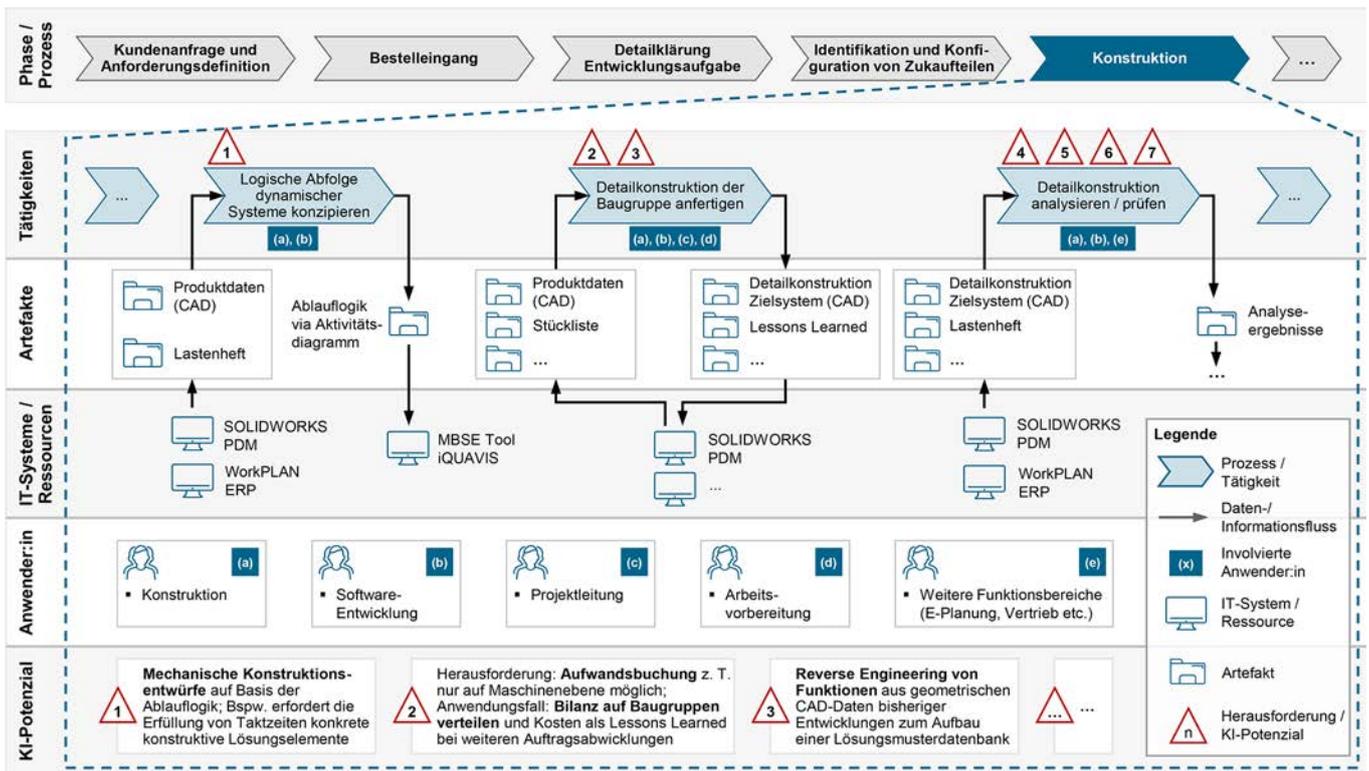


Bild 3. Prozessmodellierung am Beispiel der Phase Konstruktion

mit die Ableitung, Konsolidierung und Verknüpfung von Funktionen zu historischen Entwicklungen auf Basis der Analyse von geometrischen CAD-Daten und weiteren Meta-Daten. Wichtig ist, dass die technische Machbarkeit keine Hinderung für die Identifikation von KI-Potenzialen darstellen darf. Ob eine Lösung bereits am Markt besteht oder aufwändig zu implementieren ist, wird erst nachfolgend evaluiert.

**Detaillierung der KI-Anwendungsfälle**  
 Nach der prozessorientierten Analyse der Domäne werden die potenziellen Einsatzbereiche tiefergelegt. Hierfür werden die KI-Potenziale anhand von Steckbriefen zu KI-Anwendungsfällen ausgearbeitet. Der Steckbrief umfasst die Detaillierung der aktuellen Situation sowie das Skizzieren eines ersten, textuellen Lösungsentwurfs. Der Aufbau erfolgt workshopbasiert mitsamt allen relevanten Stakeholdern, um eine gemeinsame Vision aufzubauen. In Bild 4 ist exemplarisch der ausgefüllte Steckbrief des Anwendungsfalls „Reverse Engineering von Funktionen“ dargestellt.

Der erste Teil des Steckbriefs konzentriert sich auf die Detaillierung der aktuellen Situation. Dies betrifft sowohl die generelle Beschreibung als auch den Verweis auf weitere Rahmenbedingungen und Aspekte aus den Prozessanalysen. Das Beispiel in Bild 4 beschreibt das Ziel, die frühe Systemkonzipierung durch den verknüpften Einsatz lösungsneutraler Funktionen zu verbessern. Jedoch gestaltet sich die manuelle Ableitung und Vernetzung von Funktionen zu bestehenden

domänenspezifischen Modellen (insb. Konstruktionsdaten) als herausfordernd. Als weitere Rahmenbedingung ist der Einsatz eines konkreten Product Data Management (PDM)-Systems vorgegeben. Im zweiten Teil des Steckbriefes wird ein erster Lösungsentwurf erarbeitet. In diesem Zuge wird ein konsistentes Zielbild aufgebaut, welches relevante Aspekte der Anwenderinteraktion bzw. gewünschte Funktionalitäten beschreibt. Um einen nachhaltigen Einsatz der KI-

Konstruktion – Reverse Engineering von Funktionen		
Aktuelle Situation	<b>Beschreibung</b> Um die steigende Produktkomplexität auch weiterhin zu beherrschen, hat sich HARTING Applied Technologies das Zielbild gesetzt, die frühe ganzheitliche Systemkonzipierung auf Basis lösungsneutraler Funktionen zu optimieren. Die durchgängige Vernetzung von Funktionen zu bestehenden domänenspezifischen Modellen (insb. Konstruktionsdaten) gestaltet sich als herausfordernd. Eine Zuweisung von Anforderungen auf lösende Systeme erfolgt bisher auf Lastenheft-Ebene.	
	<b>Rahmenbedingungen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Einsatz von SOLIDWORKS PDM</li> <li>Historisch gewachsene Datenbank</li> <li>...</li> </ul>	<b>Prozess und Artefakte</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Prozess: Konstruktion</li> <li>Tätigkeit: Detailkonstrukt. d. Baugruppe anfertigen</li> <li>Input/ Output: ...</li> </ul>
Lösungsentwurf	<b>Anwender:in</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Konstruktion</li> <li>Indirekte Bereiche: Software Engineering, Systementwurf, ...</li> </ul>	<b>Zielbild</b> Zielstellung ist die KI-gestützte Ableitung von Funktionen sowie ggf. weiteren erfüllten Anforderungen auf Basis von geometrischen Daten, verknüpften Lastenheften sowie weiteren Meta-Informationen. Das langfristige Ziel ist es, eine Lösungsmusterdatenbank aufzubauen, welche durch die Selektion von geforderten Funktionen und ggf. weiteren Anforderungen passende Systemelemente vorschlägt.
	<b>Arbeitssoziologische Auswirkungen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Change Management: Berücksichtigung der individuellen Zeit für den Anlernprozess</li> <li>Wissensgefälle: Umgang mit Expertenverlust und Hierarchien</li> <li>Fehlerkultur: Klärung der Verantwortlichkeiten, Entscheidungsträger und Zielparame-ter</li> </ul>	

Bild 4. Steckbrief des KI-Anwendungsfalls „Reverse Engineering von Funktionen“

Assistenz sicherzustellen, bedarf es zudem der Erfassung möglicher arbeitssoziologischen Auswirkungen. Dies betrifft intendierte und nicht-intendierte Folgen und Risiken, den notwendigen Kompetenzaufbau sowie weitere Aspekte wie die Wissensbewahrung.

Das in Bild 4 beschriebene Zielbild umfasst die Ableitung von Funktionen sowie ggf. Anforderungen auf Basis der Analyse geometrischer Daten, verknüpfter Lastenhefte sowie weiterer Meta-Informationen. Ein langfristiges Ziel ist es, eine Lösungsmusterdatenbank aufzubauen, welche durch die Selektion von geforderten Funktionen und weiteren Anforderungen passende Systemelemente aus dem PDM-System vorschlägt. Bei einer Einführung können unterschiedliche arbeitssoziologische Auswirkungen angenommen werden. Die individuelle Zeit zum Anlernen und das damit verbundene Change-Management sind hervorzuhebende Punkte. Des Weiteren sollten im Vorfeld die Verantwortlichkeiten klar definiert werden, um im Fehlerfall schnell reagieren zu können. Ein weiteres Risiko ist ein Expertenverlust bzw. ein Wissensgefälle, welches vor allem bei betriebsjüngeren Entwicklerinnen und Entwicklern entstehen kann.

#### Menschorientierte Bewertung

Im Anschluss an die Erarbeitung der KI-Anwendungsfälle folgt die menschorientierte Bewertung anhand einer Aufwands- und Nutzendarstellung. Der Aufwand umfasst Aufwendungen für das Data Engineering sowie für das AI/ML & Softwareengineering. Während das Data Engineering alle notwendigen Arbeiten zur Sicherstellung der Datenverfügbarkeit umfasst, werden im AI/ML & Softwareengineering die Arbeitsaufwände zum Training der Modelle, zur Umsetzung von Schnittstellen sowie zur Systemintegration zusammengefasst. Die Reife bzw. das Nichtvorhandensein von bereits verfügbaren Lösungsbausteinen wird zusätzlich mittels eines potenziell notwendigen Forschungsaufwandes bewertet.

Parallel zum Aufwand wird der Nutzen der KI-Assistenz insbesondere mit Bezug auf den Menschen evaluiert. Hierzu werden der erwartete Performancegewinn, das Innovationspotenzial sowie die Anwenderunterstützung bewertet. Der

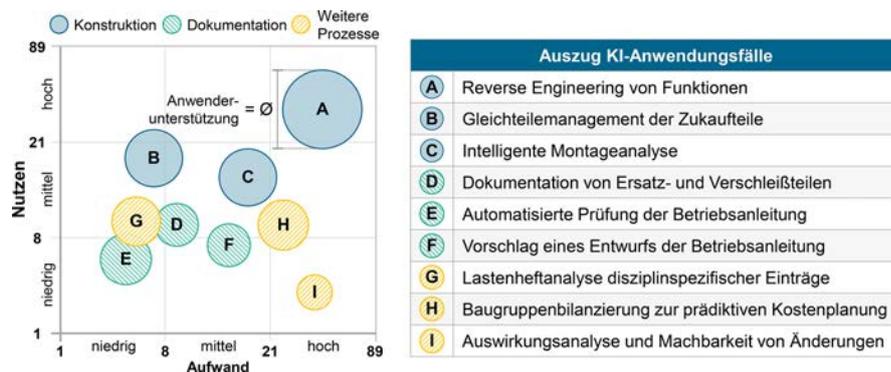


Bild 5. Bewertung der KI-Anwendungsfälle

Performancegewinn umfasst erwartete Zuwächse hinsichtlich Geschwindigkeit und Qualität (z. B. Fehlerreduktion) ausgewählter Prozesse. Ist mit Einführung der KI-Assistenz ein Alleinstellungsmerkmal zu Wettbewerbern möglich, fällt dies in die Kategorie des Innovationspotenzials. Die menschorientierte Nutzenbewertung wird durch das letzte Kriterium Anwenderunterstützung zum Ausdruck gebracht. Eine subjektive Einschätzung der späteren Anwenderinnen und Anwender gestattet eine realistischere Sicht auf das nachhaltige Erfolgspotenzial.

Mit Hilfe eines Estimation Poker Werkzeuges werden alle Anwendungsfälle auf einer Skala von 0 bis 89 bewertet. Die zugrundeliegende Fibonacci-Folge hat sich in Agilen Frameworks, wie z. B. SCRUM etabliert [4]. Ziel ist keine absolute Bewertung, sondern die Schaffung einer relativen Vergleichsmöglichkeit. Nach der Bewertung durch alle Stakeholder wird der Mittelwert berechnet. Es folgt eine graphische Gegenüberstellung von Nutzen und Aufwand. Obwohl die Anwenderunterstützung bereits unter dem Nutzen aggregiert ist, erfolgt eine zusätzliche Hervorhebung der subjektiven Relevanzeinschätzung durch den Radius des Kreises (Bild 5).

Im Auszug in Bild 5 wird deutlich, dass der zuvor erläuterte KI-Anwendungsfall „Reverse Engineering von Funktionen“ (A) ein sehr hohes Nutzenpotenzial (50) bei ebenfalls hohem Aufwand (60) verspricht. Der hohe Nutzen resultiert durch die erwartete Zeitersparnis. Der funktionsgetriebene Entwurf gestattet es, passende Systeme auf Basis historischer Projekte zu identifizieren. Das Training

der KI-Modelle sowie die Pflege einer Lösungsmusterbank stellen jedoch hohe Implementierungsaufwände in Aussicht. Der KI-Anwendungsfall „Automatisierte Prüfung der Betriebsanleitung“ (E) verspricht im Vergleich eine wesentlich geringere Einsparung von Arbeitszeit. Die KI-gestützte Textanalyse erfordert jedoch auch geringere Aufwände, da bereits bestehende Natural Language Processing (NLP)-Ansätze adaptiert und eingesetzt werden können. Abhängig der menschorientierten Bewertung sowie verfügbarer Entwicklungskapazitäten ist eine unternehmensindividuelle Priorisierung durchzuführen. Aus der Portfolioanalyse lassen sich nicht nur einzelne Anwendungsfälle identifizieren. In den Stakeholderworkshops werden zudem Synergiepotenziale geprüft.

#### Zusammenfassung

Erste Ergebnisse des Forschungsprojekts MoSyS zeigen auf, dass KI-Potenziale im Engineering nicht nur in den klassischen, mechanischen Konstruktionsaufgaben auffindbar sind. Vor allem die Unterstützung in interdisziplinären, wissensintensiven Tätigkeiten verspricht einen hohen Nutzen. Es hat sich gezeigt, dass die synergetische Identifikation von Einsatzszenarien das Zusammenspiel aus Domänen- und Technologieexpert:innen sowie weiteren interdisziplinären Rollen erfordert. Um kreativen Spielraum zu schaffen, ist die technische Machbarkeit in der frühen Findungsphase zu vernachlässigen. Ein weiterer Lessons Learned ist, dass die Erfassung der Anforderungen und Vorbehalte betroffener Anwenderinnen und Anwender

über Randbedingungen und arbeitssoziologische Auswirkungen bereits zu Beginn zu erfolgen haben. Nur so kann sichergestellt werden, dass mit sensiblen Daten verantwortungsvoll umgegangen wird sowie den Entscheidungen der KI-Assistenten vertraut wird.

Die hochbewerteten KI-Anwendungsfälle werden in den weiteren Phasen des Forschungsprojekts MoSyS im Detail ausgearbeitet und umgesetzt. Weiterführende Informationen werden auf der Plattform „Advanced Systems Engineering“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter <https://community.advanced-systems-engineering.de/> bereitgestellt.

### Literatur

1. Dumitrescu, R.; Albers, A.; Riedel, O.; Stark, R.; Gausemeier, J. (Hrsg.): Engineering in Deutschland – Status quo in Wirtschaft und Wissenschaft – Ein Beitrag zum Advanced Systems Engineering. Fraunhofer IEM, Paderborn 2021, S. 88–92
2. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.): Herausforderungen beim Einsatz von Künstlicher Intelligenz – Ergebnisse einer Befragung von jungen und mittelständischen Unternehmen in Deutschland. Berlin 2021, S. 9–26
3. Verein Deutscher Ingenieure: VDI 2221, Blatt 2: 2019–11 – Entwicklung technischer Produkte und Systeme – Gestaltung individueller Produktentwicklungsprozesse. In: VDI-GPP: VDI-Handbuch Produktentwicklung und Konstruktion. Beuth Verlag, Berlin 2019, S. 1–42

4. Kusay-Merkle, U.: Agiles Projektmanagement im Berufsalltag – Für mittlere und kleine Projekte. 2. Auflage, Springer-Gabler-Verlag, Berlin 2021, S. 173  
DOI: 10.1007/978-3-662-62810-2

### Die Autor:innen dieses Beitrags

Aschot Kharatyan ist Senior Experte für Digital Engineering in der Abteilung Systems Engineering am Fraunhofer IEM in Paderborn.

Lynn Humpert ist Wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Systems Engineering am Fraunhofer IEM in Paderborn.

Dr.-Ing. Harald Anacker leitet die Abteilung Systems Engineering am Fraunhofer IEM.

Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu ist seit 2015 ein Direktor des Fraunhofer IEM und leitet den Lehrstuhl für „Advanced Systems Engineering“ an der Universität Paderborn.

Moritz Wäschle ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Forschungsgruppe Advanced Systems Engineering am IPEK – Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT).

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers ist Sprecher der Institutsleitung des IPEK – Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT).

Sarah Horstmeyer ist Research Engineer bei der HARTING Applied Technologies GmbH & Co. KG.

### Abstract

Artificial Intelligence in Engineering – Human-oriented Analysis of Potentials Using the Example of Special-Purpose Engineering. Artificial intelligence offers great potential in engineering. In particular, for knowledge workers, its application allows an efficient division of labor in which, for example, error-prone and repetitive activities are supported. A successful implementation requires a prior analysis of the potential benefits, involving all users at an early stage. The following article illustrates this procedure on the basis of a real example in special-purpose engineering.

### Förderhinweis

Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt „Menschorientierte Gestaltung komplexer System of Systems“ (MoSyS) wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm „Zukunft der Werteschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ (Förderkennzeichen: 02J19B090–02J19B106) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor:innen.

### Schlüsselwörter

Engineering, Künstliche Intelligenz, Assistenzsysteme, Menschorientierung, Einsatzpotenziale, Sondermaschinenbau

### Keywords

Engineering, Artificial Intelligence, Assistance Systems, Human-Oriented, Application Potentials, Special-Purpose Engineering