

Kompetenzentwicklung in Systems Engineering

Yusuf ARSLANPARCASI
Oliwia KARASEK

*Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt
Otto-Berndt-Str. 2, D-64287 Darmstadt*

Kurzfassung: Der Einsatz von neuen Produktentwicklungsansätzen, wie dem Advanced Systems Engineering (ASE), geht mit weitreichenden Veränderungen für die Organisation und den Menschen einher. Als zentraler Bestandteil der Organisationsgestaltung stützt ein zielgerichtetes Kompetenzmanagement solche grundlegenden Veränderungen in der Produktentwicklung und fördert nachhaltiges Arbeiten und Lernen. Daher erfordert das Erlernen neuer Entwicklungsmethoden ein reibungsloses Ineinandergreifen von Kompetenzanforderungen, Kompetenzmodellen und Kompetenzentwicklung, deren Zusammenspiel die Adaptionfähigkeit eines Unternehmens sicherstellt.

Schlüsselwörter: Advanced Systems Engineering, Kompetenzmanagement, Kompetenzentwicklung, Kompetenzmodell

1. Einleitung

In einer komplexer werdenden Waren- und Dienstleistungswelt sowie im Kontext der Digitalisierung und Industrie 4.0 stößt die bisherige Produktentwicklung bei intelligenten technischen Systemen an die Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit. (Czaja et al., 2017; Gräßler & Oleff, 2022; Habermüller et al., 2021). Ein vielversprechender Ansatz ist das Advanced Systems Engineering (ASE), das neue Wege zur Gestaltung von intelligenten, vernetzten und soziotechnischen Systemen eröffnet. ASE vereint Methoden zur Systembetrachtung und für das Anforderungsmanagement mit KI-geprägten Engineering-Prozessen, in denen alle relevanten Informationen – von der Geschäftsidee bis zum Markterfolg – disziplinübergreifend in den Entwicklungsprozess integriert werden, um die Entwicklung komplexer cyber-physischer Systeme effizient zu gestalten (Dumitrescu et al., 2021).

Der Einsatz dieses neuen Entwicklungsansatzes erfordert einerseits die Neugestaltung der Arbeitsorganisation bspw. durch Einführung flacher Hierarchien oder cross-funktionaler Arbeitsstrukturen. Andererseits sind neue Kompetenzen und Qualifikationen für künftige Ingenieur*innen gefragt, um bspw. ein agiles Vorgehen adaptieren oder sich dynamisch verändernde und wechselnde Aufgaben bewältigen zu können (Dumitrescu et al., 2021; Gräßler & Oleff, 2022). Dabei ist der Ausbau eines zielgerichteten Kompetenzmanagements als integrativer Bestandteil der Organisationsgestaltung für nachhaltiges Arbeiten und Lernen von zentraler Bedeutung. Denn eine erfolgreiche Anpassung und Wandlung von Unternehmen in der Wertschöpfung wird maßgeblich von der Fähigkeit bestimmt, die richtigen Kompetenzen aufzubauen sowie vorhandene Kompetenzen der Mitarbeiter*innen zu nutzen und zielgerichtet weiterzuentwickeln (North et al., 2018).

In diesem Beitrag werden die erforderlichen Kompetenzen im Kontext von ASE skizziert, ein Überblick über ein erarbeitetes Kompetenzmodell gegeben und abschließend Möglichkeiten zur Vorgehensweise bei der Konzeptualisierung von Kompetenzmaßnahmen im universitären Kontext vorgestellt.

2. Zielgerichtetes Kompetenzmanagement für das ASE

Kompetenzmanagement umfasst das Organisieren, Planen und Steuern der im Unternehmen bestehenden und benötigten Kompetenzen auf individueller oder organisationaler Ebene. Dem Kompetenzbegriff liegt allerdings keine einheitliche Definition zugrunde (North et al., 2018). Grundsätzlich ermöglichen Kompetenzen in herausfordernden und kritischen Situationen selbstorganisiertes, situationsadäquates und kreatives Handeln. Den verschiedenen Kompetenzdefinitionen ist gemeinsam, dass zu Kompetenzen Wissen, Fertigkeiten und Qualifikationen gehören (Erpenbeck et al., 2017).

Die wesentliche Aufgabe eines auf ASE ausgerichteten Kompetenzmanagements ist es, Kompetenzen für die Produktentwicklung in den Mittelpunkt der Entwicklungsmaßnahmen zu stellen. Dies setzt einen iterativen Überprüfungsprozess voraus, der sich aus dem stetigen Abgleichen von Umfeldveränderungen, strategischer Ausrichtung der Organisation und der Identifikation zukünftiger Kompetenzbedarfe speist (Jacobs et al., 2021). Die Hauptbestandteile eines solchen zielgerichteten Kompetenzmanagements sind: (1) Identifizierung und Formulierung von Kompetenzanforderungen, (2) Systematisierung der Anforderungen in einem Kompetenzmodell und (3) Training und Entwicklung von Kompetenzen auf Grundlage des erstellten Modells (North et al., 2018).

2.1 Kompetenzanforderungen erfassen und analysieren

Ausgangslage zur Identifizierung von Kompetenzanforderungen waren die 12 SE-Rollen nach Sarah A. Sheard (1996). Diese wurden mit dem etablierten INCOSE Competency Framework (INCOSE, 2018) verglichen und zusammengeführt. Auf Basis dieser Informationen wurde eine systematische Literaturrecherche im Zeitraum Sept. 2020 bis Feb. 2021 durchgeführt. Hierzu wurden die identifizierten Publikationen zu den Themen Systems Engineering (SE), Model-Based Systems Engineering (MBSE), Integrierte Produktentwicklung und Concurrent Engineering analysiert und zentrale Aspekte des ASE identifiziert, die anschließend in notwendige Kompetenzanforderungen für Unternehmen und Mitarbeiter*innen abgeleitet wurden. Um eine einheitliche Rollenbeschreibung und ein Kompetenzmodell zu entwickeln, wurde das gesammelte Datenmaterial aus der Literaturrecherche anhand des Kompetenzatlas von Heyse und Erpenbeck (2017) klassifiziert und kategorisiert.

Im nächsten Schritt wurden die theoretischen Erkenntnisse durch eine Onlinebefragung und Expert*innenbefragungen in verschiedenen Industrieprojekten angereichert. Dazu wurde das Befragungsmaterial mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) codiert und mithilfe des INCOSE Competency Frameworks (INCOSE, 2018) wurden deduktiv Kompetenzkategorien gebildet.

Die Kompetenzkategorien wurden in drei Anforderungsebenen zusammengefasst und gebündelt: Basiskompetenzen, Kompetenzen für agiles Arbeiten sowie ASE-spezifische Kompetenzen.

2.2 Kompetenzmodellierung

Die Übertragung von Ergebnissen in ein theoretisches und generisches Kompetenzmodell ist ein wichtiger Prozess im Kompetenzmanagement, um Modelle und Ansätze in der Praxis zu bewerten und an die heutigen Bedürfnisse anzupassen. Kompetenzmodelle bilden das Kernelement eines zielgerichteten Kompetenzmanagements, da in ihnen als relevant erachtete Kompetenzen gesammelt und beschrieben werden. Die Systematisierung der Kompetenzen stellt die Ausgangslage für die Personalentwicklungsmaßnahmen dar (Krumm et al., 2012).

Um die identifizierten Anforderungen in konkrete Maßnahmen übersetzen zu können, wurde ausgehend vom Multiple-Job-Approach Modell (Nachtwei, 2018) ein eigenschaftsbasiertes ASE-Kompetenzmodell für System- und Produktentwickler*innen entwickelt.

Auf Grundlage der identifizierten und erfassten Anforderungen wurde ein ASE-spezifisches Kompetenzmodell nach der Vorgehensweise von Krumm et al. (2012) entwickelt. Abbildung 1 stellt die auf drei Ebenen identifizierten Kompetenzanforderungen gemeinsam mit dem generischen Kompetenzmodell „The Great Seven“ dar.¹

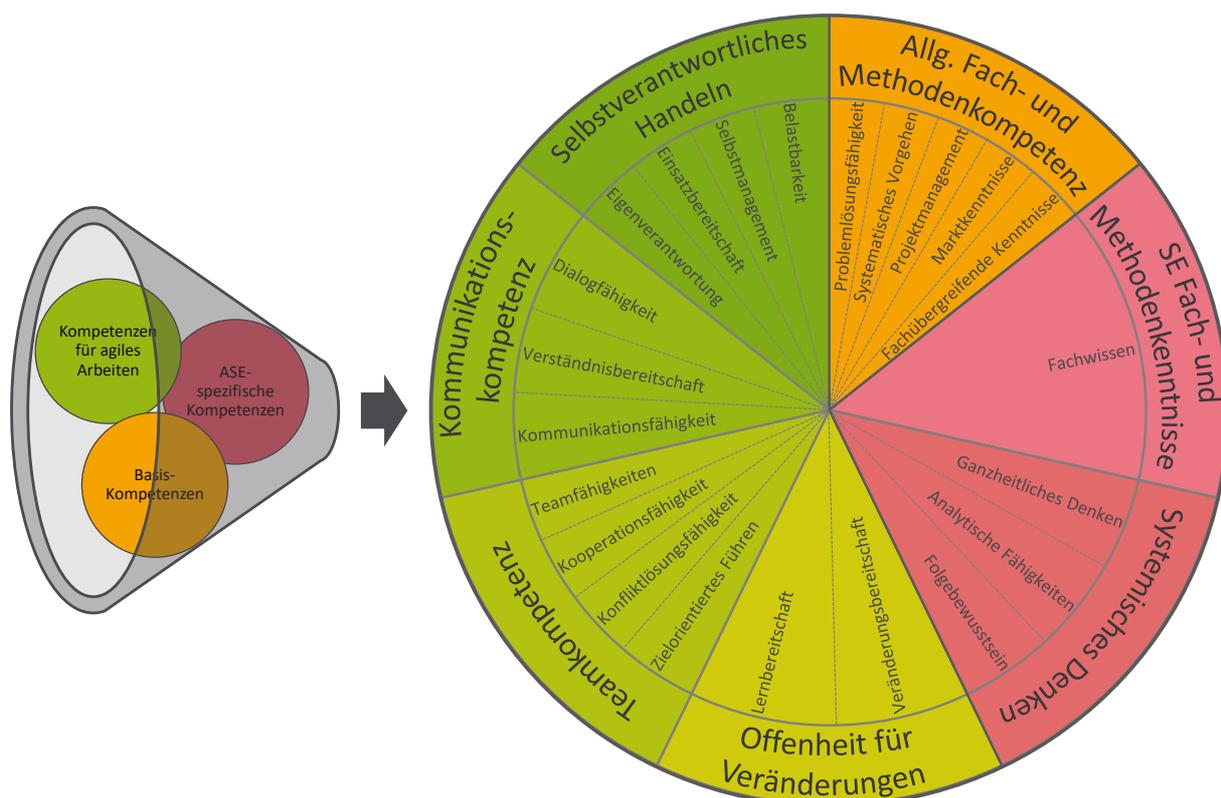


Abbildung 1: ASE-spezifisches Kompetenzmodell: The Great Seven

¹ Auf eine ausführliche Erläuterung der sieben Kompetenzdimensionen und 22 zugehörigen Kompetenzfacetten wird aus Platzgründen verzichtet. Für nähere Informationen können die Autor*innen kontaktiert werden.

2.3 Kompetenzentwicklung

Die in dem Kompetenzmodell gruppierten Kompetenzen erfordern gezielte Maßnahmen in der Aus- und Weiterbildung aktueller und künftiger Ingenieur*innen. Dabei lassen sich zwei Kontexte unterscheiden, um sich die erforderlichen Kompetenzen anzueignen und sie zu trainieren: Der universitäre und der berufliche Kontext.

Vor dem Hintergrund der zunehmenden Komplexität der Anforderungen an Ingenieur*innen sollten deshalb idealerweise bereits im Studium ASE-relevante Kompetenzen geschult und trainiert werden, um die neuen Anforderungen an das ASE bestmöglich vorzubereiten. In anderen Fachdisziplinen bereits lange etabliert, bildet das universitäre Lehr- und Lernlabor den geeigneten Rahmen, um Fach- und Methodenkompetenzen (z.B. Fachwissen zu SE oder Skills für das Projektmanagement) zu trainieren (Kauffeld & Reining, 2019; Tekkaya et al., 2016; Terkowsky et al., 2019).

Am Institut für Arbeitswissenschaft der TU Darmstadt wird deshalb aktuell an der Entwicklung eines Lehr- und Lernlabor zur zielgerichteten Entwicklung von ASE-spezifischen Kompetenzen gearbeitet. Grundlage des ASE-Lernlabors ist dabei das didaktische Prinzip des Constructive Alignment nach Biggs (1996), eine Methode des ergebnisbasierten Lehrens. Der Fokus wird hier auf die Gestaltung sowie transparente Förderung und Beurteilung des Lernens von Studierenden gerichtet (Mappes & Klink, 2011). Das Constructive Alignment wird genutzt, um Lern- bzw. Kompetenzziele, die Gestaltung der Inhalte, die damit verbundenen Aktivitäten und den Leistungserwerb bzw. -nachweis aufeinander abzustimmen. Damit kann – im Sinne des Kompetenzerwerbs für das Engineering von morgen – anschließend bewertet werden, inwiefern die im Rahmen des Lehr- und Lernlabors angestrebten Kompetenzziele und -niveaus erreicht werden können.

3. Diskussion

Ziel dieses Beitrages ist es, zu zeigen, dass die Prozesse der Kompetenzmodellierung und eines zielgerichteten Kompetenzmanagements an die heutigen Gegebenheiten angepasst werden müssen, um den Praktikern eine Anleitung bereitzustellen. Zu diesem Zweck wurden Ergebnisse aus der Literatur sowie aus Forschung und industrieller Anwendung untersucht und zu dem Kompetenzmodell „The Great Seven“ kombiniert.

In der Vergangenheit wurden für unterschiedliche SE-Ansätze unterschiedliche Kompetenzmodelle mit spezifischen Schwerpunkten erarbeitet. Das hier ausgearbeitete generische Kompetenzmodell stützt sich auf die 12 SE-Rollen nach Sheard (1996) und das INCOSE Competency Framework (INCOSE, 2018). Das INCOSE Competency Framework (INCOSE, 2018) stellt eine Oberflächenstruktur eines Kompetenzmodells dar, welches eine gemeinsame Sprache zur Verfügung stellt, mit der die Kompetenzen beschrieben und diskutiert werden können. Aufgrund der fehlenden psychologischen Verhaltensindikatoren leidet jedoch die Messbarkeit (Krum et al., 2012). Allerdings führt das Framework verschiedene Referenzmodelle zusammen und lässt sich so für unterschiedliche SE-Ansätze heranziehen. Es stellt somit eine gute Ausgangslage für die weitere Entwicklung eines maßgeschneiderten Kompetenzmodells dar, um im nächsten Schritt anhand zugehöriger

Verhaltensindikatoren relevante psychologische Eigenschaften und konkrete Verhaltensweisen zur Bewältigung einer Situation und Aufgabe operationalisieren und messbar machen zu können (Krum et al., 2012).

Im industriellen Kontext geht die Anwendung eines solchen Kompetenzmodells in der Regel mit Änderungen in der Organisationsstruktur sowie der Zuweisung von Rollen und Verantwortlichkeiten einher. Die Einführung und Verstetigung von neuen Rollenprofilen muss auf die wachsende Komplexität, zunehmende Digitalisierung und Vernetzung ausgerichtet sein (Gräßler & Oleff, 2022). Das RM-SEA role model mit 15 Rollen nach Gräßler et al. (2019) knüpft an diese Ansprüche an, da die Rollen aus den am häufigsten vorkommenden Tätigkeiten und Aufgaben in SE-Projekten stammen. Somit dient das Rollenmodell als Referenz für die bedarfsgerechte Zuordnung von Rollen innerhalb der Unternehmensorganisation.

Im Kontext der Produktentwicklung kann das ausgearbeitete generische Kompetenzmodell „The Great Seven“ gemeinsam mit den 15 SE-Rollen nach Gräßler et al. (2019) Unternehmen dabei unterstützen, Kompetenzlücken für den Einsatz von ASE zu identifizieren und zu schließen. Beide Modelle sind adaptiv und können auf die Ziele und Strategien unterschiedlicher Unternehmen ausgerichtet werden. Bei der Einführung von Rollen- und Kompetenzmodellen müssen die Kommunikationsabteilung und das betroffene HR-Management eingebunden werden. Neben der Etablierung von neuen, vielfältigen und passgenauen Angeboten ist die Übersetzung eines Modells in Entwicklungsmaßnahmen ein entscheidender Erfolgsfaktor (North et al., 2018).

Damit praktische Kenntnisse und Fähigkeiten durch Weiterbildungen im Beruf vermittelt und erprobt werden können, sind auch betriebliche Lehr- und Lernlabore unerlässlich. Dadurch können im Rahmen des Personal- und Changemanagements Maßnahmen und Aktivitäten zum Aufbau und zur Entwicklung der aktuellen und zukünftig benötigten Kompetenzen in den Betrieben schneller etabliert werden. Diese wichtigen Prozesse, die einer hohen Dynamik ausgesetzt sind, erfordern als Basis eine organisationsweit gelebte Lernkultur (Franken & Franke, 2020; Melzer et al., 2019). So werden nicht nur die erforderlichen Kompetenzen, sondern darüber hinaus Kreativität und Innovationsfähigkeit stetig gefördert. Ein zielgerichtetes Kompetenzmanagement kann als Grundlage genutzt werden, um ein lern- und wissensorientiertes Kompetenzmanagement in Unternehmen zu implementieren und auszubauen und diese somit auf die veränderten Anforderungen des Systems Engineering von morgen vorzubereiten.

6. Literatur

- Biggs J (1996) Enhancing Teaching Through Constructive Alignment. *Higher Education* 32:347-364. <http://dx.doi.org/10.1007/bf00138871>
- Czaja A, Amon M, Dumitrescu R, Lampert R, Gaarman D (2017) Bedarfsgerechter SE Prozess für einen mittelständischen Hersteller von Automatisierungskomponenten. In: Schulze SO, Tschirner C, Kaffenberger R, Ackva S (Hrsg.) *Tag des Systems Engineering*. Paderborn, 8. -10. November 2017. Carl Hanser Verlag. 3-12.
- Dumitrescu R, Riedel O, Gausemeier J, Albers A, Stark R (2021) *Advanced Systems Engineering Wertschöpfung im Wandel: Engineering in Deutschland - Status quo in Wirtschaft und Wissenschaft*. Fraunhofer IEM.
- Erpenbeck J, Rosenstiel L, Grote S, Sauter W (2017) *Handbuch Kompetenzmessung* (3., überarbeitete und erweiterte Auflage). Schäffer-Poeschel. <https://doi.org/10.34156/9783791035123>
- Franken R, Franken S (2020) *Wissen, Lernen und Innovation im digitalen Unternehmen. Mit Fallstudien und Praxisbeispielen*. Springer Fachmedien. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-30178-1>

- Gräßler I, Oleff C (2022) Systems Engineering: Verstehen und industriell umsetzen. Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-64517-8>
- Gräßler I, Oleff C, Hentze J (2019) Role Model for Systems Engineering Application, Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design. Cambridge University Press. 1265-1274. <https://doi.org/10.1017/dsi.2019.132>
- Haberfellner R, de Weck O, Fricke E, Vössner S (2021) Systems engineering. Fundamentals and Applications. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-13431-0>
- Heyse V, Erpenbeck J (2010) Kompetenztraining. Informations- und Trainingsprogramme (2., überarb. u. erw. Aufl.). Schäffer-Poeschel.
- INCOSE (2018) Systems Engineering Competency Framework. INCOSE-TP-2018-002-01.1. International Council on Systems Engineering.
- Jacobs JC, Kagermann H, Roehl H, Spath D (2021) Dynamisches Kompetenzmanagement – Kompetenzbedarfe früherkennen, passgenaue Angebote ableiten. Ein Praxis-Leitfaden des Human-Resources-Kreises von acatech. acatech.
- Kauffeld S, Reining N (2019) Agiles Arbeiten in der Industrie 4.0: Herausforderungen für die Hochschullehre der Zukunft am Beispiel einer Lehr-Lernfabrik. In: Dany S, Haertel T, Heix S, Terkowsky C. (Hrsg.) Hochschullehre & Industrie 4.0: Herausforderungen - Lösungen - Perspektiven. wbv Publikation, 137-152.
- Krumm S, Mertin I, Dries C (2012) Kompetenzmodelle: Praxis der Personalpsychologie. Hogrefe.
- Mappes T, Klink K (2011) Constructive Alignment interdisziplinär – Ein Beispiel aus dem Maschinenbau. In: Berendt B, Voss HP, Wildt J (Hrsg.) Neues Handbuch Hochschullehre. Lehren und Lernen effizient gestalten. Raabe. 2-17.
- Mayring P (2015) Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken (12., überarbeitete Auflage). Beltz Verlag.
- Melzer A, Heim Y, Sanders T, Bullinger-Hoffmann AC (2019) Zukunft des Kompetenzmanagements. In: Bullinger-Hoffmann AC (Hrsg.) Zukunftstechnologien und Kompetenzbedarfe. Springer. 11-24. https://doi.org/10.1007/978-3-662-54952-0_2
- Nachtwei J (2018) Kompetenzmodelle: Hot or not? Plädoyer für mehr Sorgfalt bei Kompetenzmodellierungen. Personalführung 4:52-57.
- North K, Reinhardt K, Sieber-Suter B (2018) Kompetenzmanagement in der Praxis. Springer Fachmedien. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-16872-8>
- Tekkaya AE, Wilkesmann U, Terkowsky C, Pleul C, Radtke M, Maevus F (2016) Das Labor in der ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung – Zukunftsorientierte Ansätze aus dem Projekt IngLab. acatech.
- Terkowsky C, May D, Frye S (2019) Labordidaktik: Kompetenzen für die Arbeitswelt 4.0. In: Dany S, Haertel T, Heix S, Terkowsky C. (Hrsg.) Hochschullehre & Industrie 4.0: Herausforderungen - Lösungen – Perspektiven. wbv Publikation, 89-104.